4.15 Craveggia

4.15.1 Introduction

La source thermale de Craveggia est située sur territoire italien dans la province de Novara, à une centaine de mètres de la frontière suisse qui passe à cet endroit par la Valle Onsernone. On peut l'atteindre soit depuis le village de Craveggia dans les Centovalli, soit plus facilement par le val Onsernone au Tessin. Tout au fond de cette vallée, depuis le dernier village, Spruga, un chemin carrossable mais assez mauvais de 2,5 kilomètres descend vers le torrent Rio dei Bagni et aux anciens Bagni di Craveggia.

Cette source thermale était apparemment connue au XVe siècle déjà et un établissement thermal fut ouvert au XIXe siècle qui resta en activité jusqu'au début de la Deuxième Guerre mondiale. Depuis lors, cet établissement a été fermé et en 1951, l'édifice fut détruit par une avalanche. La source est captée dans le sous-sol du bâtiment abritant les installations de bains, et elle était encore accessible lors des campagnes d'échantillonnage 1977-1978, malgré l'état de ruine de l'établissement, mais il est possible que les murs et le plafond de la cave se soient effondrés depuis.

4.15.2 Situation géologique et hydrogéologique

Il existe peu de travaux antérieurs sur la source thermale de Craveggia. Campana (1971) a récolté dans un rapport les quelques informations disponibles. Ce manque d'études provient vraisemblablement de l'intérêt économique limité de la source: en effet, elle est située totalement hors des grands axes de passage; d'autre part, sa température et son débit sont plutôt faibles. Elle a tout de même été prise en considération lors du choix des zones thermales à étudier en raison de sa position géologique, car c'est l'une des deux sources thermales, avec Masino, à ne pas subir l'influence de terrains sédimentaires lors de son écoulement souterrain. En général, la plupart des eaux thermales de Suisse qui semblent avoir un réservoir aquifère dans le socle ou dans un massif cristallin ont une zone d'émergence dans le Trias ou à proximité de celui-ci, ce qui n'est pas le cas à Craveggia. Il est donc rare de pouvoir connaître la composition chimique d'une eau thermale qui n'a pas été influencée lors de sa remontée par du gypse, du calcaire ou des dolomies. La source thermale de Craveggia sort des fissures du gneiss de la zone de Piodo di Crana, qui est située dans le complexe des racines du val Onsernone (Alpes Lépontines), au-dessus de la nappe pennique inférieure de Monte Leone. Ces gneiss forment dans la région de Craveggia le sommet d'un anticlinal (Knupp, 1958). Il faut mentionner que cette source se trouve à une dizaine de kilomètres au nord de la ligne Insubrienne, importante structure alpine.

La source des anciens bains semble être la seule émergence thermale connue dans la région et aucun autre point d'eau n'est mentionné. Le griffon proprement dit était inatteignable mais l'eau qui s'écoulait dans un bassin-réservoir après un à deux mètres de conduite taillée dans du gneiss pouvait être prélevée à cet endroit. Pour cette raison, la température de l'eau en hiver doit être en réalité supérieure de quelques dixièmes de degré à celle mesurée. Quant au débit réel, il doit être un peu plus important, car de l'eau s'écoulait en plusieurs endroits dans les décombres de la cave.

4.15.3 Travaux effectués

La source thermale de Craveggia a été mesurée à huit reprises et l'eau du torrent qui passe à côté (Rio dei Bagni) deux fois.

4.15.4 Classification chimique

L'eau acratothermale de Craveggia est typiquement sulfatée-sodique, ces deux ions représentant 77 % de la minéralisation totale. Sa température atteint 29° C et la minéralisation 300 mg/l. La classification basée sur les ions représentant plus de 20 % de la somme des cations ou des anions donne la formule suivante:

$$Na >> Ca; SO_4$$

Cette formule ne change pas au cours des saisons, ce qui révèle la présence d'un seul type d'eau en profondeur et l'absence d'influences majeures dues aux eaux superficielles à proximité de l'émergence. Il faut signaler aussi que la silice est un élément important de la minéralisation (∿ 15 % du TSD), ce qui peut s'expliquer par plusieurs raisons. Premièrement, l'eau provient d'un aquifère constitué uniquement de roches silicatées et d'autre part, la minéralisation de cette eau est la plus faible parmi les sources thermales de cette étude (TSD = 284 mg/l). L'eau thermale de Craveggia est très semblable par ses caractéristiques chimiques à celle de Masino (4.18) ainsi qu'aux sources thermales des Pyrénées Orientales et de Corse, qui proviennent d'un environnement géologique semblable. Elles ont en commun les caractères suivants: une minéralisation totale faible, un pH élevé, le sodium qui représente plus de 75 % de la somme des cations et une concentration en magnésium très basse (Ouzounian, 1978).

4.15.5 *Variations saisonnières*

Une analyse de 1887 révèle des différences importantes en comparaison des analyses de 1969-1970 (Campana, 1971) et de la période de mesure 1977-1978. Ces divergences sont probablement dues à l'imprécision des méthodes analytiques du siècle dernier.

Variabilité des paramètres principaux de la source thermale

V max (%)	Paramètres
≤ 5	pH
5 - 10	TSD
10 - 20	Température, SiO_2, SO_4, HCO_3, K, Na
20 - 40	Ca, débit
> 40	Li, Cl, Mg, Sr

On constate que tous les éléments mineurs ou en traces se trouvent dans la classe de variabilité maximum: cela n'est pas dû à des variations naturelles, mais à l'imprécision des analyses des paramètres dont la concentration se situe près du seuil de sensibilité analytique. La variation relativement élevée du débit serait probablement diminuée si l'on pouvait mesurer ce dernier de façon plus correcte. La température subit également des variations apparentes trop accentuées, puisque les mesures n'ont pas pu s'effectuer directement au griffon. La température moyenne qui se situe actuellement à 27° C, devait être plus élevée auparavant, en raison des meilleures conditions d'exutoire: plusieurs auteurs, dont Cadisch (1928), indiquent effectivement une température de 31° C.

4.15.6 *Géothermométrie*

Des études géochimiques sur des eaux semblables à celles de Craveggia et de Masino (4.18) ont été effectuées dans les Pyrénées Orientales et en Corse (Michard et Fouillac, in Tardy, 1980). Il est apparu qu'en raison du pH élevé de ces eaux (≥ 9), d'autant plus basique que la température est faible, la silice en solution est partiellement ionisée ($H_3SiO_4^-$). Celle-ci ne dépend donc plus uniquement de la température et peut être nettement sursaturée vis-à-vis d'un minéral tel que la calcédoine ou le quartz: l'application directe d'un géothermomètre de la silice donnerait une température excessive (Boulègue et al., 1977). Il faudrait auparavant connaître la fraction de silice non ionisée, ce qui n'est pas possible dans le cadre de cette étude, car la méthode analytique utilisée dose la silice totale.

Seul le géothermomètre T Na-K-Ca semble donner un résultat cohérent pour l'eau thermale de Craveggia: celle-ci aurait une température maximum de 43° C dans son réservoir profond.

4.15.7 *Isotopes*

Les valeurs d'oxygène-18 et de deutérium ne changent pratiquement pas entre les deux mesures effectuées. Placées sur le diagramme ^{18}O / ^{2}H (figure 3.4.3), on constate que l'eau thermale de Craveggia est située légèrement au-dessus de la droite des eaux météoriques en raison de l'influence méditerranéenne des précipitations. En outre, l'application directe de la relation entre l'oxygène-18 et l'altitude des précipitations donnerait une altitude du bassin d'alimentation égale à celle de l'émergence, ce qui semble peu probable. Pour les eaux provenant du versant sud des Alpes, cette relation devrait être ajustée: l'altitude moyenne du bassin versant devrait être ≧ 1500 m, en raison de la configuration topographique régionale.

Le tritium a été dosé à deux reprises dans l'eau de la source thermale et des résultats identiques ont été obtenus (5 UT). Il en résulte que seules les deux hypothèses suivantes peuvent être postulées:

1. L'eau thermale ne subit aucune contamination avec une eau superficielle. Dans ce cas, elle a un temps de transit souterrain de 20 à 25 ans.
2. L'eau thermale subit une légère contamination (environ 5 % d'eau récente) et son temps de transit souterrain serait alors supérieur à 25 ans.

4.15.8 *Caractéristiques du système d'écoulement profond*

L'étude de la source thermale de Craveggia ne met pas en évidence un système hydrothermal complexe à plusieurs composantes: il n'y a pas de variations saisonnières systématiques, apparemment pas de dilution avec des eaux froides proches de la surface ni de mélanges avec d'autres types d'eau (figure 4.15.1). La compo-

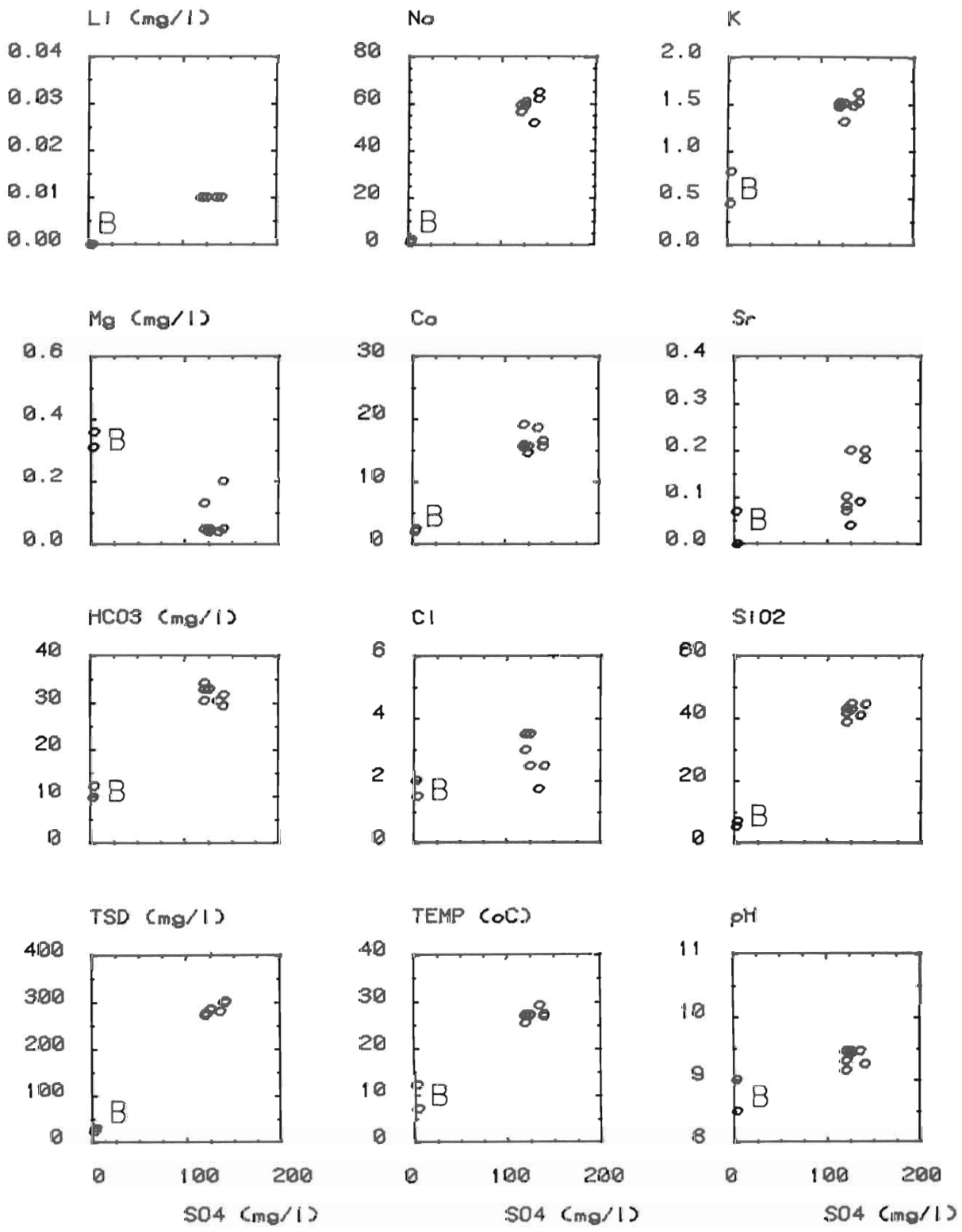

Figure 4.15.1: *Craveggia: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate*

B = torrent dei Bagni; autres cercles = source des Bains.

Les variations saisonnières sont très faibles ou inexistantes; la dispersion des valeurs des éléments à très faible concentration est due à l'erreur analytique.

sition chimique des échantillons pris dans le torrent doit être assez représentative de l'eau de surface qui s'infiltre dans le bassin d'alimentation, avec une minéralisation faible et un pH élevé: en effet, les roches de la région sont essentiellement des gneiss et des schistes métamorphiques.

Avec les données actuellement disponibles, il est possible d'affirmer que l'eau thermale captée à la source ne subit pas d'autre modification qu'un abaissement de température par conduction entre la zone profonde du réservoir et celle de l'exutoire et que la température de ce réservoir doit atteindre 40° C environ. Quant au débit, rien ne permet d'affirmer qu'il soit beaucoup plus important que celui observé (10-20 l/min) et la circulation d'eau thermale dans les failles et diaclases des roches cristallines métamorphiques de la région doit être relativement réduite.

4.15.9 Résumé et conclusion

La source acratothermale de Craveggia (val Onsernone) a une composition chimique sulfatée sodique et calcique: sa température d'émergence se situe autour de 27° C pour une minéralisation très faible de 300 mg/l. L'eau sort de roches cristallines métamorphiques du domaine Pennique, apparemment sans passer par des formations sédimentaires. Le débit est peu important, de l'ordre de 10-20 l/min et la température du réservoir profond devrait atteindre 40° C environ. Si tel était le cas, l'abaissement de température entre le réservoir aquifère et la zone d'exutoire serait essentiellement dû à un phénomène de conduction.

L'exécution d'un nouveau captage de la source au moyen d'un puits ou d'une galerie, selon la direction d'où provient l'eau thermale, permettrait certainement d'améliorer le débit et la température d'émergence.

4.16 Acquarossa

4.16.1 Introduction

Les sources thermominérales d'Acquarossa sont situées dans le val Blenio (Tessin), à une douzaine de kilomètres au nord de Biasca. Le nom d'Acquarossa qui a été donné aux sources et au village en contrebas provient de la boue rouge ferrugineuse qui se dépose aux émergences. Ce village est accessible depuis la région de Bellinzona ou depuis le nord, en franchissant le col du Lucomagno.

Un petit établissement thermal existait déjà au XVIIIe siècle, mais c'est surtout vers la fin du XIXe siècle que les eaux curatives d'Acquarossa connurent leur renommée. Actuellement, l'hôtel Terme di Acquarossa est fermé et des projets de modernisation de la station et de recaptage des sources sont à l'étude.

4.16.2 Situation géologique et hydrogéologique

La zone thermale d'Acquarossa se trouve dans la partie nord-est de la nappe pennique de Simano qui est composée de gneiss, de micaschistes et de phyllades. Cette nappe repose sur une série de couches sédimentaires mésozoïques essentiellement triasiques formées de dolomies et de calcaires, avec des dépôts de gypse. Au nord d'Acquarossa, en bordure de la nappe, ces couches triasiques affleurent (région du Pizzo Molare et d'Olivone), et s'enfoncent ensuite progressivement vers le sud pour atteindre une grande profondeur sous la zone thermale. Les sources thermominérales ne sortent pas directement de fissures ou de failles dans les roches cristallines métamorphiques, mais émergent au pied d'un grand cône d'éboulis provenant de la Cima del Simano (Cadisch, in Högl, 1980). L'eau provient probablement d'un aquifère dans le Trias sous les roches cristallines de la nappe de Simano et remonte à travers ces dernières à la faveur d'un accident tectonique local; les différentes sources sont dues à la subdivision de la veine thermale s'écoulant dans les éboulis.

La source principale, appelée Albergo, et qui était la seule utilisée par l'établissement de cure, émerge à côté de ce dernier, à une altitude de 550 m. L'eau thermominérale s'écoule dans plusieurs bassins successifs en ciment dans lesquels se dépose le fango, boue ferrugineuse rouge employée à des fins thérapeutiques. A environ 450 m au sud de l'établissement, à une altitude de 520 m, trois sources du nom de Satro, non captées, se répandent dans un pré puis l'eau s'écoule jusqu'à la rivière principale de la vallée, le Brenno.

4.16.3 Travaux effectués

La source principale, Albergo, a été échantillonnée à huit reprises alors que les trois sources Satro gauche (nord) et centrale l'ont été quatre fois, et la source Satro droite (sud) trois fois. Une eau de surface provenant de la zone Cima del Simano a également été prélevée au torrent qui arrive dans la vallée à Motto (4 km au sud-est d'Acquarossa).

4.16.4 Classification chimique

Trois des quatre sources étudiées ont les mêmes caractéristiques physiques et chimiques. Seule la source Satro gauche est différente, moins minéralisée et moins chaude. L'eau thermominérale d'Acquarossa a une température moyenne de 25° C et une minéralisation totale de l'ordre de 2600 mg/l. La classification chimique basée sur les ions représentant plus de 20 % de la somme des cations ou des anions donne la formule suivante:

$$Ca; SO_4 >> HCO_3$$

Parmi les autres caractéristiques, il faut signaler la teneur en bicarbonate la plus élevée parmi les eaux thermales étudiées (∿ 630 mg/l) ainsi qu'une quantité importante de fer oxydé qui précipite probablement déjà avant l'émergence et se dépose sous forme de boue ferrugineuse rouge.

4.16.5 Variations saisonnières et à long terme

Au cours de ce siècle, les eaux d'Acquarossa n'ont pas été analysées régulièrement mais cependant, les résultats disponibles indiquent une très grande stabilité de la température et de la composition chimique de la source principale. Par contre le débit montre de grandes variations qui sont peut-être dues en partie à la difficulté d'effectuer des mesures de précision dans un captage qui ne s'y prête guère (Carlé, 1975; Gockel, 1977; Högl, 1980 et Missaglia, 1907). Pendant les années 1957 à 1960, des mesures plus ou moins régulières de température et de débit ont été effectuées à la source Albergo par la commune de Lottigna, mesures confirmées par les valeurs obtenues lors du cycle hydrologique 1977-1978.

Stabilité à long terme des caractéristiques de la source Albergo

Date	Température (°C)	TSD (mg/l)	Débit (l/min)
1882 (Bertoni)	25	2396	43
1945 (Cadisch)	24.5		146
1957 (Gübeli)	26	2797	86
1977 (Gockel)	26	2637	180
1978 (Senften)	25	2638	
moyenne des cycles de mesure :			
1. 1957 - 12. 1958	24.9		88
5. 1977 - 7. 1978	24.9	2598	87

Il existe encore moins de renseignements sur les trois sources Satro non captées; seule la source Satro gauche subit des variations importantes dues à une dilution avec des eaux froides et peu minéralisées. Les deux autres sources Satro montrent la même stabilité relative que la source des bains.

Variabilité des paramètres principaux de la source Albergo

V max (%)	Paramètres
≤ 5	Température, Mg, Sr
5 - 10	Ca, HCO_3, pH, TSD, K
10 - 20	Na, SO_4, Mn, Li, SiO_2
20 - 40	Cl, débit
> 40	Fe

Les concentrations de fer et de manganèse dissous qui sont élevées dans ce type d'eau, atteignent le seuil limite de leur solubilité puisque l'eau véhicule des masses importantes de précipitat de fer. Il en résulte une variabilité de la concentration de Fe (58 %) et de Mn (17 %), relativement modérée en comparaison des autres types d'eau, dont les valeurs sont en général ≥ 80 %. La variabilité est inférieure à 10 % pour l'ensemble des ions majeurs, à l'exception du sulfate.

4.16.6 Géothermométrie

En raison du caractère essentiellement calcique de l'eau thermominérale d'Acquarossa, seul le géothermomètre de la silice (calcédoine) devrait être applicable. La température moyenne du réservoir obtenue avec $TSiO_2$ (calcédoine) est de 65° C: cette valeur est à considérer avec prudence dans l'état actuel des recherches, car elle n'a pas pu être vérifiée ou confirmée par un autre géothermomètre ou par un modèle de mélange. La concentration en silice est exceptionnellement élevée pour une eau de type Ca-SO_4, qui semble provenir essentiellement de roches sédimentaires et dont la température d'émergence est faible. Il est toutefois possible qu'un autre minéral, tel que la cristobalite-α contrôle la concentration de la silice dissoute dans l'eau. Dans ce cas, la température du réservoir n'atteindrait qu'environ 45° C. L'eau acquiert certainement sa concentration en silice lors de la circulation à la limite du sédimentaire triasique et du cristallin métamorphique de la nappe de Simano. Les gneiss et schistes cristallins de base sont probablement fortement altérés en raison du glissement de la nappe, par conséquent la silice des minéraux de cette zone est plus facilement mise en solution.

4.16.7 Isotopes

Deux analyses isotopiques ont été effectuées pour la source Albergo et une pour les sources Satro gauche et centrale. Seule la source Satro gauche, pour laquelle le phénomène de dilution est évident, montre une composition isotopique franchement différente des autres.

L'application de la relation oxygène-18 - altitude des précipitations donne une altitude moyenne de 800 m pour le bassin d'alimentation de la zone thermale d'Acquarossa. Cette altitude est trop faible si on la compare aux 2000 m de l'aire d'alimentation proposée par Cadisch, dans la zone triasique du Pizzo Molare. Cette grande

différence est probablement due à trois effets conjugués. Premièrement, la relation ^{18}O/altitude est sensiblement différente pour le versant sud des Alpes, en raison de l'influence méditerranéenne des précipitations; deuxièmement, l'aire d'alimentation peut également se situer à plus basse altitude que celle proposée autrefois: par exemple dans la partie inférieure des flancs du val Blenio, près d'Olivone, dont l'altitude moyenne pourrait atteindre 1500 m. Troisièmement, on constate que l'eau froide qui dilue la source Satro gauche, a une altitude d'origine inférieure à celle de l'eau thermominérale: en admettant que toutes les sources subissent un phénomène de dilution, la concentration en oxygène-18 de l'eau chaude originale pourrait correspondre à l'altitude moyenne d'un bassin d'alimentation de 1500 m.

Les teneurs de l'isotope radioactif ^{3}H mettent en évidence un état de stabilité plus ou moins équivalent à celui des paramètres chimiques. Les concentrations sont peu élevées, avec une moyenne de 33 UT pour l'eau thermominérale des sources, qui apparemment n'ont pas subi de dilution. Une telle concentration pour la période 1977-1978 ne peut provenir que d'un mélange entre des types d'eau d'âge différent, mais il est difficile de déterminer si ce phénomène se réalise dans le réservoir aquifère ou dans la zone d'exutoire. La source Satro gauche avait au mois de mars 1978 une concentration de 64 UT, alors que sa minéralisation était six fois inférieure aux autres sources, ce qui indique un mélange important avec une eau récente d'infiltration rapide.

En admettant que l'eau thermominérale originale soit dépourvue de tritium, on peut mettre en relation la concentration de cet isotope avec la température d'émergence et extrapoler les conditions limites, malgré le peu d'échantillons disponibles. En prenant les valeurs ^{3}H = 85 UT et T = 7° C pour les eaux superficielles, on obtient pour l'eau chaude d'origine profonde, les valeurs ^{3}H = 0 UT et T = 36° C.

4.16.8 Caractéristiques du système d'écoulement profond

L'analyse des données de température et de débit pour la source Albergo ainsi que des précipitations locales (station de Comprovasco) ne montre que les faibles corrélations suivantes entre ces trois paramètres durant la période de mesure 1957-1960:

1. une légère augmentation de température lorsque le débit croît;
2. une légère baisse de température lorsque les précipitations augmentent;
3. pas de relation directe entre le débit et les précipitations.

En admettant que ces relations soient significatives, elles pourraient indiquer la présence de deux types de refroidissement, par dilution et par conduction. Le comportement hydrogéologique des sources Satro confirme ces deux types de refroidissement: la source Satro gauche possède une minéralisation et une température faibles, ainsi que des variations saisonnières très fortes; les sources Satro centrale et droite sont légèrement plus minéralisées que la source Albergo, mais par contre leur débit et leurs températures sont un peu plus faibles.

L'évolution chimique des principaux constituants appuie encore ces hypothèses: les concentrations ioniques de la source Satro gauche se trouvent alignées sur une droite de mélange qui part de la composition de l'eau thermominérale des autres sources et rejoint la composition de l'eau de surface (figure 4.16.1). Cette dernière est très peu minéralisée, car l'écoulement s'effectue sur des roches cristallines (gneiss).

Les différents griffons d'eau thermominérale émergent d'un cône d'éboulis et l'eau chaude originale qui remonte de la profondeur se mélange avec les eaux de pluie ou de fonte des neiges qui s'infiltrent vers le sommet de ce cône. Ce phénomène est confirmé par la présence d'un torrent provenant de la zone de la Cima del Simano et s'écoulant dans le ravin plus ou moins comblé par les éboulis (Vallone). Il est également fort probable que les quatre sources connues ne représentent pas la totalité de l'écoulement d'eau chaude qui arrive dans la zone d'exutoire: ces sources émergeant dans deux zones distinctes, à 450 m l'une de l'autre, et avec une différence d'altitude de 30 m, des écoulements supplémentaires peuvent aussi se répandre plus bas dans les éboulis, jusqu'au niveau de la rivière.

4.16.9 Résumé et conclusion

La zone thermale d'Acquarossa se compose de trois sources principales dont le débit total varie entre 120 et 200 l/min pour une température et une minéralisation stables (25° C et 2600 mg/l). Leur composition chimique est de type sulfaté-bicarbonaté calcique et une quantité importante de fer précipite à l'émergence. L'aire d'alimentation devrait être située dans la bordure nord de la nappe de Simano, là où le Trias affleure à une altitude de 1000 à 1500 m. L'eau s'infiltre ensuite en profondeur dans ces couches sédimentaires à la base de la nappe de Simano; elle acquiert son caractère sulfaté-calcique par dissolution de gypse et sa température dans le réservoir serait de 65° C, en raison de la profondeur atteinte. L'eau chaude remonte vers la surface, au moyen d'un système de failles dans les gneiss, en perdant environ 30° C par conduction. C'est dans les éboulis que se produit une subdivision en plusieurs bras d'importance différente qui subissent un mélange avec les eaux froides superficielles.

Une étude géochimique complémentaire, basée essentiellement sur le problème de l'estimation de la température du réservoir, serait nécessaire pour confirmer la valeur de 65° C obtenue par le géothermomètre de la calcédoine. L'examen des différentes formes de la silice en solution ainsi que des isotopes ^{18}O (SO_4) et ^{34}S permettrait de résoudre ce problème, avant de songer à capter par forage profond une eau thermale plus chaude que celle émergeant de manière naturelle.

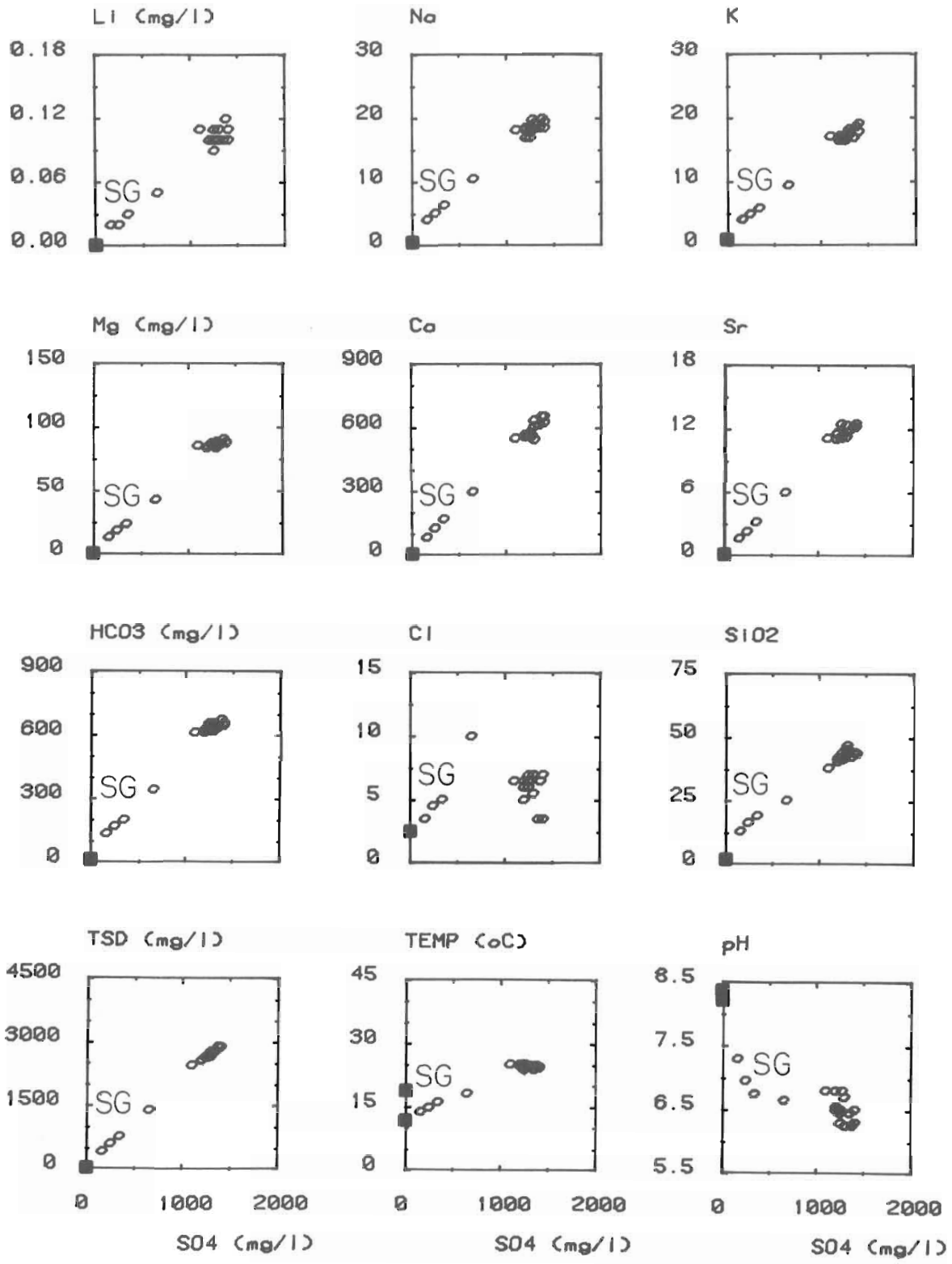

Figure 4.16.1: *Acquarossa: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate*

carré = torrent à Motto; SG = source Satro gauche; autres cercles = sources Albergo, Satro centrale et droite. L'eau de la source Satro gauche est le résultat d'un mélange entre une eau thermale du type source Albergo et une eau froide de la nappe de pente. Les autres sources thermales ont des caractéristiques stables et identiques.

4.17 Vals

4.17.1 Introduction

La vallée de Vals (Grisons) est perpendiculaire à la vallée du Rhin antérieur; depuis Ilanz, le Valsertal remonte sur 25 km environ vers le sud jusqu'au barrage de Zervreila; le village de Vals est à une vingtaine de kilomètres d'Ilanz.

Le site des eaux thermominérales de Vals semble être parmi les plus anciens connus en Suisse: on a découvert, en effet, des restes archéologiques datant d'environ 1000 ans av. J.C. La première mention de la source curative de Vals a été retrouvée dans des archives du XIIe siècle et les premières véritables installations de bains remontent au XVIIe siècle. De nombreux captages par puits ou par galerie ont permis d'utiliser plus ou moins bien les venues d'eau chaude (Winterhalter, 1945). Depuis les années 1960, un centre thermal et une usine d'embouteillage exploitent les ressources en eau thermominérale de la région de façon moderne et au moyen de deux forages.

4.17.2 Situation géologique et hydrogéologique

Vals se situe à la limite de la nappe pennique de l'Adula et des schistes lustrés (Bündner Schiefer). La nappe de l'Adula est représentée ici par sa partie frontale d'orientation sud-ouest/nord-est et constituée de lambeaux successifs de gneiss, de schistes micacés et de dolomies triasiques. Immédiatement au nord de cette nappe, on trouve les schistes lustrés avec une zone fortement écaillée, en raison de la poussée de la nappe cristalline de l'Adula; cette zone consiste en un empilement irrégulier de calcschistes, marmorisés, de marbres, de serpentine, de dolomies et de gneiss, ensemble appelé écailles de Vals (Nabholz et Van der Plas, in Guide géologique de la Suisse, 1967). La nappe des gneiss de l'Adula disparaît en profondeur sous les schistes lustrés exactement entre le lac de Zervreila et le village de Vals.

L'usine d'embouteillage d'eau minérale Valser se trouve à 500 m au nord du centre du village de Vals: à cet endroit, le fond de la vallée est occupé par des alluvions postglaciaires et des éboulis de pente sur une épaisseur de plus de 80 m (Kapp et Müller, 1968). Plusieurs torrents descendent des deux versants de la vallée et se jettent dans le Valser Rhein. Une nappe aquifère est contenue dans ces alluvions essentiellement sableuses et son eau est utilisée pour les besoins locaux. Les nombreuses tentatives de captage de l'eau thermominérale s'expliquent par la présence du remplissage alluvionnaire de la vallée et de l'aquifère superficiel; effectivement, l'eau thermominérale sort de la roche en place, en l'occurrence des dolomies triasiques et se répand dans l'aquifère de la vallée. Il est par conséquent difficile de situer l'emplacement correct d'un forage au-dessous duquel se trouverait la veine thermale. De plus, la zone d'exutoire sur le fond de la vallée ne doit pas être restreinte à une émergence unique mais est probablement composée de plusieurs veines thermales, en raison de la complexité tectonique (écailles de Vals).

Depuis le début des années 1960, deux forages captent l'eau chaude à 39 et 47 m de profondeur; ils sont tous les deux situés dans l'établissement thermal et servent à la fois à ce dernier et à l'usine d'embouteillage de l'eau minérale Valser située à 300 m au nord des forages. A la fin de 1980, une campagne de géophysique et un nouveau sondage de 96 m de profondeur ont été exécutés sous la direction du professeur K. Sauer de l'Université de Heidelberg. Les résultats sont prometteurs et ce sondage sera probablement aménagé en forage de production.

4.17.3 Travaux effectués

Pendant la période d'échantillonnage 1977-1978, les deux forages de production et un torrent ont été échantillonnés. A la demande de la société Thermalquellen AG, un premier rapport fut élaboré (Vuataz, 1978),

Echantillons prélevés à Vals de 1977 à 1979

Echantillons	Type d'eau	Nombre de prélèvements	
		1977-78	1979
Obere Bohrung	thermominérale	8	3
Untere Bohrung	subthermale, acratopège	8	3
Versorgungs Brunnen	subthermale, minérale (forage)	-	3
Heizung Bohrung	aquifère superficiel	-	3
Ost Bohrung	aquifère superficiel	-	3
Leisalp	torrent	2	3

qui contenait notamment des propositions pour une étude complémentaire de la géochimie des eaux de Vals. Ce projet, qui fut exécuté l'année suivante (Vuataz, 1980 f), consistait en un échantillonnage de six types d'eau différents à Vals, prélevés à trois saisons différentes, du printemps à l'automne (18 analyses chimiques et isotopiques).

4.17.4 Classification chimique

Toutes les eaux souterraines ou de surface de la région de Vals ont une caractéristique chimique commune: la prédominance de sulfate de calcium. Malgré la présence des roches cristallines de la nappe de l'Adula, de nombreuses intercalations de marbre, de calcschiste et de dolomie constituent des lambeaux de la couverture sédimentaire de la nappe. Les eaux météoriques dissolvent de préférence les minéraux des roches évaporitiques, plutôt que d'attaquer les feldspaths des gneiss. Pour la même raison, les écoulements souterrains doivent s'effectuer dans des couches sédimentaires écrasées et à forte perméabilité secondaire plutôt que dans les fissures du gneiss. La classification chimique basée sur les ions représentant plus de 20 % de la somme des cations ou des anions est la suivante:

— Obere Bohrung: Ca; SO_4 >> HCO_3
eau thermominérale de 24° C avec une minéralisation totale moyenne de 1750 mg/l;

— Untere Bohrung: Ca; SO_4 > HCO_3
eau acratopège de 18° C avec une minéralisation totale moyenne de 915 mg/l;

— Versorgungs Brunnen: Ca; SO_4 > HCO_3
eau subthermale et minérale de 13° C avec une minéralisation totale de 1032 mg/l (échantillon du 2.11.79);

— Heizung Bohrung: Ca; SO_4 > HCO_3
eau de la nappe aquifère superficielle, avec une température variable (12° C) et une minéralisation totale moyenne de 840 mg/l;

— Ost Bohrung: Ca; SO_4 > HCO_3
eau de la nappe aquifère superficielle, avec une température stable (11° C) et une minéralisation moyenne variable de 560 mg/l;

— Leisalp Wildbach: Ca; HCO_3
eau d'un torrent qui descend du versant ouest de la vallée depuis 2200 m d'altitude et se jette dans le Valser Rhein à 1250 m. La température est de 8° C et la minéralisation de 180 mg/l.

On constate que l'anion majeur de toutes les eaux souterraines est le sulfate, ce qui est normal pour les eaux thermominérales d'origine profonde, mais qui semble plus étonnant pour les eaux de la nappe des alluvions. Deux explications permettent d'éclaircir ce point. On a vu précédemment que le fond de la vallée est rempli par plus de 80 m de sable et graviers alluvionnaires; ceux-ci sont certainement constitués en partie des roches formant les écailles de Vals et notamment des dolomies gypsifères. Les eaux s'écoulant dans l'aquifère en question peuvent alors facilement dissoudre ce gypse. D'autre part, il est fort probable que l'eau thermominérale qui sort des dolomies triasiques sur le flanc ouest de la vallée se répande dans l'aquifère dont elle augmente la minéralisation et la température.

4.17.5 Variations saisonnières et à long terme

Il n'existe pas beaucoup d'analyses anciennes de l'eau de Vals; par contre, depuis l'exécution des forages Obere Bohrung et Untere Bohrung, de nombreux contrôles ont été effectués pour savoir si le chimisme de l'eau thermominérale était constant. Malgré l'approfondissement des captages successifs, les variations des caractéristiques de l'eau sont encore très marquées, en raison de l'épaisseur des éboulis, de la moraine et des alluvions qui recouvrent la roche en place. En effet, le forage Obere Bohrung avec ses 47 m n'atteint pas encore le substratum rocheux. En remontant vers la surface, la veine d'eau thermominérale qui sort des dolomies triasiques subit l'influence saisonnière de l'aquifère de pente.

Evolution de l'eau thermominérale de Vals

Paramètres	anciens captages		Obere Bohrung			
	1899	1936	1963	1969	moy. 77-78*	moy. 79*
Température (°C)	-	25,2	23,8	24,9	24,7	22,9
SO_4 (mg/l)	1066	998	728	970	881	767
TSD (mg/l)	2128	1935	1466	1888	1768	1573

* La moyenne pour les périodes 1977-1978 et 1979 comportent respectivement 8 et 3 échantillons.

Depuis 1972, des analyses mensuelles sont effectuées par le laboratoire du Dr K. Höll (Laboratorium für Wasseruntersuchungen, Hannover), avec dosage des cinq paramètres suivants: résidu sec, sulfate, bicarbonate, chlorure et fer. En étudiant les résultats de ces analyses (1972-1979), on constate que les variations ne suivent pas rigoureusement un cycle hydrologique saisonnier; ceci est dû au régime de pompage qui n'est ni permanent ni régulier. D'une année à l'autre, pour une même période du cycle, on obtient des valeurs de minéralisation très différentes. De manière générale on remarque toutefois que la minéralisation est la plus élevée au cours de l'hiver et du printemps alors qu'elle est plus faible en été et en automne. Ce phénomène peut être mis en relation avec l'alimentation de l'aquifère superficiel de la vallée: au cours de l'hiver et du printemps, les eaux météoriques de haute altitude sont stockées sous forme de neige et il y a vidange de l'aquifère, alors que pendant l'été et l'automne, la fonte des neiges et les pluies rechargent cet aquifère (Vuataz, 1980 f).

Le forage de 47 m (Obere Bohrung) a toujours eu une minéralisation et une température supérieures à celles du forage de 39 m (Untere Bohrung) et ses paramètres sont toujours plus stables.

Variabilité des paramètres principaux de l'eau thermominérale de Obere Bohrung (1977-1978)

Tous les ions majeurs ont une variabilité entre 10 % et 22 % alors que celle-ci se situe entre 23 % et 61 % pour la silice et les ions mineurs; la température par contre est étonnamment stable. Quelques éléments à forte variation ont des concentrations très différentes dans l'eau thermominérale et dans les eaux de la nappe des alluvions (Li, K, Sr).

Le niveau piézométrique dans les forages Obere Bohrung et Untere Bohrung variait aussi de manière saisonnière au cours de la période 1977-1978: il était d'autant plus bas que la minéralisation était élevée (hiver) et vice versa (été).

V max (%)	Paramètres
≤ 5	Température
5 - 10	pH, HCO_3
10 - 20	Mg, Ca, TSD
20 - 40	SO_4, SiO_2, Na, K, Sr
> 40	Li, Fe, Mn, Cl

4.17.6 Géothermométrie

Le chimisme essentiellement sulfaté calcique de l'eau thermominérale ne permet pas d'utiliser d'autre géothermomètre que celui de la silice.

Comparaison des températures d'émergence et en profondeur

Captage	Température d'émergence (°C)	T SiO_2 (calcédoine) (°C)
1977-78		
Obere B.	24,1 - 25,2	29 - 39
Untere B.	17,5 - 18,1	7 - 14
1979		
Obere B.	22 - 24,1	22 - 34
Untere B.	17,4 - 18,1	4 - 10
Versorgungs Br.	12,6	17

Entre les deux périodes d'observation, on constate une baisse de la température et de la teneur en silice. La concentration maximum indique une température d'équilibre de la calcédoine proche de 40° C. Cette température notablement plus élevée que la température d'émergence pourrait être celle du réservoir en profondeur, à condition que le chimisme de l'eau thermale originale n'ait pas subi d'importantes modifications au cours de la remontée vers la surface. Le sondage d'exploration effectué en décembre 1980 (Neue Bohrung) ayant révélé une température de 31° C à 87 m de profondeur, il est probable que la température de la base du réservoir soit encore plus élevée.

4.17.7 Isotopes

Au cours de la période 1977-1978, deux analyses ont été effectuées sur les forages Obere Bohrung et Untere Bohrung, alors que pendant l'étude exécutée en 1979, les paramètres isotopiques ont été analysés pour chacun des échantillons prélevés.

Les forages Obere Bohrung (47 m) et Untere Bohrung (39 m) montrent une évolution sensible entre 1977 et 1979. La concentration en tritium passe de 83 à 53 UT et d'autre part, pour une période donnée, cette concentration diminue lorsque la minéralisation augmente (36 UT). L'altitude moyenne apparente de la zone d'alimentation diminue également lorsque la minéralisation croît.

Concentration en ^3H, altitude moyenne d'alimentation et minéralisation des eaux de Vals (1977-1979)*

Echantillons	Paramètres	6.77	3.78	5.79	8.79	11.79
Obere B.	^3H (UT) altitude (m) TSD (mg/l)	83 1650 1630	37 1600 1957	52 1450 1467	53 1600 1543	36 1500 1710
Untere B.	^3H altitude TSD	105 1950 808	77 1900 1022	84 1700 925	81 2000 866	79 1850 816
Versorgungs Br.	^3H altitude TSD			124 1500 466	124 1550 458	66 1700 1032
Heizung B.	^3H altitude TSD			72 1750 805	81 1750 855	79 1750 867
Ost B.	^3H altitude TSD			82 1700 493	83 1850 561	80 1800 630
Torrent Leisalp	^3H altitude TSD			94 2100 188	104 2000 189	107 2000 165

* Altitude moyenne de la zone d'alimentation calculée avec la méthode de l'oxygène-18.

Le forage Versorgungs Brunnen (19 m) n'était pas en exploitation lors des deux premiers échantillonnages, et l'eau qu'il contenait n'était pas représentative de l'aquifère superficiel: la teneur en ^3H était nettement plus élevée que l'eau de surface ou de la nappe des alluvions, et l'altitude moyenne obtenue avec l'oxygène-18 est basse (influence des précipitations strictement locales). Lors du troisième échantillonnage, le forage était en activité avec un débit pompé de 400 l/min; il en est résulté un âge relatif et une minéralisation supérieurs à ceux de Untere Bohrung (66 UT; TSD = 1032 mg/l); par contre la température n'était que de 12,6°C.

Les deux forages qui atteignent la nappe des alluvions au centre de la vallée dans le périmètre de l'usine (Heizung Bohrung et Ost Bohrung) ont des caractéristiques chimiques et isotopiques stables: l'eau de Heizung Bohrung, qui provient d'une couche plus profonde de la nappe, est nettement plus minéralisée que celle d'Ost Bohrung, et son temps de transit souterrain est également légèrement supérieur.

Une concentration moyenne de tritium de 100 UT, une altitude du bassin versant de 2000 m environ et une minéralisation légèrement inférieure à 200 mg/l, telles sont les caractéristiques des eaux de surface (torrent Leisalp) qui s'infiltrent ensuite dans la nappe des alluvions.

4.17.8 Caractéristiques du système d'écoulement profond

A la fin de l'année 1979, un essai de pompage de neuf jours a été effectué dans les deux forages Obere Bohrung (O.B.) et Untere Bohrung (U.B.) (Schrauder, 1980, communication personnelle). Malgré des mesures de débit, de température et de niveau piézométrique qui ne furent pas suffisamment systématiques, les phénomènes suivants ont pu être mis en évidence.

Après quelques heures sans pompage, les deux forages Obere Bohrung et Untere Bohrung ont un débit artésien, bien qu'ils n'atteignent ni l'un ni l'autre le substratum rocheux. La pression d'eau chaude ascendante doit donc être très importante. Le pompage dans le forage le moins profond (U.B.: 39 m, 18°C, 850 mg/l) attire une partie importante de l'eau froide et peu minéralisée de la nappe des alluvions, et évite une trop grande influence de celle-ci sur le forage plus profond (O.B.: 47 m, 24°C, 1800 mg/l). Pour que ces conditions se réalisent, les débits de pompage les plus favorables sont 100-200 l/min pour Untere Bohrung et 300-400 l/min pour Obere Bohrung. L'équilibre entre les deux forages n'est pas très stable et le changement des conditions d'exploitation ou une mise en charge importante de la nappe des éboulis (fonte des neiges) entraîne une variation rapide des caractéristiques de l'eau thermominérale.

La mise en relation des principaux paramètres avec l'anion le plus important (SO_4) démontre la présence des variations saisonnières (cycle de mesure 1977-1978) et les interactions entre les six types d'eau différents (1979) (figures 4.17.1 et 4.17.2). Mis à part le forage Obere Bohrung, qui est le plus représentatif de l'eau thermominérale originale, on peut constater que trois forages relativement éloignés les uns des autres ont une minéralisation très semblable, malgré des températures et des profondeurs différentes (Untere Bohrung, Versorgungs Brunnen, Heizung Bohrung).

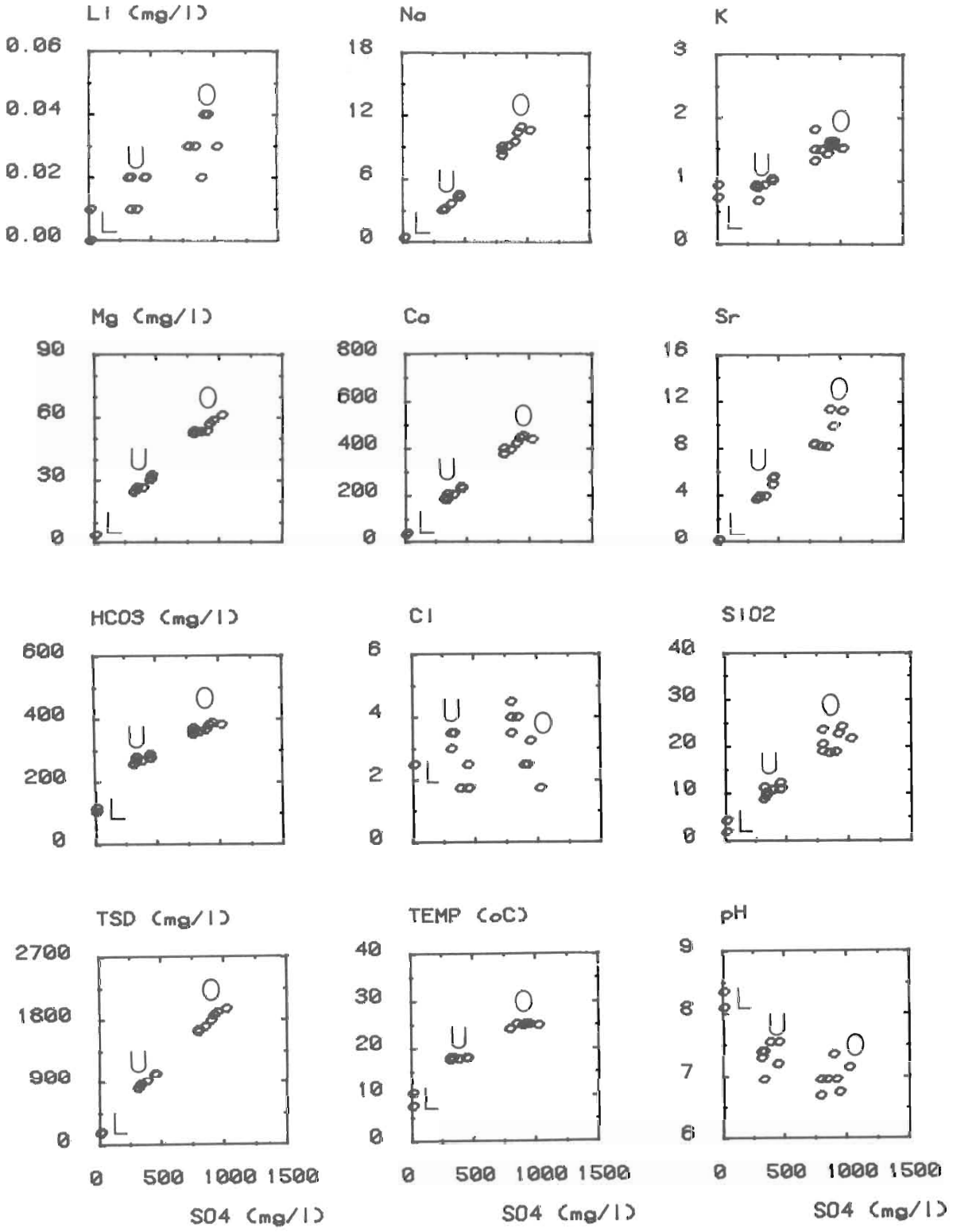

Figure 4.17.1: *Vals: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate (1977-1978)*

L = torrent Leisalp; U = Untere Bohrung; O = Obere Bohrung.

Les eaux des deux forages (O et U) ont des variations saisonnières assez marquées, mais elles gardent des caractéristiques chimiques qui leur sont propres.

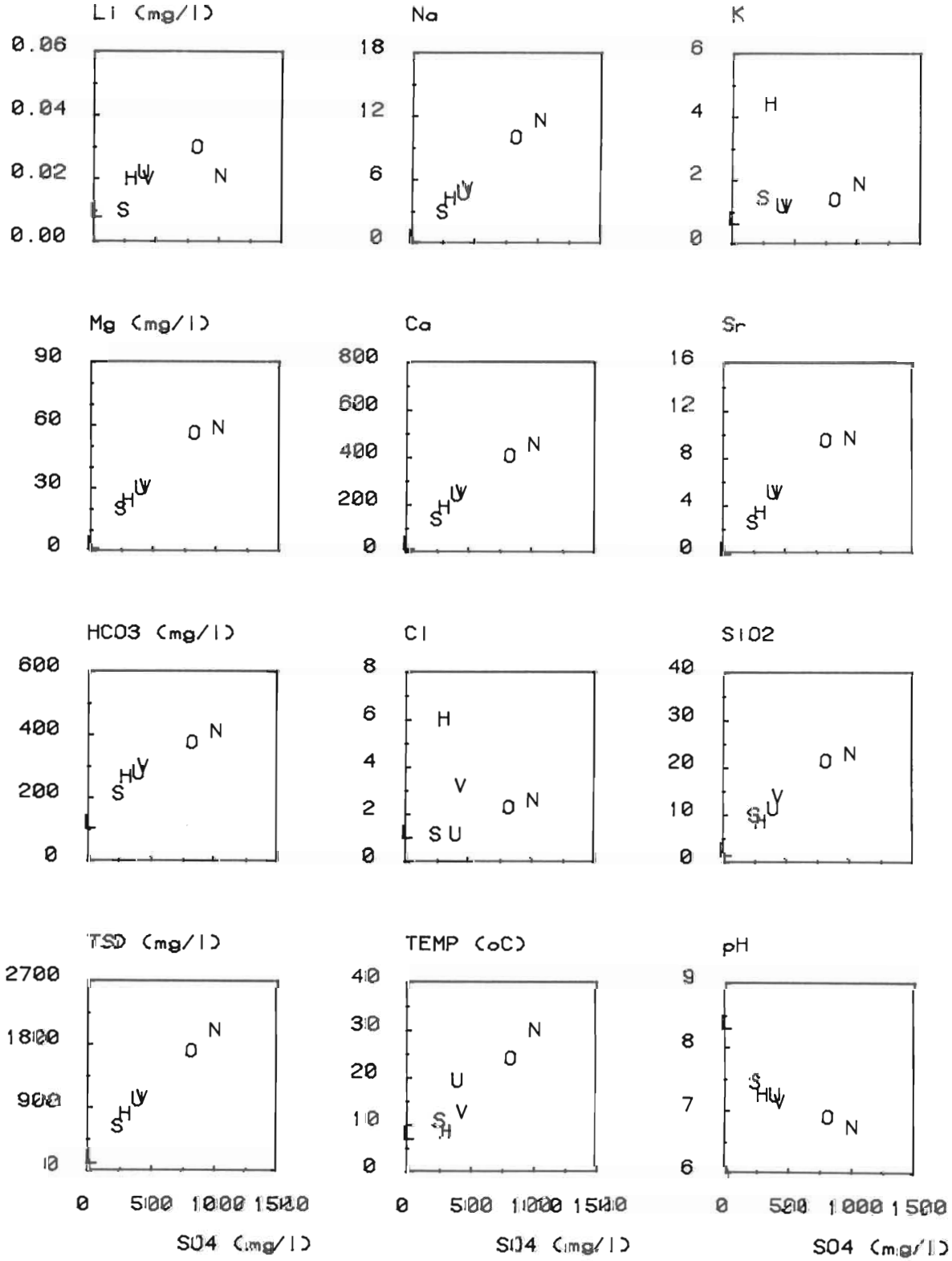

Figure 4.17.2: *Vals: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate (1979-1980)*

L = Leisalp; S = Ost Bohrung; H = Heizung Bohrung; V = Versorgungs Brunnen; U = Untere Bohrung; O = Obere Bohrung; N = Neue Bohrung.

Les eaux des forages O, U et V sont le résultat d'un mélange en proportions variables entre une eau de type N et une eau de type S.

Plusieurs raisons permettent d'expliquer ce dernier phénomène. L'eau thermominérale qui arrive dans les alluvions se disperse et remonte vers la surface en se mélangeant avec les eaux de la nappe phréatique (Untere Bohrung, Versorgungs Brunnen). D'autre part, la composition des roches qui remplissent le fond de la vallée (sable et gravier) est très probablement la même que celle des roches qui forment les écailles de Vals et la zone frontale de la nappe de l'Adula; la présence de calcaire dolomitique gypsifère n'est donc pas impossible, et l'eau de la nappe des alluvions peut ainsi acquérir une minéralisation plus importante que celle normalement rencontrée (Heizung Bohrung). Finalement, l'eau thermominérale originale qui se disperse dans les alluvions se refroidit également par conduction au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de l'aire d'exutoire du substratum rocheux.

Le sondage de prospection (Neue Bohrung) exécuté en décembre 1980 à la profondeur de 96 m a confirmé l'hypothèse de la présence d'une eau plus chaude et plus minéralisée en profondeur, formulée après la première étude (Vuataz, 1978 b), et vérifiée par l'étude complémentaire de 1979 (Vuataz, 1980 f). L'eau thermominérale sort des dolomies triasiques à la profondeur de 85 m et les premiers résultats révèlent que ce sondage fortement artésien délivre sans pompage 600 l/min d'eau à 30° C avec une minéralisation de 2000 mg/l.

Les premières données sur la composition chimique et isotopique de l'eau émergeant du nouveau forage (Schneider, communication personnelle), permettent de supposer que celui-ci n'a pas encore la profondeur suffisante pour capter l'eau thermale originale avant son mélange avec les eaux contenues dans le remplissage alluvionnaire de la vallée. Deux modèles de mélange indépendants l'un de l'autre ont été élaborés, mettant en relation la température et la minéralisation avec la concentration en tritium et l'altitude moyenne de la zone d'alimentation (méthode ^{18}O-altitude). L'extrapolation des tendances observées pour une concentration en ^{3}H faible à nulle, ainsi que pour l'altitude d'alimentation minimum (altitude de Vals = 1250 m), donne une température et une minéralisation identiques: T ≅ 37° C et TSD ≅ 2500 mg/l. Il s'agit vraisemblablement de valeurs maximum car des eaux émergeant avec un fort artésianisme à 1250 m d'altitude peuvent difficilement provenir d'une zone d'alimentation dont l'altitude serait inférieure (figures 4.17.3 et 4.17.4).

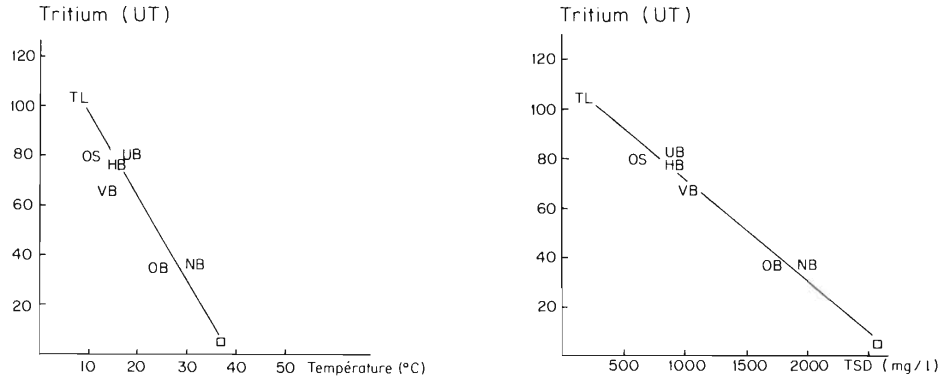

Figure 4.17.3: *Relations entre le tritium, la température et la minéralisation à Vals*

TL = torrent Leisalp; OS = Ost Bohrung; HB = Heizung Bohrung; VB = Versorgungs Brunnen; UB = Untere Bohrung; OB = Obere Bohrung: NB = Neue Bohrung; carré = eau thermale originale.

A l'exception des résultats de NB (Schneider, communication personnelle, 1981), les échantillons sélectionnés sont ceux dont la température et la minéralisation sont maximum (1979).

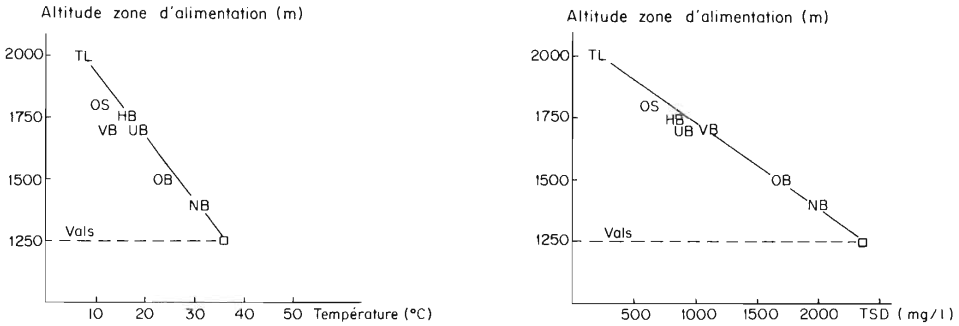

Figure 4.17.4: *Relations entre l'altitude de la zone d'alimentation, la température et la minéralisation à Vals*

Symboles: voir figure 4.17.3

Les figures 4.17.3 et 4.17.4 représentent deux modèles indépendants l'un de l'autre qui permettent d'extrapoler, pour les conditions limites des teneurs en ^{3}H et ^{18}O, la température (35°-40°C) et la minéralisation (∿ 2500 mg/l) de l'eau thermale originale. Cette dernière devrait avoir une concentration en ^{3}H très faible (0-5 UT) et une altitude d'origine minimum de 1250 m environ (méthode de l'^{18}O).

Caractéristiques de l'eau thermominérale originale et des autres types d'eau observés à Vals

Type d'eau	Température (°C)	TSD (mg/l)	Tritium[1] (UT)	Altitude[2] (m)
Torrent	8	200	90-110	≧ 2000
Nappe des alluvions	10	400-900	70-80	1700-1800
Eau thermominérale mélangée	13-25	800-2000	35-80	1500-2000
Eau thermominérale originale	≦ 40	≧ 2000	≦ 25	≦ 1400

1 Ces concentrations en ^3H sont valables pour la période 1978-1980.
2 Altitude moyenne de la zone d'alimentation calculée avec la méthode de l'oxygène-18.

4.17.9 Résumé et conclusion

La zone thermale de Vals (Grisons) est située entre la zone frontale de la nappe pennique cristalline de l'Adula et les schistes lustrés. Une eau thermominérale sulfatée calcique émerge des dolomies triasiques à près d'une centaine de mètres sous le niveau de la vallée (Valsertal) et se répand dans les alluvions quaternaires qui l'ont comblée. Cette eau est captée par trois forages de 39, 47 et 96 m de profondeur. Les deux premiers n'atteignent pas le substratum rocheux et délivrent par pompage environ 500 l/min d'eau thermominérale plus ou moins mélangée à celle de la nappe des alluvions. Un centre thermal et une usine d'embouteillage exploitent ces forages; le forage de 39 m produit 150 l/min d'eau à 18° C avec une minéralisation de 900 mg/l, alors que le forage de 47 m permet de pomper 350 l/min d'eau à 24° C avec une minéralisation de 1800 mg/l.

Le sondage de 96 m a été foré récemment et n'est pas encore en exploitation: son débit naturel artésien produit 600 l/min d'une eau thermominérale à 30° C avec une minéralisation de 2000 mg/l. Dans ces trois captages, il s'agit de la même eau sulfatée calcique, mais de moins en moins influencée par la nappe des alluvions. Toutefois, il semble probable que l'eau thermominérale soit plus chaude encore dans son réservoir profond (35°-40° C) et qu'elle se refroidisse par conduction et par dilution dans la zone supérieure du substratum rocheux.

4.18 Masino

4.18.1 Introduction

La source thermale de Bagni del Masino est située sur territoire italien, dans la province de Sondrio, au fond d'une vallée glaciaire, le val Masino, creusé perpendiculairement à la Valteline. Ce val Masino est bordé au nord par la Suisse et se trouve au centre du Massif du Bergell.

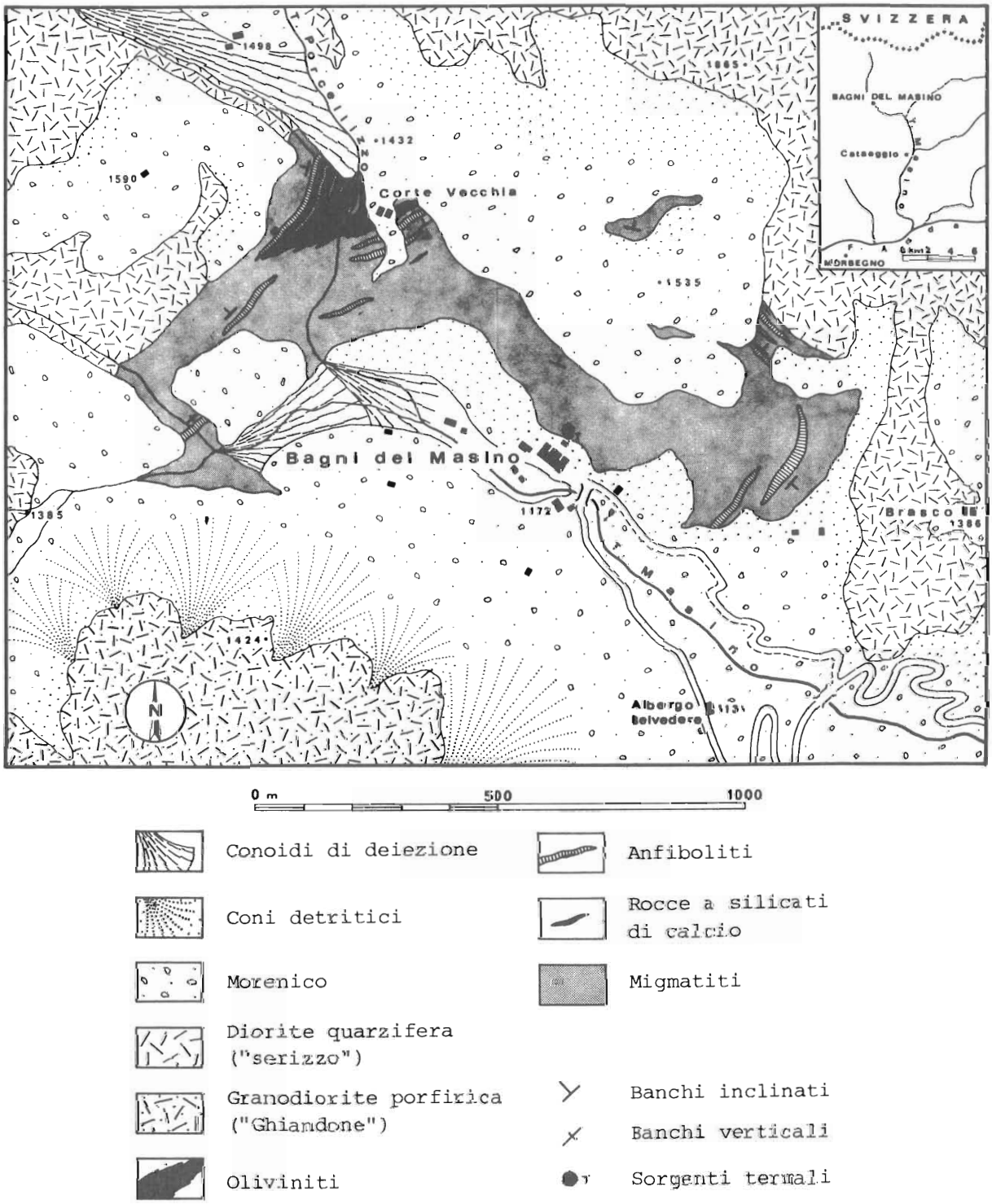

Figure 4.18.1: *Carte géologique et pétrographique de la zone de Masino* (d'après Crespi, 1965)
L'eau thermale émerge de fissures dans les migmatites.

Durant la belle saison, on peut monter en voiture jusqu'à l'établissement thermal, ouvert seulement pendant les mois d'été. La source des bains est captée dans une petite excavation et l'eau thermale s'accumule dans un réservoir de quelque 60 m³, situé directement en contrebas de la source, avant d'être conduite dans l'établissement de bains.

4.18.2 Situation géologique et hydrogéologique

Hormis quelques travaux sur les propriétés thérapeutiques de l'eau thermale de Masino comportant des analyses chimiques, et quelques études géologiques régionales ou locales, il n'existe pas d'étude hydrogéologique de la source. Cette zone thermale a été choisie car c'est la seule qui se trouve dans un massif granitique d'âge alpin, le Massif du Bergell. C'est aussi la seule, avec Craveggia, à être située au milieu de roches cristallines sans aucun contact avec des terrains sédimentaires (4.15). Le Massif du Bergell est un corps granitique complexe situé immédiatement au nord de la ligne Insubrienne. Il sépare la zone des nappes Penniques au nord de celle de leurs racines et des Alpes méridionales au sud. Pendant longtemps des hypothèses sur son origine faisaient de ce massif un corps intrusif d'âge alpin. Aujourd'hui, on pense plutôt à la possibilité d'une nappe de charriage d'un corps granitique plissé durant la période alpine, dont le granite se serait recristallisé après le métamorphisme Lépontin (Wenk, 1970). La source thermale sort de fissures dans un affleurement de migmatites de 1200 m de longueur sur 350 m de largeur en moyenne. De part et d'autre de ces migmatites, il y a des placages morainiques, au-delà desquels le cristallin est composé de diorite quartzifère et de granodiorite porphyrique (Crespi, 1965) (figure 4.18.1).

L'eau thermale de Masino sort de quatre griffons distincts: la source principale qui, jusqu'en juin 1978, était la seule captée, et deux émergences mineures (1 et 2) captées depuis lors sortent aussi de l'excavation artificielle. Un quatrième griffon (3) s'écoule d'une fissure verticale située dans la paroi surplombant la source, quelque 20 m plus haut que les autres. La source principale possède la température et le débit les plus élevés.

4.18.3 Travaux effectués

La source principale de Masino a été échantillonnée à huit reprises et les trois autres griffons deux fois. Deux échantillons d'eau superficielle ont également été prélevés dans le torrent qui coule devant l'établissement des bains (Torrente Masino).

4.18.4 Classification chimique

L'eau acratothermale de Masino est typiquement sulfatée sodique, ces deux ions représentant 76 % de la minéralisation totale. Sa température est de 38° C et la classification basée sur les ions représentant plus de 20 % de la somme des cations ou des anions donne la formule suivante:

$$Na >> Ca; SO_4$$

Cette formule ne s'est pas modifiée au cours des saisons, ce qui indique, comme dans le cas de Craveggia, un seul type d'eau émergeant de la profondeur. Par contre, le griffon situé au-dessus de la zone de captage subit des influences lors de la fonte des neiges et l'eau thermale est fortement diluée.

La silice est un élément important puisqu'elle forme le 13 % du TSD et ce dernier est peu élevé, variant entre 450 et 540 mg/l. Les autres paramètres chimiques ont leur origine dans la dissolution de minéraux des roches cristallines comme dans le cas de Craveggia (4.15).

4.18.5 Variations saisonnières

Des différences importantes existent entre l'analyse faite en 1958 et celles de 1922, 1951 et de la période 1977-1978. Il semble que cela soit dû uniquement à une inversion fortuite des résultats entre le sodium et le calcium, ainsi qu'entre le potassium et le magnésium (Bragagnolo, 1959; Farneti, 1959).

Variabilité des paramètres principaux de la source des bains

V max (%)	Paramètres
≤ 5	Température, pH
5 - 10	-
10 - 20	Cl, Na, SiO_2, K, TSD, débit
20 - 40	HCO_3, Li, SO_4, Ca, Sr
> 40	Mg

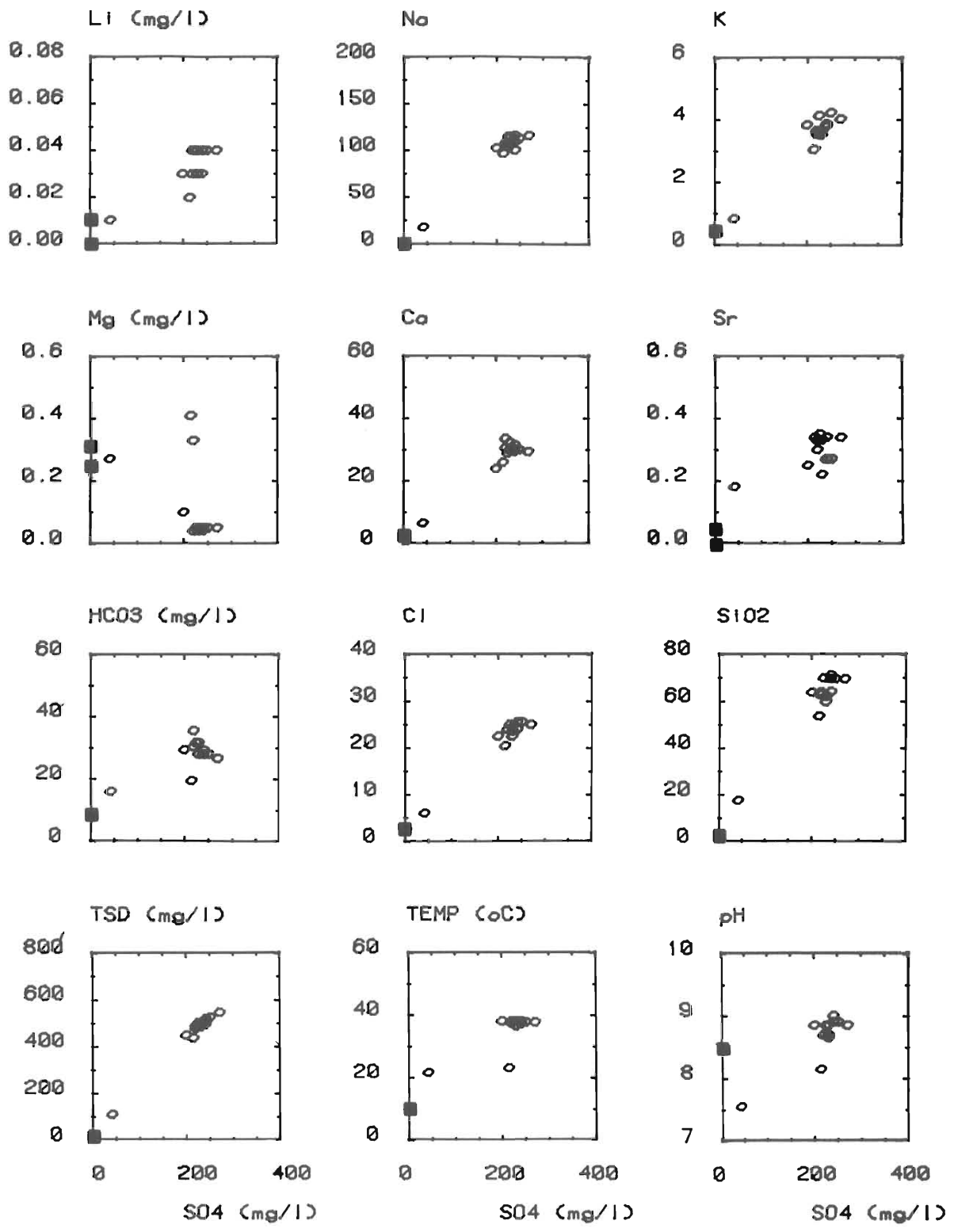

Figure 4.18.2: *Masino: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate*

carré = torrent Masino; cercle = source des Bains et 3 émergences diffuses.

La source des Bains possède des caractéristiques plus stables que les émergences diffuses, en raison de son débit plus important et de son meilleur captage.

En dehors de la température et du pH stables, on observe des variations de concentration des principaux éléments dissous de l'ordre de 15-25 %. Celles-ci doivent correspondre à des apports plus ou moins importants dans la zone du bassin d'alimentation en fonction de la saison ou de l'intensité de la pluviosité pour une année donnée et par conséquent de la mise en charge variable de l'aquifère. L'origine de ces variations est confirmée par les différences de débit et de minéralisation des griffons secondaires entre le printemps et l'été ainsi que par les modifications de la composition en tritium de l'eau de l'émergence principale.

La variabilité élevée des éléments de faible teneur est due à la sensibilité insuffisante de la méthode analytique employée.

4.18.6 Géothermométrie

Comme dans le cas de l'eau thermale de Craveggia (4.15.6), seul le géothermomètre T Na-K-Ca indique une température acceptable pour le réservoir profond avec un maximum de 64° C. En effet, en raison d'un pH trop alcalin, la concentration totale de silice analysée ne peut pas être utilisée dans les calculs géothermométriques (Michard et Fouillac, in Tardy, 1980).

4.18.7 Isotopes

Les teneurs en isotopes stables restent constantes entre les deux analyses. La relation entre l'oxygène-18 et le deutérium montre une influence des précipitations méditerranéennes, le Massif du Bergell se trouvant sur le versant sud des Alpes. Pour cette raison, l'altitude moyenne du bassin d'alimentation obtenue par le gradient d'oxygène-18 en fonction de l'altitude des précipitations risque d'être trop basse. Effectivement une altitude moyenne de 1500 m est obtenue, ce qui est un peu faible si l'on considère la topographie environnante.

Les deux analyses de tritium (3 et 9 UT) montrent une légère variation qui peut être mise en relation avec une modification de la minéralisation. Il semblerait donc que l'eau thermale originale soit totalement dépourvue de tritium et qu'elle subisse au cours de sa remontée vers la surface une légère dilution (< 10 %) avec une eau superficielle non minéralisée. En admettant cette hypothèse, le temps de transit souterrain de l'eau thermale serait supérieur à 25 ans.

4.18.8 Caractéristiques du système d'écoulement profond

La seule valeur de débit disponible antérieure à la période de mesure est de 48 l/min. En 1977-1978, le débit s'est montré très stable, avec une valeur de 36 l/min se répétant cinq fois dans la période; la première mesure de 60 l/min est donc peu sûre. Les deux griffons secondaires étant actuellement captés, le débit total s'établit à 50 l/min environ avec une température et des caractéristiques chimiques identiques à la source principale. Le réservoir de 60 m^3 se remplit donc en une vingtaine d'heures.

Les variations de la minéralisation totale ou des ions pris séparément ne peuvent être mises en relation ni avec la température ni avec le débit, mais elles ne sont pas aléatoires (figure 4.18.2). En effet, lorsque la concentration en sulfate augmente, celle des éléments majeurs croît également. La température est d'une stabilité remarquable avec seulement 1 % de variabilité: on est en présence d'un système thermiquement stable et sans dilution proche de la surface, exception faite du griffon 3. Ce dernier subit au printemps une forte dilution par une eau superficielle, ce qui se traduit notamment par une baisse de la température et une augmentation de la teneur en magnésium.

4.18.9 Résumé et conclusion

La source acratothermale de Masino (Valteline) a une composition chimique sulfatée sodique et calcique; sa température d'émergence est de 38° C pour une minéralisation de 500 mg/l. Cette zone thermale a la particularité d'être située au milieu du Massif du Bergell, massif granitique d'âge alpin, au sud du domaine Pennique. L'eau s'infiltre dans les fissures de roches cristallines, se réchauffe en profondeur puis remonte vers la surface sans passer par des formations sédimentaires.

La température atteinte par l'eau dans son réservoir profond serait de 60° C environ. Le temps de transit souterrain de l'eau thermale doit être probablement supérieur à 25 ans et l'abaissement de la température entre le réservoir et la zone d'exutoire serait essentiellement régi par un phénomène de conduction.

4.19 Bormio

4.19.1 Introduction

Les sources thermominérales de Bormio sont situées sur territoire italien, dans la province de Sondrio, à l'extrémité orientale de la Valteline, directement au sud de la région de Basse Engadine. Bormio est une petite station touristique active que l'on peut atteindre depuis l'Italie, en remontant la Valteline, ou depuis la Suisse par les Grisons.

Les sources chaudes étaient déjà connues à l'époque romaine, mais c'est surtout depuis le siècle dernier que les établissements de bains connurent un certain essor. Ceux-ci sont à environ 3 km au nord-ouest du village de Bormio; les plus anciens, Bagni Vecchi, ont été construits sur le site même de l'émergence de la source San Martino. Cet établissement vétuste est partiellement ouvert en été, pour des bains et des cures. Le grand hôtel des thermes de Bormio et ses installations de bains, Bagni Nuovi, sont fermés depuis plusieurs années en raison de projets de modernisation. A la sortie nord de Bormio, une piscine municipale moderne est alimentée par la source Cinglaccia, dont l'eau est amenée par conduite souterraine.

4.19.2 Situation géologique et hydrogéologique

La zone thermale de Bormio se trouve dans le domaine des nappes austroalpines du sud-est de l'Engadine, à mi-distance entre les grandes lignes structurales du Tonale et de l'Engadine. Au sud de Bormio s'étend la nappe de Campo provenant de l'ancien socle, et qui est essentiellement constituée de roches métamorphiques (phyllades de Bormio notamment). Sur le site même des sources, le cristallin est surmonté d'une série sédimentaire, faisant office de couverture, appelée zone d'Ortler, d'âge Permien à Paléocène (Trümpy, 1980). Les sources thermales de Bormio émergent de cette série fortement fracturée et essentiellement composée de calcaires et de dolomies triasiques à niveaux gypsifères. La base imperméable de la nappe aquifère chaude est constituée par le Verrucano d'âge Permien et les eaux sortent des calcaires dolomitiques situés au-dessus (Cadisch, 1928).

Au total, la zone thermale compte neuf sources, toutes situées sur le flanc est de la gorge creusée par le torrent Adda et qui se répartissent en deux groupes selon leur altitude d'émergence. Quatre sources à l'altitude de 1350 m environ: Cinglaccia, Nibelungi, Ostrogoti, Pliniana. Cinq sources à l'altitude de 1450 m environ: Archiduchessa (= Bagni Romani), Cassiodora, San Carlo, San Martino, Zampillo dei Bambini (Bonsignore et al., 1970). Tous les captages sont superficiels sauf celui de la San Martino, source captée par une galerie de 25 m environ, creusée dans la roche en place.

4.19.3 Travaux effectués

Lors du cycle de mesures 1977-1978, la source San Martino a été échantillonnée à neuf reprises et la source Cinglaccia huit fois. Cinq autres sources ont été analysées une fois et trois échantillons ont été prélevés dans l'Adda. Durant cette période, le captage de la source Cinglaccia a subi d'importants travaux de protection contre les eaux du torrent, car elle émerge au même niveau que celui-ci, sur sa rive gauche. Cette source comme celle de Nibelungi d'ailleurs, étaient encore inconnues au milieu du siècle dernier.

4.19.4 Classification chimique

En considérant l'ensemble des sources de Bormio, on retrouve les mêmes caractéristiques physiques et chimiques, c'est-à-dire qu'elles appartiennent à un même système hydrothermal. Seule la source San Carlo a une température de 15° C inférieure en moyenne à celle des autres sources: un autre état d'équilibre chimique s'établit et des concentrations ioniques légèrement différentes apparaissent. D'autre part on doit tenir compte de la période du cycle hydrologique pendant laquelle les échantillons ont été pris. En effet, les eaux chaudes subissent de très importantes variations saisonnières de minéralisation et de température qui sont dues à un mélange avec des eaux froides et peu minéralisées; cela modifie quelque peu la classification chimique basée sur les ions représentant plus de 20 % de la somme des cations ou des anions.

— eau thermale faiblement diluée: Ca >> Mg; SO_4

— eau thermale fortement diluée: Ca > Mg; SO_4 >> HCO_3

— source San Carlo: Ca > Mg; SO_4 > HCO_3

L'eau thermominérale de Bormio (TSD = 1200 mg/l) est une eau de type sulfaté-calcique, ces deux éléments représentant 74 % de la minéralisation totale. Cette dernière est donc essentiellement due à la dissolution de gypse, tandis que le magnésium provient de la dolomie et des calcaires dolomitiques. En cas de forte dilution, l'eau thermale perd son caractère d'eau minérale, car le TSD descend en dessous de la limite des 1000 mg/l (TSD = 840 mg/l). Lors des travaux de démolition à Bagni Nuovi, on a pu constater la présence de dépôts de calcite couleur ocre de 2 à 7 cm d'épaisseur dans les tuyaux en ciment amenant l'eau thermale depuis les sources.

4.19.5 Variations saisonnières et à long terme

Déjà au milieu du siècle dernier, on avait remarqué que la température des sources thermominérales de Bormio était plus élevée en hiver qu'en été; on attribuait ce phénomène à leur captage défectueux et au fait que des eaux de fonte des neiges pouvaient s'y infiltrer (Rotureau, 1864).

Le débit et la minéralisation subissent d'importantes variations pour un cycle hydrologique donné, mais il faut également relever les différences notables d'un cycle hydrologique à un autre: ces différences sont provoquées par la quantité des précipitations et par l'avance ou le retard de la fonte des neiges. Des mesures effectuées pendant la période 1946-1947 confirment ce phénomène (Bragagnolo, 1948). Finalement, chaque source a ses caractéristiques propres, qui sont entre autres liées à la largeur des fissures empruntées par l'eau thermale pour rejoindre la surface.

Caractéristiques des sources thermales et modifications entre deux cycles hydrologiques

Sources	Température (°C)		TSD (mg/l)		Débit (l/min)	
	17.9.47	9.10.77	17.9.47	9.10.77	17.9.47	9.10.77
San Martino	40,0	37,4	1309	1033	250	1200
Cinglaccia	-	38,1	-	1033	50	120
Bagni Romani	40,0	36,8	1311	1044	350	1200
San Carlo	21,0	21,6	1238	1081	5	3
Zampillo	39,1	37,0	1276	1012	50	50
Cassiodora	40,2	37,1	1318	1021	150	900
Pliniana	38,2	36,6	1340	1098	120	60
Ostrogoti	35,1	-	1164	-	30	-
Nibelungi	36,1	-	1258	-	10	-
moyenne*	36,4	34,4	1299	1048		
débit total					1015	3533

* La moyenne est calculée sans tenir compte des trois sources pour lesquelles manquent quelques données.

On constate que, dans l'ensemble, les sources à gros débit sont les plus chaudes; par contre, la minéralisation est assez constante, ce qui laisse supposer que le taux de mélange ne varie pas d'une source à l'autre.

Variabilité des paramètres principaux de la source San Martino

V max (%)	Paramètres
≤ 5	-
5 - 10	HCO_3, pH
10 - 20	-
20 - 40	Température, Mg, TSD, SiO_2, Cl, K
> 40	SO_4, Ca, Li, Na, Sr, débit

Les trois paramètres liés à la température (HCO_3, pH et Mg) sont ceux qui changent le moins, alors que les éléments provenant des roches du réservoir profond ont un taux de variabilité de l'ordre de 40 %.

D'une année à l'autre, indépendamment de la pluviosité plus ou moins accentuée, on peut mettre en évidence un cycle périodique des variations saisonnières au moyen des mesures de température effectuées à la source San Martino durant les années 1946-1947 (période plutôt sèche) et 1977-1978 (période plutôt humide).

Effets climatiques sur le cycle de la source San Martino

Période	Phénomènes climatiques et hydrologiques	Température (°C)
septembre - octobre	fin de l'influence de la fonte des neiges; tarissement des eaux superficielles; éventuellement pluies d'automne	41 ↔ 36
novembre - avril	stockage des précipitations sous forme de neige; vidange des aquifères peu profonds	39 → 42
avril-mai	début de la fonte des neiges	42 → 34
juin-juillet	crue des eaux superficielles; recharge des aquifères peu profonds	41 → 32
août - septembre	fin de la fonte des neiges; éventuellement pluies d'été	35 → 41

4.19.6 Géothermométrie

En raison du caractère essentiellement calcique de l'eau thermominérale de Bormio, seul le géothermomètre de la silice (calcédoine) peut être utilisé pour calculer la température en profondeur. La concentration en silice la plus élevée donne une température du réservoir de 46° C, ce qui est certainement inférieur à la réalité car la silice subit, comme les autres paramètres, des phénomènes de dilution par des eaux faiblement minéralisées.

4.19.7 Isotopes

Les concentrations isotopiques montrent également des variations saisonnières accentuées: les deux analyses effectuées sur les sources San Martino et Cinglaccia correspondent aux périodes de dilution maximum et minimum.

La variation de la concentration en isotopes stables permet de différencier les origines des deux composantes du mélange:

Altitude moyenne de la zone d'alimentation de l'eau thermale de Bormio

Types d'eau	Altitude moyenne (m)*
froide de dilution	< 1800**
thermale fortement diluée	1850
thermale faiblement diluée	1950
thermale originale	> 2000**

* Altitude calculée avec la méthode de l'oxygène-18.
** Valeurs extrapolées.

La relation ^{18}O-altitude des précipitations donne dans ce cas des altitudes moyennes un peu trop faibles, parce que la Valteline est située sur le versant sud des Alpes, région influencée par les précipitations d'origine méditerranéenne. En effet, il ne semble pas possible, pour une question de topographie, que les eaux superficielles froides diluant l'eau thermale originale proviennent seulement d'une altitude moyenne de 1800 m.

La concentration en tritium est élevée pour des eaux thermales, qui ont généralement un temps de transit souterrain de longue durée; les échantillons de la période de forte dilution (juin) ont une concentration en ^{3}H presque identique à celle existant dans les eaux de surface en 1977 (88 UT). Les échantillons de la période de faible dilution (mars), par contre, ont une teneur en ^{3}H qui s'est abaissée de moitié (46 UT). Ces résultats prouvent encore, si besoin est, que l'eau thermale de Bormio subit une forte influence des eaux récentes et froides

au moment de la fonte des neiges. A cette période plus particulièrement, le mélange doit s'effectuer lors de la remontée de l'eau thermale vers la surface en traversant un aquifère froid en pleine recharge.

4.19.8 Caractéristiques du système d'écoulement profond

On a déjà mentionné que le débit des sources thermominérales de Bormio était très différent d'une émergence à l'autre et que, d'autre part, pour une même émergence, ce débit subissait des variations saisonnières très importantes (San Martino: 89 %, Cinglaccia: 77 %).

Les mesures périodiques de température effectuées par Bragagnolo (1948) montrent que certaines sources sont remarquablement stables en comparaison de San Martino et de Cinglaccia: il s'agit des sources Pliniana et San Carlo. Cette dernière a une température variant entre 20° et 22° C, un débit de l'ordre de 4 l/min et une minéralisation légèrement différente de toutes les autres sources: les teneurs en bicarbonate (215 mg/l) et en fer (0,29 mg/l) sont en effet plus importantes que la moyenne générale; par contre le TSD est pratiquement le même. La source Pliniana, quant à elle, a une température comprise entre 37° et 39° C et une teneur en bicarbonate légèrement plus élevée. Les caractéristiques de ces deux sources permettent de conclure que les modes d'émergence ne sont pas tous les mêmes. On peut subdiviser les neuf sources en trois groupes de comportement à l'émergence, qui sont dus au type de fissuration. Celle-ci conditionne le débit, les mélanges avec d'autres eaux et donc le refroidissement par conduction et/ou par dilution.

Types de sources et leur comportement

Sources	Température (°C)	Débit (l/min)	minéralisation (mg/l)	mélange	refroidissement
A San Martino Bagni Romani Cassiodora Cinglaccia	variable 32 - 42	variable 100 - 1800	variable 840 - 1200	variable	dilution (conduction)
B Zampillo Nibelungi Ostrogoti	variable moins élevée que A	variable ≤ 50	variable moins élevée que A	variable	dilution plus importante que A (conduction)
C Pliniana San Carlo	38 21 } constante	moyen faible } constant	constante + HCO_3	constant	conduction (dilution)

En observant les caractéristiques chimiques des eaux thermales de Bormio et leur évolution dans le temps et en fonction de leur position topographique, on remarque que tous les ions (sauf le bicarbonate), ainsi que la silice et la température font partie d'un système de mélange simple à deux composantes: une chaude et minéralisée, l'autre froide et non minéralisée (figure 4.19.1). Graphiquement, la prolongation des droites de mélange en direction des concentrations faibles rejoint le domaine des eaux superficielles représentées par la composition chimique de l'Adda. La concentration du bicarbonate dépend plus de la température que de la dilution, par conséquent elle est plus faible lorsque la température et la minéralisation sont maximum.

Les valeurs de trois autres paramètres diminuent lorsque la minéralisation augmente: il s'agit du rapport Mg/Ca, du tritium et du débit (figure 4.19.2). Ils confirment la présence d'un aquifère en profondeur renfermant une eau chaude et ancienne. Les mesures de débit étant des estimations peu précises, il est très possible que la pente des deux droites, qui montrent la décroissance du débit en fonction de la concentration en sulfate, soit plus faible. Pour cette raison, la relation débit-SO_4 ne peut être utilisée qu'à titre qualitatif. De même, la relation existant entre le rapport Mg/Ca et le sulfate ne permet pas d'extrapolation, à cause de la faible variation de ce rapport ionique pour une source donnée.

Par contre la relation tritium-SO_4, qui met en évidence un phénomène de dilution accentué lors de la fonte des neiges, peut être employée pour tenter d'extrapoler les caractéristiques de l'eau thermale originale avant sa remontée. En admettant l'hypothèse que l'eau thermale dans son réservoir profond soit pratiquement dépourvue en tritium, la prolongation de la droite de décroissance de cet isotope donne une concentration en

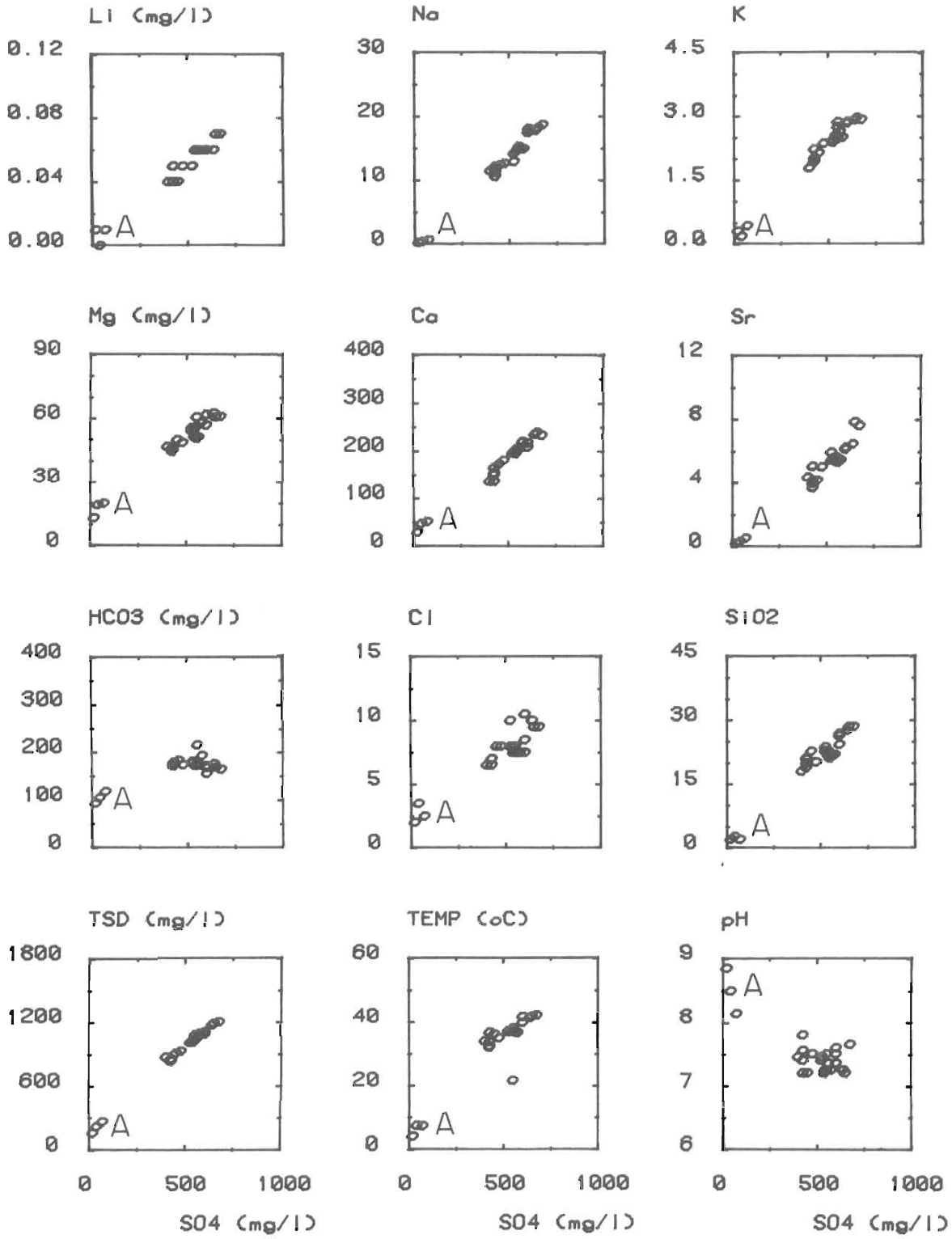

Figure 4.19.1: *Bormio: comportement des paramètres principaux en fonction du sulfate*

A = torrent Adda; autres cercles = 7 sources thermales.

Toutes les sources thermales subissent d'importantes variations saisonnières dues à une dilution avec l'eau de la fonte des neiges qui s'infiltre dans la zone d'exutoire provoquant une forte augmentation du débit et une diminution de la quasi-totalité des autres paramètres.

sulfate de 900 mg/l environ. En reportant cette valeur sur le graphique température-SO_4 (figure 4.19.1), on obtient une température de 50° C. On peut procéder de la même manière avec les autres paramètres qui sont en relation avec le sulfate, et retrouver l'ensemble des caractéristiques de l'eau thermale avant son mélange avec des eaux froides et faiblement minéralisées. De manière générale, on peut avancer que le taux de dilution minimum (en hiver) est de l'ordre de 20 %.

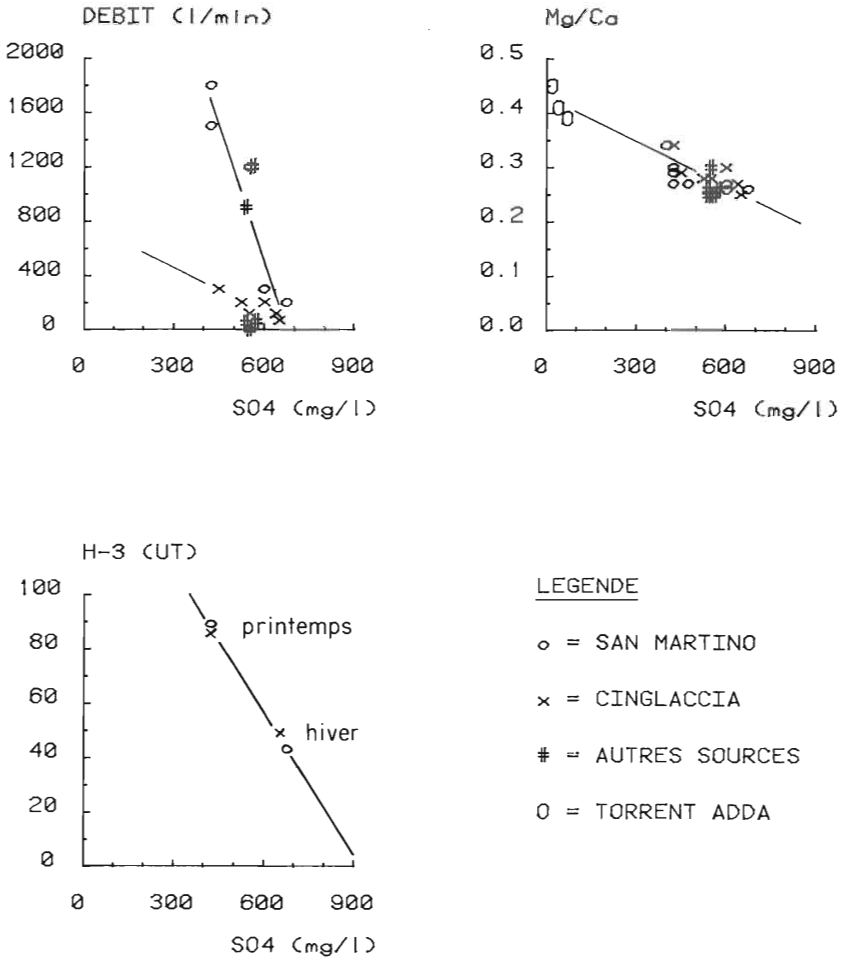

Figure 4.19.2: *Paramètres inversement proportionnels à la concentration en sulfate dans l'eau thermale de Bormio*

Seuls ces trois paramètres sont inversement proportionnels à la minéralisation totale et à la concentration en SO_4, l'anion le plus important. Les valeurs de débit étant des estimations, cette relation est à considérer comme très approximative. Le rapport Mg/Ca étant assez élevé dans une eau de type CaMg-SO_4HCO_3, il n'est pas possible de trouver une valeur minimum. Par contre, la concentration en ^3H variant fortement d'une saison à l'autre, il est possible d'extrapoler une teneur en SO_4 pour une concentration en ^3H nulle ou très faible.

4.19.9 Résumé et conclusion

La zone thermale de Bormio compte neuf sources de débit très différent et qui subissent des variations saisonnières importantes. En hiver, la température (42° C) et la minéralisation (1200 mg/l) sont maximum, alors que le débit est minimum; en été, c'est le contraire. La composition chimique de cette eau thermominérale est essentiellement sulfatée calcique et provient de la dissolution de gypse dans les calcaires dolomitiques triasiques appartenant à la couverture de la nappe austroalpine de Campo.

La température de l'eau chaude dans son réservoir profond devrait être de 50° C environ et le débit de l'ensemble de la zone varie entre 1000 et 4000 l/min au cours du cycle hydrologique. Sur les neuf sources existantes, seules deux ont des captages sous le niveau du sol (galerie ou excavation). Les caractéristiques de l'eau des autres sources pourraient être certainement améliorées par la construction de nouveaux captages (puits ou galeries). Des forages permettant de capter l'eau thermale avant qu'elle ne se mélange à des eaux froides dans la zone d'exutoire seraient également envisageables, après une étude hydrogéologique et géophysique détaillée.

CHAPITRE 5

Conclusions

La nature même de ce travail, qui consiste en l'étude détaillée de 19 zones thermales, ne permet qu'un nombre limité de conclusions générales, puisque pratiquement chaque zone étudiée est un cas particulier, en raison de la complexité géologique du territoire suisse*. Seule l'eau des zones thermales de Baden, Schinznach et Zurzach provient probablement d'un système de circulation profonde commun.

La constatation importante qui se dégage est que la grande majorité des eaux thermales étudiées se trouvent presque toujours en relation avec les formations du Trias et notamment avec ses niveaux évaporitiques composés de gypse, d'anhydrite et de halite. Cette association est évidente du point de vue géologique et géochimique, et notamment par le fait que l'eau garde dans sa composition l'empreinte dominante de son écoulement dans des niveaux à évaporites (Na-Cl → NaCa-ClSO_4 → Ca-SO_4). Dans certains cas, comme Lostorf ou Weissenburg par exemple, l'eau thermale vient uniquement d'un aquifère dans le Trias. Dans d'autres cas, qui sont d'ailleurs les plus nombreux, l'origine de l'eau thermale provient d'aquifères dans les fissures du socle cristallin et dans le Trias comme par exemple à Zurzach et à Lavey. Dans deux cas seulement, ceux de Craveggia et de Masino, l'eau thermale ne s'écoule que par des aquifères situés dans le cristallin.

La composition chimique de presque toutes les eaux thermales étudiées est sulfatée et généralement calcique ou sodique, alors que la teneur en magnésium, en chlorure et en bicarbonate est généralement plus faible. La minéralisation totale de l'eau est extrêmenent variable d'une région thermale à l'autre et peut aller de 0,3 à 5 g/l de substances minérales dissoutes.

Pour aboutir à une interprétation dynamique des systèmes d'écoulement profonds, l'échantillonnage des eaux thermales a été répété périodiquement au cours d'un cycle hydrologique complet et de nombreux paramètres physiques, chimiques et isotopiques ont été mesurés pour chaque échantillon. De cette façon, des variations importantes de température, de débit et de minéralisation ont pu être mises en évidence dans certaines régions. Ces variations sont généralement dues à des modifications climatiques saisonnières directes ou indirectes.

La géothermométrie permet de définir la température probable de l'aquifère profond, qui pourra être utilisée dans l'évaluation du potentiel géothermique de chaque zone. Elle est seulement de l'ordre de 30° à 45° C pour les eaux provenant uniquement d'aquifères en terrains sédimentaires. Par contre, elle est plus élevée, environ 60° à 90° C, pour presque toutes les eaux thermales provenant plus ou moins directement du socle cristallin. Les géothermomètres employés dans d'autres parties du monde ont généralement été conçus pour des températures supérieures à 100° C. Cependant, on constate que dans les cas où une vérification de la température du réservoir a été possible dans cette étude (Lostorf et Zurzach), une interprétation sélective des géothermomètres permet également l'évaluation des températures de réservoirs aquifères à moins de 100° C.

La connaissance de la composition isotopique (tritium, deutérium et oxygène-18) donne les moyens de mettre en évidence les mélanges entre les eaux chaudes profondes et les eaux froides ou tièdes de faible profondeur. L'étude détaillée de l'âge des eaux thermales n'a pas été entreprise, mais il est quand même possible d'affirmer que les eaux thermales des zones examinées font partie de systèmes de circulation actifs d'eaux météoriques relativement récentes. L'altitude de la zone de recharge et parfois sa position géographique ont pu être déterminées par la méthode utilisant le gradient d'oxygène-18 et de deutérium en fonction de l'altitude. En particulier, la zone de recharge de l'aquifère thermal de la région Baden-Schinznach a été localisée principalement sur le flanc sud du Massif de la Forêt-Noire, et l'origine souvent postulée dans les Alpes ne peut plus être prise en considération.

Dans certains cas favorables, l'ensemble des méthodes d'interprétation a conduit à l'élaboration d'un modèle de circulation des eaux thermales et à l'extrapolation de certaines caractéristiques de l'eau thermale originale en profondeur. Il a été établi que la plupart des eaux thermales étudiées subissent des phénomènes de mélange et/ou de dilution lors de leur remontée vers la surface.

Des études ultérieures comportant l'examen de tous les types d'eau existants dans des zones thermales données permettront d'acquérir une connaissance encore plus précise des caractéristiques hydrogéologiques du réservoir profond et du potentiel géothermique régional. Dans des séries de roches à forte concentration en gypse et autres minéraux contenant du soufre, il sera nécessaire d'entreprendre des travaux sur la géochimie isotopique du soufre et du sulfate (soufre-34; oxygène-18 dans le sulfate), afin de mieux comprendre sa provenance dans l'eau thermale et par conséquent de mieux saisir les relations entre les aquifères existants dans le socle cristallin et dans les niveaux triasiques. D'autre part, les conditions naturelles d'équilibre chimique et thermodynamique des constituants minéraux des eaux thermales et les interactions de celles-ci avec les roches du réservoir sont d'un intérêt certain et restent à déterminer. Finalement, une étude des gaz nobles dans les eaux thermales permettra notamment d'établir si des températures plus élevées que celles déjà calculées sont atteintes dans les réservoirs aquifères et d'évaluer avec plus de précision la profondeur de pénétration des eaux dans le socle cristallin avant leur remontée, ainsi que les éventuels mélanges entre les eaux de plusieurs aquifères profonds. Il faut toutefois souligner que seuls des sondages de prospection atteignant la zone aquifère qui forme le réservoir profond d'eau chaude, permettront de déterminer avec précision le potentiel géothermique d'une région donnée.

* Pour les conclusions spécifiques à chaque zone thermale, le lecteur est renvoyé au chapitre 4 (4.1 à 4.19).

Bibliographie

Aeschbach, E. und Keller, H.R., 1976. Pumperversuche 1976. Thermalquelle AG Zurzach, 5 p., non publié.

Aviolat, P., 1976. Lavey-les-Bains, nouvelle source thermale; captage profond. Zones de Protection. Rapport hydrogéologique, Schmitten, 10 p., non publié.

Bad-Pfäfers — Bad-Ragaz 1868-1968, 1968. Zollikofer, St. Gallen, 160 p.

Badoux, H., 1972. Rapport géologique sur la source thermale de Saxon. Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université de Lausanne, 12 p., non publié.

Badoux, H. et Mautner, J., 1975. Rapport sur le comportement de la source thermominérale des Bains d'Yverdon durant l'année 1974. Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université de Lausanne, 3 p., non publié.

Badoux, H. et Savary, G., 1976. Rapport sur le comportement de la source thermominérale des Bains d'Yverdon durant l'année 1975. Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université de Lausanne, 2 p., non publié.

Baghdadi, A.I., 1951. Untersuchungen an Mineralquellen des Berner Oberlandes und des Wallis. Inaugural Dissertation, Haupt, Bern, 47 p.

Blavoux, B., 1978. Etude du cycle de l'eau au moyen de l'oxygène-18 et du tritium. Thèse, Université P. et M. Curie, Paris 6, 333 p.

Bonsignore, G., Bravi, C.E., Nangeroni, G. e Ragni, U., 1970. La Geologia del territorio della provincia di Sondrio. Ed. Amministr. Provinc. di Sondrio, 125 p.

Boulègue, J., Fouillac, C., Michard, G. et Ouzounian, G., 1977. Applications géothermiques de l'étude géochimique des eaux thermales des Pyrénées orientales. Seminar on Geothermal Energy, Bruxelles, EUR 5920, 2, pp. 455-468.

Bragagnolo, G., 1948. Le terme radioattive dei bagni di Bormio in Valtellina. Annali di Chimica Applicata, 38, pp. 179-194.

Bragagnolo, G., 1959. Analisi chimica, fisica e chimico-fisica dell'acqua di Bagni di Masino (Sondrio). Milano, 11 p., non publié.

Burger, A. et Schaer, J.P., 1980. Etude géologique du pied du Jura vaudois et neuchâtelois en vue de l'implantation de forages géothermiques. Rapport pour la Comm. féd. énergie géothermique, 17 p., non publié.

Cadisch, J., 1928. Zur Geologie alpiner Thermal- und Sauerquellen. Separatabdr. Jber. natf. Ges. Graubündens, neue Folge, 66, 46 p.

Cadisch, J., 1931. Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen. Verh. naft. Ges., Basel, 42, pp. 138-176.

Cadisch, J., 1956. Über die Wiedererbohrung der Therme von Zurzach (Kt. Aargau). Eclogae. Geol. Helv., 49/2, pp. 313-316.

Cadisch, J., 1969. Die Mineralquellen der Schweiz. Int. Geol. Congr., 23rd sess., 2nd symp., Prague, 1968. Mineral and thermal waters of the world, A-Europe, pp. 133-137.

Campana, B., 1971. La sorgente termominerale di Craveggia-Spruga (Val Onsernone), 27 p., non publié.

Carlé, W., 1975. Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Genese. 2 vol., Wissenschaft. Verlagsges., Stuttgart, 643 p.

Castany, G., 1963. Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris, 657 p.

Chassot, A., Cevey, P. et Tatsis, A., 1971. Source des Bains de Saxon. Rapport de synthèse des ingénieurs. Bureau technique A. Chassot, Epalinges, 65 p., non publié.

Commission Géologique Suisse, 1972 a. Carte géologique de la Suisse, 1:500 000. Service topographique fédéral, Wabern.

Commission Géologique Suisse, 1972 b. Carte tectonique de la Suisse, 1:500 000. Service topographique fédéral, Wabern.

Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, 3465, pp. 1702-1703.

Crespi, R., 1965. Magmatiti e rocce verdi di Bagni del Masino (Sondrio). Ist. Lombardo Rend. Sc., A 99, pp. 685-704.

D'Arsonval, A., Bordas, F. et Touplain, F., 1925. Les eaux minérales de St-Gervais-les-Bains le Fayet (Haute-Savoie). Annales falsifications et fraudes, 18, pp. 454-460.

Das Bäderbuch der Schweiz, 1976. Ed. Verband Schweizerischer Badekurorte, Baden, 96 p.

Ellis, A.J., 1976. The I.A.G.C. interlaboratory water analysis comparison programme. Geochim. Cosmochim. Acta, 40, pp. 1359-1374.

Ellis, A.J., 1979. Chemical geothermometry in geothermal systems. Chemical Geology, 25, pp. 219-226.

Ellis, A.J. and Mahon, W.A.J., 1977. Chemistry and Geothermal Systems. Academic Press Inc., New York, 392 p.

Elter, G., 1953. Osservazioni geologiche nella regione di Courmayeur (Alta Valle d'Aosta). Publ. Istit. Geol. Univ. Torino, 2, pp. 85-93.

Falconnier, A., 1952. Source thermale de Lavey-les-Bains. Considérations géologiques et hydrologiques. Bull. Soc. vaud. Sci. nat., 65, 280, pp. 245-252.

Farneti, P., 1959. L'acqua di Masino. La Settimana medica, Firenze, 47, 16 p.

Flück, J., 1981. Etude hydrogéologique et géothermique de la région de La Combioula (val d'Hérens, Valais). Rapport pour la Comm. féd. énergie géotherm., 14 p., non publié.

Fontes, J.C., 1976. Les isotopes du milieu dans les eaux naturelles. La Houille Blanche, 3/4, pp. 205-221.

Fouillac, C. and Michard, G., 1981. Sodium/Lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs. Geothermics, 10, 1, pp. 55-70.

Fournier, R.O., 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics, 5, 1-4, pp. 41-50.

Fournier, R.O., 1979 a. A revised equation for the Na/K geothermometer. Geothermal Resources Council, Transactions, 3, pp. 221-224.

Fournier, R.O., 1979 b. Geochemical and hydrologic considerations and the use of enthalpy-chloride diagrams in the prediction of underground conditions in hot spring systems. J. Volcanol. Geotherm. Research, 5, pp. 1-16.

Fournier, R.O. and Truesdell, A.H., 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, pp. 1255-1275.

Fournier, R.O., White, D.E. and Truesdell, A.H., 1974. Geochemical indicators of subsurface temperature. Part 1, Basic assumptions. J. Res. U.S. Geol. Survey, 2, 3, pp. 259-262.

Fournier, R.O. and Potter, R.W., 1979. Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, pp. 1543-1550.

Frant, M.S. and Ross, J.W., 1968. Use of a total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies. Analyt. Chem., 40, 7, pp. 1169-1171.

Fritz, P. and Fontes, J.Ch., eds, 1980. Handbook of environmental isotope geochemistry. Vol. 1A, The terrestrial environment, Elsevier, Amsterdam, 545 p.

Furrer, H., 1962. Notice explicative de la feuille 473 Gemmi au 1:25 000. Comm. Géol. Suisse, Kümmerly et Frey, Berne, 53 p.

Geothermische Prospektion im Raume Koblenz-Wildegg-Dielsdorf, 1980. Schlussbericht. Nationaler Energie-Forschungs-Fonds (NEFF), 162 p.

Gockel, H., 1977. Grosse Heilwasseranalyse der Quelle Acquarossa, Tessin. Inst. für angewandte Chemie, Stuttgart, 8 p., non publié.

Gübeli, O., 1953. Zum Chemismus von Thermalwässern. Vjschr. natf. Ges. Zürich, 3, 98, pp. 145-157.

Guide géologique de la Suisse, 1967. Wepf, Bâle, 915 p.

Hartmann, A., 1917. Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf und anderer Mineralquellen des östlichen Juras. Mitt. aargau. natf. Ges., 14, pp. 52-79.

Hartmann, A., 1925 a. Die Thermalquellen von Schinznach. Verh. schweiz. natf. Ges., 106, 2, pp. 52-57.

Hartmann, A., 1925 b. Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau. Mitt. aargau. natf. Ges., 17, pp. 255-319.

Hartmann, A., 1932. Neue Untersuchungen an der Therme von Schinznach. Mitt. aargau. natf. Ges., 19, pp. 153-163.

Hartmann, A., 1943. Natur und Herkunft der Therme von Baden. Mitt. aargau. natf. Ges., 21, pp. 1-25.

Högl, O., 1972. Bericht über die Kurzanalyse der Ca-Mg-SO_4-HCO_3 Quelle von Lostorf. Bern, 5 p., non publié.

Högl, O., 1980. Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Haupt, Bern und Stuttgart, 302 p.

Hügi, Th. und Siegenthaler, U., 1978. Bericht über die Hydrogeologie der Thermalquellen von Leukerbad. Jahresversammlung schweiz. natf. Ges. in Brig vom Okt. 1978, 14 p., non publié.

Industrie Minérale, 1981. Notes sur la géothermie en France. Industrie Minérale, 63, 4, pp. 234-236.

Jäckli, H., 1980. Die Bohrung N° 7904 der NOK bei KKW Beznau. Vorläufiger geologischer Bericht, 24 p., non publié.

Jaffé, F., Cuénod, M. et Vercellini, R., 1975. Utilisation de l'énergie géothermique pour le chauffage des locaux en Suisse. Perspectives et problèmes. Bull. tech. Suisse Romande (SIA), 22, pp. 351-359.

Jaffé, F., Benoit, F. and Roux, D., 1976. Low enthalpy geothermal energy development in Switzerland: the thermal spring of Lavey and its utilization. Int. Congr. Thermal Waters, Geothermal Energy, Vulcanism Mediterranean Area, Athens, 1, pp. 268-274.

Jaffé, F., Rybach, L. and Vuataz, F.D., 1981. Exploration for low enthalpy geothermal energy in Switzerland. UNITAR conference on long-term energy resources, Montreal, Canada, 1979. Pitman, Boston, 3, pp. 1575-1589.

Kapp, H. und Müller, H.W., 1968. Thermalquellen Vals AG, Sondierkampagne 1967/68. Geohydrologischer Bericht, G 198/2. Grundbau Beratung AG, St. Gallen, 7 p., non publié.

Kern, A., 1981. Etude hydrogéologique et géothermique de la région d'Yverdon. Rapport pour la Comm. féd. énergie géotherm., 12 p., non publié.

Knupp, P., 1958. Geologie und Petrographie des Gebietes Centovalli-Valle Vigezzo und Onsernone. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 38, 1, pp. 83-236.

Labhart, T.P., 1965. Petrotektonische Untersuchungen am Südrand des Aarmassivs. Beitr. geol., Karte Schweiz, neue Folge 124, 81 p.

Le Maréchal, A., 1976. Géologie et géochimie des sources thermominérales du Cameroun. Travaux et Documents ORSTOM, 59, Paris, 176 p.

Lépinay, E., 1969. Histoire des bains de St-Gervais. Ed. E. Lépinay, St-Gervais, 155 p.

Loosli, H. and Oeschger, H., 1979. Argon-39, Carbon-14 and Krypton-85 measurements in groundwater samples. Isotope Hydrology 1978. Proceed. IAEA, Neuherberg, 2, pp. 931-945.

Lugeon, M., 1912. Les sources thermales de Loèche-les-Bains (Leukerbad, Valais). Matér. Carte géol. Suisse, nouvelle série, 68e livr., Berne, 31 p.

Matthey, E., 1952. La composition chimique de l'eau thermale de Lavey-les-Bains. Bull. Soc. vaud. Sci. nat., 65, 280, pp. 265-271.

Maus, H. und Sauer, K., 1976. Die Thermalwasseruntersuchungsbohrung 6 in Wildbad, Nördlicher Schwarzwald. Jh. geol. Landesamt Bad-Württemb., 18, pp. 45-58.

Mazor, E., 1976 a. Multitracing and multisampling in hydrological studies. Interpretation of environmental isotope and hydrochemical data in groundwater hydrology, IAEA, Vienna, pp. 7-36.

Mazor, E., 1976 b. Atmospheric and radiogenic noble gases in thermal waters: their potential application to prospecting and steam production studies. 2nd U.N. Symp. on the Dev. and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 1975, 1, pp. 793-802.

Mazor, E. and Mañon, M., 1979. Geochemical tracing in producing geothermal fields: a case study at Cerro Prieto. Geothermics, 8, pp. 231-240.

Mazor, E., Levitte, D., Truesdell, A.H., Healy, J. and Nissenbaum, A., 1980. Mixing models and ionic geothermometers applied to warm (up to 60° C) springs: Jordan rift valley, Israël. J. Hydrol., 45, pp. 1-19.

Missaglia, F., 1907. Il valore terapeutico dei bagni e fanghi delle Terme d'Acquarossa. Congr. Naz. di Idrologia e Climatologia, Milano, 1906.

Moret, L., 1946. Les sources thermominérales. Hydrogéologie, géochimie, biologie. Masson, Paris, 146 p.

Motor Columbus, 1977. Geothermische Studie der Warmwasserzone Zurzach-Lostorf-Baden. Schriftr. Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption, 14, Bern, 89 p.

Münzel, U., 1947. Die Thermen von Baden. Eine balneologische Monographie. Baden, Selbstverlag des Verfassers, 299 p.

NEFF, 1980. Voir: Geothermische Prospektion im Raume Koblenz-Wildegg-Dielsdorf.

Norbert, J., 1979. Feuilles de jaugeages 1956-1979: sources thermales St-Laurent, Fussbad, Fischweier (Leukerbad). Lausanne, 29 p., non publié.

Oeschger, H., Gugelmann, A., Loosli, H., Schotterer, U., Siegenthaler, U. and Wiest, W., 1974. ^{39}Ar dating of groundwater. Isotope techniques in groundwater hydrology 1974. Proceed. IAEA, Vienna, 2, pp. 179-189.

Ouzounian, G., 1978. Etude des éléments traces dans les eaux thermominérales du sud de la France. Thèse, Université Paris 7, 87 p., non publié.

Provedi, F., 1971. Analyse chimique de l'eau thermale de Pré-St-Didier. Lab. Provinc. d'Igiene e Profilassi, Bergamo, Italia, 1 p., non publié.

Rotureau, A., 1864. Des principales eaux minérales de l'Europe, vol. 3, Masson, Paris.

Rybach, L., Hänny, J. und Werner, W., 1979. Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung geothermischer Energie in der Schweiz. Technischen Rundschau Sulzer, 4, pp. 141-150.

Rybach, L. and Muffler, L.J.P., eds, 1981. Geothermal systems. Principles and case histories. Wiley, New York, 359 p.

Schindler, C., 1977. Zur Geologie von Baden und seiner Umgebung. Beitr. Geol. Schweiz, Kleinere Mitt., 67, pp. 109-160.

Schmassmann, H., 1975. Bericht über bisherige Ergebnisse und Vorschläge zur Erschliessung zusätzlichen Mineralwassers in der Umgebung von Yverdon. Rapport pour Arkina S.A., Yverdon, 20 p., non publié.

Schmassmann, H., 1977. Die Mineral- und Thermalwässer von Bad Lostorf. Mitt. natf. Ges. Solothurn, 27, pp. 150-290.

Schmassmann, H., 1978. Bericht über die Hydrogeologie und die Thermik tiefer Felsgrundwässer des nordwestschweizerischen Juras und des Rheintalgrabens. Eidg. Komm. Geotherm. Energie, Bern, 59 p., non publié.

Schneider, J.F. und Blum, W., 1981. Geothermisches Potential und Nutzungsmöglichkeiten im Nordostjura. Schweiz. Bauzeitung (SIA), 20, pp. 457-462.

Schoeller, H., 1962. Les eaux souterraines. Masson, Paris, 642 p.

Schotterer, U., 1974. Anwendungsbeispiele der Isotopenhydrologie und -glaziologie in der Schweiz. Osterr. Wasserwirtsch., 3/4, pp. 70-74.

Schumacher, E., 1966. Experimente zur Hydrologie der Badener Thermen. Badener Njbl., 41, pp. 48-55.

Senften, H., 1974. Rapport concernant les analyses détaillées des eaux minérales naturelles des puits 1 et 2 de Saxon-les-Bains, 14 p., non publié.

Senften, H., 1978. Bericht über die eingehende Untersuchung des Mischwassers der Quellen 1, 2 und 3 und über die orientierenden Analysen der Einzelquellen 1, 2 und 3, sources Valroc von Saxon, 24 p., non publié.

Senften, H., 1980. Untersuchungbericht. Neu erbohrte Schwefel-Thermalquelle von Schinznach Bad. Versuchsstation Schweiz. Brauereien, Zürich, 17 p., non publié.

Siegenthaler, U., 1979. Stable hydrogen and oxygen isotopes in the water cycle. Reprint from lecture in isotope geology. Ed. Jäger and Hunziker, Springer, Berlin, pp. 264-273.

Siegenthaler, U. and Oeschger, H., 1980. Correlation of ^{18}O in precipitation with temperature and altitude. Nature, 285, pp. 314-317.

Standard Methods, 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th ed., American Public Health Association, Washington DC, 1193 p.

Tardy, Y., 1980. Géochimie des interactions entre les eaux, les minéraux et les roches. Ed. S.A.R.L. Eléments, Tarbes, 239 p.

Truesdell, A.H., 1976. Summary of section III: Geochemical techniques in exploration. 2nd U.N. Symp. on the Dev. and Use of Geothermal Resources, San Francisco, U.S.A., 1975, 1, pp. LIII-LXXIX.

Trümpy, R., 1980. Geology of Switzerland: a guide-book. Schweiz. geol. Komm. Wepf, Basel, New York, 2 vol., 334 p.

Urbain, P., 1930. Analyse des eaux minérales de quelques stations des Alpes. Le Fayet-St-Gervais, Allevard, Uriage, Brides, Salins-Moutiers. Ann. Inst. Hydrol. Climatol., 7, 1, 23, 64 p.

Urbain, P., 1967. Géochimie et hydrologie des enveloppes aqueuses et des eaux thermominérales. Blanchard, Paris, 115 p.

Vallet, J.M., 1950. Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du val d'Hérens et du val d'Hérémence (Valais). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 30, pp. 322-476.

Vuataz, F.D., 1978. Rapport préliminaire sur les données chimiques et isotopiques des eaux thermominérales de Vals (Grisons), Université de Genève, 9 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1979 a. Géochimie des eaux thermales de Suisse et de quelques régions limitrophes. Rapport interméd. pour Comm. féd. énergie géothermique, Berne, 70 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1979 b. Caractéristiques et origine des eaux thermales de Zurzach. Rapp. tech. NEFF 004, 10 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1979 c. Caractéristiques et origine de l'eau thermominérale de Weissenburg. Université de Genève, 10 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1980 a. Seasonal behaviour of the thermal waters from Switzerland and some neighbouring regions. 3rd Intern. Symp. Water-Rock Interaction, Edmonton, Canada, pp. 129-131.

Vuataz, F.D., 1980 b. Caractéristiques et origine de l'eau thermale d'Yverdon-les-Bains. Université de Genève, 17 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1980 c. Hydrogéochimie des eaux: mesures et analyses effectuées dans le cadre du projet NEFF (1979-1980). Rapp. tech. NEFF 026, 47 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1980 d. Rapport sur l'essai de pompage dans le forage de prospection (S_2) à Bad Schinznach (février-mars 1980). Rapp. tech. NEFF 015, 9 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1980 e. Rapport sur le deuxième essai de pompage dans le forage de prospection (S_2) à Bad Schinznach (mai-juin 1980). Rapp. tech. NEFF 025, 8 p., non publié.

Vuataz, F.D., 1980 f. Etude complémentaire de l'eau thermominérale de Vals (Grisons). Université de Genève, 33 p., non publié.

Weber, E., 1959. Neue Untersuchungen der Therme von Pfäfers. Eclogae geol. Helv., 52/2, pp. 591-617.

Wenk, H.R., 1970. Geologische Beobachtungen im Bergell: 1. Gedanken zur Genese des Bergeller Granits. Rückblick und Ausblick. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 50, 2, pp. 321-348.

White, D.E., 1971. Geochemistry applied to the discovery, evaluation and exploitation of geothermal energy resources. U.N. Symp. on the Dev. and Utilization of Geothermal Resources, Pisa, Italy, 1970, 1, pp. 58-80.

Winterhalter, R.U., 1945. Therme von Vals. Ber. Auftrag eidg. Amtes Verkehr, 19 p., non publié.

Zahner, P., Mautner, J. et Badoux, H., 1974. Etude hydrogéologique des sources thermominérales de Lavey, d'Yverdon et de Saxon. Mem. Soc. vaud. Sci. nat., 95, 15, 5, pp. 209-256.

Zorn, A., 1981. Etude statistique des variations de débit des sources thermales de Baden et de Bad Ragaz. Dipl. Uni. Genève, en préparation.

ANNEXE

Dans les 48 tableaux de résultats qui suivent se trouvent toutes les mesures et analyses effectuées en 1977-1978, quelques-unes d'entre elles faites en 1979-1980 au cours du projet de prospection géothermique du NEFF (Vuataz, 1980 c, et in NEFF, 1980), ainsi que celles de l'étude complémentaire de Vals (Vuataz, 1980 f). Les échantillons dont le numéro est souligné sont considérés comme les plus représentatifs de l'eau thermale en profondeur de la zone.

Signification des symboles et abréviations utilisés

No ECH	numéro de l'échantillon (127 = échantillon 27 de la 1ère campagne, etc.)
DATE	date d'échantillonnage (1605.77 = 16 mai 1977; 103.78 = 1er mars 1978)
LI+ (MG/L)	Lithium (milligramme par litre)
NA+ "	Sodium "
K+ "	Potassium "
MG++ "	Magnésium "
CA++ "	Calcium "
SR++ "	Strontium "
MN++ "	Manganèse "
FE++ "	Fer "
AL+++ "	Aluminium "
HCO3- "	Bicarbonate "
SO4-- "	Sulfate "
CL- "	Chlorure "
F- "	Fluor "
SIO2 "	Silice "
TSD "	Total des Solides Dissous dosés (mg/l)
CATIONS (MEQ/L)	Somme des cations (milliéquivalent par litre)
ANIONS (MEO/L)	Somme des anions (milliéquivalent par litre)
COND K 20 (uS/CM)	Conductibilité électrique à 20° C (micro Siemens par cm)
PH	pH
TEMP EAU (oC)	Température de l'eau à l'émergence (°C)
TEMP AIR (oC)	Température de l'air (°C)
DEBIT (L/MIN)	Débit mesuré ou estimé (litre par minute)
NIVEAU (M)	Niveau piézométrique (mètre)
TRITIUM (UT)	Tritium (Unité Tritium)
DEUTERIUM (o/oo)	Deutérium (δ^2H o/oo)
OXYGENE-18 (o/oo)	Oxygène-18 ($\delta^{18}O$ o/oo)

YVERDON : SOURCE DES BAINS

No ECH	101	201	301	537	630	730	808	949
DATE	1005.77	1506.77	208.77	612.77	703.78	2804.78	206.78	2007.78
LI+ (MG/L)	0.04	0.05	0.05	0.04	0.02	0.05	0.05	0.05
NA+ "	42.20	56.60	44.30	59.90	25.00	45.00	50.00	56.30
K+ "	1.80	2.06	2.01	1.97	1.51	2.08	1.92	2.02
MG++ "	23.00	22.50	21.50	21.00	24.50	23.90	21.90	21.90
CA++ "	38.40	35.50	41.10	43.70	45.20	49.50	43.30	41.70
SR++ "	2.16	2.11	2.12	2.45	1.86	2.16	2.34	2.28
MN++ "	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00
FE++ "	0.07	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
HCO3- "	270	270	259	261	256	266	264	259
SO4-- "	10.0	12.0	10.0	12.0	12.0	13.0	12.0	13.0
CL- "	47.50	62.00	62.00	85.00	32.00	57.00	53.00	61.00
F- "	0.63	0.91					0.83	0.93
SIO2 "	10.80	14.70	15.50	15.90	11.90	15.80	15.00	16.00
TSD (MG/L)	447	478	458	503	410	475	464	474
CATIONS (MEQ/L)	5.75	6.19	5.85	6.63	5.44	6.50	6.25	6.44
ANIONS (MEQ/L)	6.01	6.47	6.20	6.92	5.35	6.24	6.12	6.28
COND K20 (uS/CM)	493	537	531	524	476	523	518	534
PH	7.55	7.70	7.55	7.80	7.85	7.45	7.65	7.55
TEMP EAU (oC)	22.4	23.9	24.2	25.0	20.3	23.5	23.4	24.2
TEMP AIR (oC)				2	7	15	14	25
DEBIT (L/MIN)								
TRITIUM (UT)		1			0			
DEUTERIUM (o/oo)		-76.9			-73.7			
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.97			-10.64			

LOSTORF SOURCE MINERALE: FORAGE 1

No ECH	833	205	306	437	629
DATE	1306.78	1606.77	308.77	1110.77	703.78
LI+ (MG/L)	0.02	0.51	0.40	0.48	0.34
NA+ "	7.43	1107.00	825.00	1072.00	739.00
K+ "	1.94	20.30	16.40	18.90	16.10
MG++ "	41.90	60.20	45.00	62.20	47.40
CA++ "	207.00	140.00	161.00	168.00	143.00
SR++ "	2.72	5.48	4.25	6.04	4.51
MN++ "	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02
FE++ "	0.00	5.00	1.89	1.71	2.05
HCO3- "	225	580	488	569	503
SO4-- "	425.0	350.0	150.0	340.0	310.0
CL- "	14.00	1630.00	1325.00	1550.00	1090.00
F- "	0.78	0.66			
SIO2 "	10.10	16.40	8.08	9.75	7.65
TSD (MG/L)	936	3911	3025	3798	2863
CATIONS (MEQ/L)	14.21	60.99	48.26	60.88	43.82
ANIONS (MEQ/L)	12.97	62.81	48.50	60.13	45.45
COND K20 (uS/CM)	976	5411	4235	5234	3898
PH	7.60	7.15	6.95	6.90	6.95
TEMP EAU (oC)	13.9	12.6	14.0	14.3	15.2
TEMP AIR (oC)	16			16	4
DEBIT (L/MIN)		0.0	1.5	3.0	30.0
TRITIUM (UT)		91			119
DEUTERIUM (o/oo)		-72,0			-72.3
OXYGENE-18 (o/oo)		-10,18			-10.30

LOSTORF : FORAGE 3

No ECH	107	202	304	435	628	728	831	945
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1110.77	703.78	2504.78	1306.78	1907.78
LI+ (MG/L)	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
NA+ "	9.05	5.34	3.94	9.89	3.64	5.99	3.22	5.74
K+ "	2.97	1.96	2.35	2.58	2.10	2.30	2.14	2.30
MG++ "	52.90	53.30	50.00	54.30	55.40	53.50	52.20	48.40
CA++ "	135.00	144.00	152.00	103.00	152.00	126.00	150.00	108.00
SR++ "	1.82	2.19	1.77	1.82	2.12	1.95	2.31	1.77
MN++ "	0.13	0.13	0.10	0.12	0.08	0.13	0.08	0.11
FE++ "	5.69	7.06	4.46	5.01	4.49	6.85	4.26	6.23
HCO3- "	195	244	240	160	250	203	266	157
SO4-- "	350.0	320.0	330.0	305.0	330.0	325.0	325.0	313.0
CL- "	14.50	7.50	7.50	16.50	7.50	10.00	10.50	12.00
F- "	1.23	1.59					1.63	1.24
SIO2 "	6.24	8.98	10.30	4.95	9.79	6.88	12.50	5.68
TSD (MG/L)	775	796	802	663	817	742	830	661
CATIONS (MEQ/L)	11.81	12.16	12.13	10.33	12.57	11.30	12.18	9.95
ANIONS (MEQ/L)	10.96	10.96	11.02	9.44	11.18	10.38	11.51	9.49
COND K20 (uS/CM)	837	900	850	768	879	822	902	730
PH	7.45	7.80	7.65	7.95	7.65	7.55	7.35	7.90
TEMP EAU (oC)	24.9	26.3	25.5	25.9	24.4	25.6	26.0	25.2
TEMP AIR (oC)				16	4	17	16	17
DEBIT (L/MIN)								
TRITIUM (UT)		98			0			
DEUTERIUM (o/oo)		-70.8			-71.3			
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.47			-10.17			

LOSTORF : FORAGE 4

No ECH	108	203	305	436	627	729	832	946
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1110.77	703.78	2504.78	1306.78	1907.78
LI+ (MG/L)	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09
NA+ "	27.50	27.20	25.10	27.40	28.30	27.90	30.00	28.70
K+ "	4.51	4.12	4.16	4.12	3.93	4.10	4.21	4.27
MG++ "	134.00	134.00	133.00	142.00	134.00	140.00	132.00	129.00
CA++ "	502.00	467.00	533.00	506.00	520.00	497.00	527.00	511.00
SR++ "	6.96	7.32	6.78	7.03	7.01	6.88	7.80	6.87
MN++ "	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
FE++ "	0.13	0.12	0.12	0.15	0.07	0.06	0.09	0.06
HCO3- "	253	253	248	250	244	248	250	248
SO4-- "	1600.0	1400.0	1450.0	1475.0	1425.0	1500.0	1400.0	1450.0
CL- "	38.50	38.50	38.50	38.50	37.50	36.50	38.50	41.50
F- "	1.92	2.09					2.33	2.47
SIO2 "	15.70	18.80	18.40	20.10	18.40	19.90	19.70	19.20
TSD (MG/L)	2584	2352	2457	2470	2418	2480	2412	2441
CATIONS (MEQ/L)	37.56	35.80	38.91	38.40	38.47	37.80	38.76	37.64
ANIONS (MEQ/L)	38.65	34.49	35.34	35.89	34.73	36.32	34.45	35.55
COND K20 (uS/CM)	2318	2155	2309	2320	2297	2304	2312	2308
PH	6.85	7.15	7.10	7.15	7.25	6.85	7.05	7.00
TEMP EAU (oC)	26.2	27.0	26.0	26.1	24.3	25.5	25.4	24.6
TEMP AIR (oC)				16	4	17	16	17
DEBIT (L/MIN)								
TRITIUM (UT)		0			0			
DEUTERIUM (o/oo)		-70.9			-71.6			
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.39			-10.26			

BAD SCHINZNACH : ANCIENNE SOURCE DES BAINS

No ECH	106	206	307	536	626	727	830	944
DATE	1105.77	1606.77	308.77	612.77	703.78	2504.78	1306.78	1907.78
LI+ (MG/L)	0.37	0.45	0.48	0.55	0.43	0.40	0.41	0.42
NA+ "	279.00	308.00	332.00	362.00	292.00	267.00	290.00	287.00
K+ "	13.70	16.50	14.60	17.50	14.00	13.70	14.10	13.70
MG++ "	67.20	71.50	73.20	79.20	72.50	68.00	69.10	69.30
CA++ "	260.00	274.00	300.00	355.00	282.00	292.00	299.00	286.00
SR++ "	3.81	3.80	3.69	5.06	3.78	3.51	3.84	3.59
MN++ "	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
FE++ "	0.13	0.14	0.07	0.20	0.07	0.06	0.05	0.06
HCO3- "	350	336	339	351	338	336	347	349
SO4-- "	750.0	800.0	800.0	950.0	800.0	700.0	800.0	750.0
CL- "	368.00	408.00	440.00	510.00	398.00	375.00	405.00	433.00
F- "	1.46	1.90					1.87	1.95
SIO2 "	19.50	22.10	21.40	23.40	21.90	22.00	22.90	22.40
TSD (MG/L)	2113	2242	2324	2654	2223	2078	2253	2216
CATIONS (MEQ/L)	31.13	33.53	35.96	40.62	33.24	32.27	33.73	32.95
ANIONS (MEQ/L)	31.81	33.77	34.62	39.92	33.42	30.66	33.87	33.65
COND K20 (uS/CM)	2462	2600	2762	3079	2563	2448	2496	2541
PH	6.90	7.00	6.85	7.05	7.00	6.75	6.95	6.95
TEMP EAU (oC)	28.4	30.2	30.8	31.7	28.8	27.6	29.9	30.0
TEMP AIR (oC)				0	4	19	15	18
DEBIT (L/MIN)								
TRITIUM (UT)		48			62			
DEUTERIUM (o/oo)		-71.9			-71.1			
OXYGENE-18 (o/oo)		-9.96			-10.18			

BAD SCHINZNACH ANCIENNE SOURCE DES BAINS : FORAGE S 2

No ORDRE	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27
No ECH	1061	2061	3061	4061	5061	1089	2089	3089	4089	5089
DATE	1505.79	2407.79	3110.79	801.80	1401.80	1902.80	2502.80	2502.80	2702.80	2802.80
LI+ (MG/L)	0.44	0.45	0.46	0.50	0.47	0.55	0.36	0.53	0.29	0.29
NA+ "	285.00	310.00	333.00	348.00	332.00	385.00	262.00	376.00	200.00	200.00
K+ "	13.10	14.10	15.00	16.10	15.50	17.10	12.80	17.30	11.30	10.70
MG++ "	71.70	73.20	76.20	80.90	74.20	85.40	62.70	85.20	75.60	66.10
CA++ "	279.00	292.00	306.00	320.00	306.00	366.00	287.00	375.00	284.00	257.00
SR++ "	3.76	4.29	4.15	4.57	4.11	5.25	3.85	5.45	3.45	3.35
AL+++ "	0.142	0.064								
HCO3- "	341	339	342	348	349	246	340	331	342	337
SO4-- "	825	725	700	925	875	1075	875	1125	650	600
CL- "	398.00	430.00	457.00	451.00	424.00	469.00	348.00	473.00	275.00	245.00
F- "	2.34	2.17	2.17	1.91	2.12	2.72	2.19	2.97	2.04	1.90
SIO2 "	23.80	23.10	22.30	24.20	24.40	13.60	19.80	23.10	21.40	21.40
TSD (MG/L)	2244	2213	2258	2520	2407	2666	2214	2815	1865	1743
COND K20 (uS/CM)	2514	2680	2720	2870	2730	3162	2269	2992	1980	1985
PH	6.75	6.84	6.83	7.04	7.09					
TEMP EAU (oC)	30.2	30.5	30.5	31.6	30.8	31.7	31.1	34.0	29.5	34.0
TEMP AIR (oC)	24	20	9							
DEBIT (L/MIN)						0.00	408.00	380.00	880.00	260.00
TRITIUM (UT)	51.0	52.0	43.0	36.0			63.0		70.0	82.0
DEUTERIUM (o/oo)	-67.2	-70.8	-67.4	-70.3			-70.3		-72.4	-69.3
OXYGENE-18 (o/oo)	-9.7	-9.8	-9.7	-10.2			-10.1		-10.1	-10.3

BAD SCHINZNACH FORAGE S 2

No ORDRE	28	29	30	31	32	33	34
No ECH	6089	7089	8089	9089	10089	11089	12089
DATE	2802.80	2802.80	2902.80	103.80	203.80	203.80	203.80
LI+ (MG/L)	0.40	0.38	0.32	0.28	0.28	0.50	0.39
NA+ "	270.00	260.00	217.00	197.00	191.00	353.00	267.00
K+ "	14.40	12.70	11.20	10.70	10.40	16.30	13.00
MG++ "	69.00	66.10	60.40	55.80	56.20	75.60	65.60
CA++ "	301.00	287.00	273.00	257.00	268.00	318.00	296.00
SR++ "	4.05	3.95	3.53	3.25	3.37	4.38	4.10
AL+++ "							
HCO3- "	343	337	337	342	332	343	340
SO4-- "	850	825	700	650	650	1000	800
CL- "	404.00	373.00	324.00	253.00	249.00	443.00	347.00
F- "	2.30	2.23	2.06	1.87	1.97	2.72	2.34
SIO2 "	22.30	21.40	21.40	17.80	18.70	24.20	20.50
TSD (MG/L)	2280	2189	1950	1789	1781	2581	2156
COND K20 (uS/CM)	2468	2423	2146	1980	1960	2850	2500
PH							
TEMP EAU (oC)	33.6	32.0	30.6	30.2	25.0	40.0	34.1
TEMP AIR (oC)							
DEBIT (L/MIN)	225.00	590	610	590	50	50	200
TRITIUM (UT)							57.0
DEUTERIUM (o/oo)							-70.9
OXYGENE-18 (o/oo)							-10.0

BADEN : SOURCE VERENAHOF

No ECH	104	207	308	431	501	624	725	827	943
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1010.77	911.77	703.78	2504.78	1206.78	1907.78
LI+ (MG/L)	4.63	4.89	4.76	4.56	4.80	4.78	4.67	4.85	4.78
NA+ "	789.00	836.00	752.00	795.00	764.00	751.00	737.00	762.00	756.00
K+ "	76.40	67.60	62.30	67.20	69.00	64.00	66.40	66.20	66.00
MG++ "	108.00	104.00	98.00	110.00	103.00	107.00	107.00	107.00	106.00
CA++ "	465.00	481.00	514.00	510.00	534.00	496.00	533.00	523.00	529.00
SR++ "	6.55	6.36	5.61	6.37	6.56	6.08	6.43	6.44	6.08
MN++ "	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05
FE++ "	0.10	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.09	0.06
HCO3- "	512	500	506	506	500	498	505	503	511
SO4-- "	1250.0	1400.0	1350.0	1350.0	1200.0	1275.0	1350.0	1400.0	1350.0
CL- "	1105.00	1065.00	1083.00	1068.00	1155.00	1105.00	1115.00	1135.00	1150.00
F- "	2.48	2.72						3.01	3.10
SIO2 "	50.50	49.90	45.80	50.50	50.40	49.80	48.90	50.00	48.70
TSD (MG/L)	4370	4518	4422	4468	4387	4357	4473	4561	4531
CATIONS (MEQ/L)	69.18	71.50	68.83	71.60	70.96	68.68	69.97	70.59	70.52
ANIONS (MEQ/L)	65.72	67.53	66.95	66.53	65.76	65.88	67.84	69.57	69.08
COND K20 (uS/CM)	5407	5226	5214	5203	5213	5070	5120	5174	5242
PH	6.40	6.55	6.35	6.35	6.30	6.55	6.30	6.40	6.45
TEMP EAU (oC)	47.1	47.0	47.4	46.9	46.9	46.9	46.8	46.9	46.8
TEMP AIR (oC)				12	14	5	20	25	18
DEBIT (L/MIN)					43.0				
TRITIUM (UT)		12				6			
DEUTERIUM (o/oo)		-70.5				-71.1			
OXYGENE-18 (o/oo)		-9.03				-9.15			

BADEN : SOURCE SCHWANEN

No ECH	105	208	309	432	503	625	726	826	942
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1010.77	911.77	703.78	2504.78	1206.78	1907.78
LI+ (MG/L)	4.72	4.80	4.76	4.71	4.93	4.75	4.60	4.77	4.72
NA+ "	796.00	777.00	766.00	787.00	771.00	745.00	712.00	743.00	756.00
K+ "	69.50	63.50	61.50	67.20	68.50	63.10	65.60	67.00	68.80
MG++ "	114.00	110.00	105.00	116.00	111.00	117.00	113.00	112.00	113.00
CA++ "	483.00	527.00	562.00	585.00	588.00	548.00	608.00	600.00	600.00
SR++ "	7.37	7.00	6.52	7.13	7.09	6.65	6.64	7.33	7.38
MN++ "	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.04
FE++ "	0.13	0.09	0.06	0.10	0.10	0.05	0.06	0.14	0.10
HCO3- "	494	488	493	500	504	489	490	498	498
SO4-- "	1400.0	1400.0	1500.0	1450.0	1400.0	1375.0	1550.0	1450.0	1550.0
CL- "	1068.00	1050.00	1055.00	1083.00	1155.00	1110.00	1090.00	1155.00	1125.00
F- "	2.46	2.92						2.92	2.91
SIO2 "	49.30	49.90	45.80	51.30	52.50	50.50	49.50	53.20	49.50
TSD (MG/L)	4488	4480	4600	4651	4662	4509	4689	4693	4775
CATIONS (MEQ/L)	70.73	71.62	72.41	75.53	74.63	71.82	73.10	74.04	74.73
ANIONS (MEQ/L)	67.50	66.92	69.07	68.93	69.99	67.95	71.05	71.09	72.32
COND K20 (uS/CM)	5444	5355	5368	5418	5475	5210	5222	5345	5335
PH	6.45	6.55	6.45	6.45	6.60	6.65	6.45	6.50	6.60
TEMP EAU (oC)	46.4	46.4	46.7	46.3	46.5	46.4	46.2	46.2	46.3
TEMP AIR (oC)				12	14	5	20	25	18
DEBIT (L/MIN)					43.8				
TRITIUM (UT)		5				3			
DEUTERIUM (o/oo)		-70.8				-71.0			
OXYGENE-18 (o/oo)		-8.86				-9.20			

BADEN : ALLGEMEI. ST VERENA WAELDERHUT KL.HEI.ST. GR.HEI.ST. STA.KESSEL LIMMAT HINTERHOF

No ECH	502	504	505	506	507	508	509	510
DATE	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77
LI+ (MG/L)	4.96	4.87	4.87	4.84	4.77	4.93	5.12	5.12
NA+ "	797.00	758.00	698.00	705.00	797.00	790.00	804.00	790.00
K+ "	68.00	72.20	70.30	71.30	71.70	69.90	69.40	72.70
MG++ "	112.00	107.00	106.00	113.00	112.00	112.00	114.00	107.00
CA++ "	580.00	549.00	534.00	580.00	557.00	549.00	557.00	549.00
SR++ "	7.66	8.06	7.11	6.91	6.91	6.91	6.96	6.96
MN++ "	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
FE++ "	0.06	0.06	0.06	0.14	0.10	0.10	0.05	0.05
HCO3- "	510	506	508	511	506	505	505	512
SO4-- "	1450.0	1300.0	1250.0	1400.0	1350.0	1350.0	1450.0	1450.0
CL- "	1195.00	1175.00	1170.00	1170.00	1195.00	1165.00	1175.00	1215.00
F- "								
SIO2 "	54.60	52.50	54.60	54.60	54.60	53.50	53.50	54.60
TSD (MG/L)	4779	4533	4403	4617	4655	4606	4740	4762
CATIONS (MEQ/L)	75.45	71.90	68.39	71.59	74.36	73.63	74.82	73.32
ANIONS (MEQ/L)	72.26	68.50	67.35	70.53	70.11	69.25	71.61	72.85
COND K20 (uS/CM)	5546	5360	5360	5538	5521	5533	5536	5522
PH	6.35	6.40	6.35	6.25	6.25	6.90	6.55	6.35
TEMP EAU (oC)	46.7	46.7	48.0	47.3	47.3	46.6	47.2	47.1
TEMP AIR (oC)	14	14	14	14	14	14	14	14
DEBIT (L/MIN)	93.9	37.7	52.1	39.2	124.0	27.0	141.0	49.7
TRITIUM (UT)								
DEUTERIUM (o/oo)								
OXYGENE-18 (o/oo)								

BADEN : BAER.WID. BAER.CARO. BAER.KESS. OCHS.KESS. OCHS.PARA. OCHS.STRA. OCHS.NEUE

No ECH	511	512	513	514	515	516	517
DATE	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77	911.77
LI+ (MG/L)	5.03	4.80	4.84	4.80	4.74	4.74	4.71
NA+ "	745.00	744.00	781.00	752.00	722.00	730.00	778.00
K+ "	69.40	66.20	69.00	68.00	68.50	69.00	66.20
MG++ "	106.00	101.00	101.00	101.00	105.00	105.00	105.00
CA++ "	541.00	534.00	541.00	557.00	565.00	557.00	526.00
SR++ "	6.76	6.66	6.96	7.41	6.56	6.25	6.20
MN++ "	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02
FE++ "	0.00	0.00	0.06	0.29	0.06	0.05	0.05
HCO3- "	506	500	505	504	504	501	499
SO4-- "	1300.0	1300.0	1250.0	1250.0	1300.0	1250.0	1200.0
CL- "	1165.00	1115.00	1115.00	1090.00	1075.00	1140.00	1145.00
F- "							
SIO2 "	54.60	61.90	61.90	63.20	64.50	64.50	63.20
TSD (MG/L)	4499	4434	4436	4398	4415	4428	4393
CATIONS (MEQ/L)	70.77	69.85	71.90	71.42	70.82	70.78	71.24
ANIONS (MEQ/L)	68.22	66.71	65.75	65.03	65.65	66.39	65.46
COND K20 (uS/CM)	5375	5208	5225	5271	5242	5250	5239
PH	6.45	6.35	6.40	6.35	6.25	6.40	6.30
TEMP EAU (oC)	44.2	45.3	45.6	44.9	45.5	45.7	45.4
TEMP AIR (oC)	14	14	14	14	14	14	14
DEBIT (L/MIN)	21.4	5.7	6.7	1.7	26.2	23.8	3.1
TRITIUM (UT)							
DEUTERIUM (o/oo)							
OXYGENE-18 (o/oo)							

ZURZACH : FORAGE No 1

No ECH	111	209	310	433	534	622	722	828	940
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1110.77	612.77	703.78	2504.78	1306.78	1907.78
LI+ (MG/L)	1.13	1.20	1.18	1.19	1.15	1.15	1.14	1.14	1.13
NA+ "	296.00	282.00	292.00	292.00	287.00	297.00	297.00	294.00	298.00
K+ "	6.80	7.43	8.22	7.49	7.77	7.41	7.45	7.71	7.81
MG++ "	0.32	0.71	0.36	0.35	0.25	0.29	0.28	0.29	0.28
CA++ "	12.90	13.70	15.50	15.40	14.90	13.40	15.00	15.50	14.90
SR++ "	0.45	0.59	0.50	0.59	0.66	0.66	0.73	0.65	0.70
MN++ "	0.02	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
FE++ "	0.07	0.06	0.00	0.02	0.05	0.05	0.00	0.05	0.00
HCO3- "	260	254	256	256	254	255	225	261	256
SO4-- "	220.0	220.0	220.0	230.0	240.0	240.0	245.0	240.0	240.0
CL- "	135.00	135.00	134.00	134.00	133.00	131.00	133.00	133.00	134.00
F- "	9.65	10.30						10.60	11.00
SIO2 "	27.20	25.30	24.30	26.50	26.60	25.90	27.20	28.50	26.40
TSD (MG/L)	970	950	952	964	965	972	952	993	990
CATIONS (MEQ/L)	13.90	13.39	13.90	13.88	13.63	13.98	14.06	13.97	14.11
ANIONS (MEQ/L)	13.16	13.09	12.56	12.76	12.91	12.87	12.54	13.58	13.55
COND K20 (uS/CM)	1274	1360	1276	1281	1271	1265	1268	1279	1282
PH	7.95	8.00	7.80	7.95	8.05	7.85	7.95	8.15	8.05
TEMP EAU (oC)	38.4	38.2	40.4	39.4	38.2	37.6	38.1	37.9	38.1
TEMP AIR (oC)				13	-1	4	16	13	20
DEBIT (L/MIN)									
TRITIUM (UT)		2				0			
DEUTERIUM (o/oo)		-75.0				-75.4			
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.18				-10.26			

ZURZACH : FORAGE No 2

No ECH	110	210	311	434	535	623	723	829	941
DATE	1105.77	1606.77	308.77	1110.77	612.77	703.78	2504.78	1306.78	1907.78
LI+ (MG/L)	1.19	1.14	1.18	1.17	1.16	1.16	1.16	1.14	1.13
NA+ "	303.00	297.00	288.00	307.00	297.00	309.00	293.00	305.00	298.00
K+ "	7.59	7.32	7.68	7.60	8.86	7.85	7.79	8.19	7.97
MG++ "	0.33	0.29	0.26	0.33	0.25	0.29	0.28	0.31	0.30
CA++ "	12.60	13.70	15.00	16.40	16.50	14.30	16.50	15.80	15.20
SR++ "	0.45	0.59	0.50	0.64	0.70	0.66	0.78	0.71	0.75
MN++ "	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05
FE++ "	0.10	0.14	0.00	0.07	0.00	0.05	0.12	0.00	0.00
HCO3- "	260	251	266	262	265	265	265	270	266
SO4-- "	230.0	220.0	220.0	230.0	240.0	240.0	255.0	250.0	245.0
CL- "	130.00	132.00	132.00	131.00	133.00	128.00	129.00	134.00	128.00
F- "	8.87	9.71						10.50	10.90
SIO2 "	22.00	30.00	24.30	26.50	25.50	25.90	27.20	26.80	25.60
TSD (MG/L)	976	963	955	983	988	992	996	1023	999
CATIONS (MEQ/L)	14.22	14.00	13.68	14.58	14.17	14.56	13.98	14.47	14.13
ANIONS (MEQ/L)	13.18	12.93	12.66	12.78	13.09	12.95	13.29	13.96	13.64
COND K20 (uS/CM)	1286	1296	1291	1275	1281	1275	1277	1287	1286
PH	7.90	8.00	7.75	8.00	8.00	8.05	8.00	8.15	8.10
TEMP EAU (oC)	39.8	39.7	41.9	40.9	39.9	39.7	39.8	39.7	39.8
TEMP AIR (oC)				13	-1	4	16	13	20
DEBIT (L/MIN)									
TRITIUM (UT)		0			0				
DEUTERIUM (o/oo)		-75.1			-74.9				
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.23			-10.26				

SAINT-GERVAIS : SOURCE GONTARD No 1

No ECH	131	236	336	401	538	601	701	804	909
DATE	1705.77	2306.77	1108.77	410.77	712.77	2802.78	1804.78	3105.78	1307.78
LI+ (MG/L)	9.58	10.90	10.40	11.20	11.00	10.90	11.00	10.80	10.50
NA+ "	1215.00	1258.00	1172.00	1344.00	1272.00	1408.00	1283.00	1294.00	1297.00
K+ "	38.40	41.60	37.40	41.10	39.40	39.20	39.30	39.40	39.10
MG++ "	28.30	28.30	27.40	28.40	27.60	27.30	29.90	28.60	28.30
CA++ "	268.00	281.00	274.00	264.00	283.00	307.00	318.00	302.00	289.00
SR++ "	10.20	10.90	9.24	10.70	9.86	11.80	11.20	11.20	10.00
MN++ "	0.36	0.37	0.35	0.35	0.35	0.31	0.36	0.35	0.38
FE++ "	0.11	0.07	0.05	0.07	0.10	0.05	0.09	0.12	0.11
HCO3- "	293	264	264	262	262	264	267	267	267
SO4-- "	1800.0	1800.0	1800.0	1800.0	1900.0	2100.0	2100.0	2200.0	1950.0
CL- "	960.00	952.00	950.00	945.00	960.00	968.00	990.00	965.00	953.00
F- "	3.34	4.03						3.82	4.03
SIO2 "	47.90	48.60	54.20	49.20	51.10	51.70	50.90	49.90	50.10
TSD (MG/L)	4674	4700	4599	4756	4816	5188	5101	5172	4899
CATIONS (MEQ/L)	71.16	73.97	69.59	76.89	74.55	81.66	77.00	76.54	75.92
ANIONS (MEQ/L)	69.53	68.87	68.60	68.43	70.93	75.36	76.02	77.60	72.07
COND K20 (uS/CM)	5867	5774	5813	5905	5902	5887	5925	5875	5768
PH	7.05	7.15	7.00	7.20	7.15	7.15	7.35	7.15	7.05
TEMP EAU (oC)	39.8	39.6	40.6	41.4	40.6	41.4	41.2	41.0	40.5
TEMP AIR (oC)				17	2	8	11	22	24
DEBIT (L/MIN)					28.0	27.0			
TRITIUM (UT)		5				0			
DEUTERIUM (o/oo)		-95.5				-95.7			
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.18				-13.49			

SAINT-GERVAIS : SOURCE GONTARD No 2

No ECH	132	235	337	402	539	602	702	805	907
DATE	1705.77	2306.77	1108.77	410.77	712.77	2802.78	1804.78	3105.78	1307.78
LI+ (MG/L)	9.81	11.10	10.40	11.00	10.90	10.90	11.00	11.20	10.50
NA+ "	1320.00	1277.00	1283.00	1326.00	1272.00	1278.00	1279.00	1308.00	1279.00
K+ "	39.90	44.70	37.80	43.90	40.90	40.90	39.30	42.00	39.10
MG++ "	28.80	28.70	27.90	29.00	29.00	27.20	30.50	29.60	28.00
CA++ "	272.00	294.00	279.00	225.00	291.00	311.00	310.00	310.00	283.00
SR++ "	10.60	10.50	9.59	10.70	9.37	10.30	11.60	11.40	10.30
MN++ "	0.34	0.36	0.33	0.37	0.34	0.33	0.37	0.33	0.38
FE++ "	0.07	0.04	0.05	0.07	0.05	0.05	0.12	0.12	0.06
HCO3- "	288	262	265	264	265	264	267	264	270
SO4-- "	1900.0	1900.0	2100.0	2050.0	1900.0	2000.0	2000.0	1950.0	2100.0
CL- "	973.00	950.00	965.00	950.00	963.00	975.00	988.00	965.00	963.00
F- "	3.42	3.88						3.91	4.10
SIO2 "	50.70	48.60	53.20	47.70	51.10	50.30	50.90	49.20	43.00
TSD (MG/L)	4897	4831	5031	4958	4833	4968	4988	4945	5030
CATIONS (MEQ/L)	76.05	75.57	74.72	74.26	75.08	76.21	76.48	77.76	74.82
ANIONS (MEQ/L)	71.91	70.85	75.29	73.81	71.07	73.47	73.89	72.35	75.53
COND K20 (uS/CM)	5899	5734	5836	5882	5872	5861	5942	5898	5868
PH	6.95	7.05	6.90	7.10	7.20	7.15	7.15	7.00	6.80
TEMP EAU (oC)	30.6	32.8	33.4	34.4	36.3	33.1	34.0	34.9	34.3
TEMP AIR (oC)				17	2	8	11	22	24
DEBIT (L/MIN)	8.0	11.5	10.5	10.5	10.0	11.5	10.9	12.0	12.0
TRITIUM (UT)		5				0			
DEUTERIUM (o/oo)		-96.2				-95.7			
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.20				-13.40			

SAINT-GERVAIS : SOURCE LA PISCINE : SOURCE MAGNESIENNE

No ECH	540	603	703	806	910	704	807	911
DATE	712.77	2802.78	1804.78	3105.78	1307.78	1804.78	3105.78	1307.78
LI+ (MG/L)	9.28	8.98	9.06	8.65	8.00	0.04	0.04	0.04
NA+ "	1092.00	1086.00	1115.00	1096.00	984.00	4.98	5.01	4.90
K+ "	34.30	34.40	33.30	33.50	31.50	1.51	1.55	1.46
MG++ "	30.00	29.40	32.70	31.50	30.50	75.20	73.30	74.00
CA++ "	268.00	292.00	303.00	279.00	264.00	584.00	589.00	595.00
SR++ "	8.88	8.68	9.33	9.82	9.30	7.81	9.47	8.95
MN++ "	0.32	0.28	0.33	0.28	0.28	0.02	0.02	0.02
FE++ "	0.05	0.05	0.09	0.12	0.06	0.15	0.12	0.06
HCO3- "	259	255	261	253	253	298	299	297
SO4-- "	1800.0	1800.0	1800.0	1650.0	1600.0	1600.0	1550.0	1400.0
CL- "	828.00	783.00	828.00	740.00	725.00	5.50	5.50	6.50
F- "				3.03	3.15		0.23	0.21
SIO2 "	44.70	41.20	42.80	39.70	39.20	7.09	7.69	6.47
TSD (MG/L)	4375	4339	4435	4075	3948	2584	2541	2395
CATIONS (MEQ/L)	65.77	66.61	68.69	63.48	60.67	35.77	35.90	36.24
ANIONS (MEQ/L)	65.08	63.74	65.11	59.53	58.08	38.35	37.34	34.21
COND K20 (uS/CM)	5243	4967	5210	4824	4688	2263	2270	2261
PH	7.25	7.15	7.20	7.05	6.95	7.45	7.10	6.90
TEMP EAU (oC)	32.7	33.6	35.0	33.4	33.3	10.6	10.6	10.6
TEMP AIR (oC)	2	8	11	22	24	11	22	24
DEBIT (L/MIN)	100.0	300.0	150.0	150.0	100.0	15.0	15.0	20.0
TRITIUM (UT)		14						
DEUTERIUM (o/oo)		-94.2						
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.10						

LAVEY : FORAGE 200 M.

No ECH	127	231	332	404	605	706	809	912
DATE	1605.77	2306.77	1108.77	410.77	103.78	1904.78	606.78	1407.78
LI+ (MG/L)	3.00	3.43	3.29	3.27	3.38	3.23	3.25	3.29
NA+ "	345.00	344.00	346.00	362.00	369.00	356.00	358.00	352.00
K+ "	11.50	10.80	11.90	11.70	11.40	11.10	11.80	11.50
MG++ "	2.58	2.74	2.19	2.12	2.36	2.86	2.50	2.51
CA++ "	47.10	49.20	50.70	43.10	54.50	50.90	51.40	50.70
SR++ "	1.84	2.11	2.04	2.19	2.04	2.19	2.29	2.11
MN++ "	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
FE++ "	0.05	0.04	0.00	0.00	0.05	0.06	0.05	0.00
HCO3- "	194	85	101	87	87	94	92	89
SO4-- "	460.0	450.0	450.0	450.0	500.0	500.0	525.0	538.0
CL- "	209.00	210.00	214.00	217.00	225.00	211.00	211.00	214.00
F- "	5.28	6.43					6.68	6.97
SIO2 "	71.10	70.50	77.40	68.50	71.50	69.80	68.80	70.40
TSD (MG/L)	1350	1235	1259	1247	1326	1301	1332	1341
CATIONS (MEQ/L)	18.34	18.46	18.59	18.89	19.79	19.06	19.17	18.87
ANIONS (MEQ/L)	18.93	17.03	17.06	16.91	18.18	17.90	18.73	19.07
COND K20 (uS/CM)	1689	1708	1725	1739	1766	1713	1708	1715
PH	7.65	7.90	7.75	7.55	7.65	7.75	7.65	7.80
TEMP EAU (oC)	61.4	62.2	61.5	61.4	61.4	56.5	61.8	61.8
TEMP AIR (oC)				17	8	11	26	23
DEBIT (L/MIN)				268.0				
TRITIUM (UT)		6			10			
DEUTERIUM (o/oo)		-95.9			-96.4			
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.04			-13.32			

LAVEY : FORAGE 28 M.

No ECH	606	707	810	913
DATE	103.78	1904.78	606.78	1407.78
LI+ (MG/L)	0.14	0.13	0.11	0.09
NA+ "	13.50	12.30	10.30	8.58
K+ "	2.06	2.05	1.97	1.84
MG++ "	11.20	11.40	10.90	10.50
CA++ "	48.90	41.40	44.60	42.80
SR++ "	0.50	0.57	0.60	0.53
MN++ "	0.00	0.02	0.00	0.04
FE++ "	0.08	0.12	0.09	0.00
HCO3- "	171	157	153	150
SO4-- "	60.0	40.0	43.0	33.0
CL- "	7.00	7.00	5.50	5.00
F- "			0.99	0.96
SIO2 "	14.40	14.50	13.50	13.50
TSD (MG/L)	329	287	285	267
CATIONS (MEQ/L)	4.04	3.63	3.65	3.45
ANIONS (MEQ/L)	4.25	3.60	3.61	3.34
COND K20 (uS/CM)	340	316	296	291
PH	7.95	7.90	7.80	7.65
TEMP EAU (oC)	22.2	22.0	21.9	21.7
TEMP AIR (oC)	8	11	26	23
DEBIT (L/MIN)				
TRITIUM (UT)	128			
DEUTERIUM (o/oo)	-87.9			
OXYGENE-18 (o/oo)	-12.33			

LEUKERBAD : SOURCE SAN LORENZ

No ECH	122	225	325	408	522	611	719	915
DATE	1605.77	2306.77	1008.77	510.77	112.77	203.78	2004.78	1507.78
LI+ (MG/L)	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
NA+ "	20.10	21.40	19.60	22.40	21.90	20.70	21.50	22.50
K+ "	2.42	1.90	1.93	2.05	2.13	2.03	1.97	2.11
MG++ "	64.70	61.20	61.00	65.30	61.00	60.80	67.00	61.20
CA++ "	392.00	366.00	465.00	378.00	427.00	449.00	498.00	465.00
SR++ "	7.57	7.27	7.20	7.60	7.63	7.80	7.19	7.43
MN++ "	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.06
FE++ "	0.73	0.76	1.61	0.90	0.68	0.69	0.66	0.74
HCO3- "	109	105	111	107	104	103	107	106
SO4-- "	1200.0	1100.0	1150.0	1100.0	1150.0	1250.0	1300.0	1225.0
CL- "	10.00	9.50	8.50	9.00	9.50	10.00	9.50	10.50
F- "	2.29	2.46						2.70
SIO2 "	31.10	30.80	28.80	28.30	31.00	31.30	31.50	30.40
TSD (MG/L)	1840	1706	1855	1721	1815	1936	2045	1934
CATIONS (MEQ/L)	26.04	24.49	29.37	25.49	27.55	28.58	31.56	29.49
ANIONS (MEQ/L)	27.17	25.02	26.00	24.91	25.92	28.00	29.09	27.68
COND K20 (uS/CM)	1882	1857	1880	1879	2047	1879	1879	1875
PH	6.95	7.25	7.25	6.95	7.35	7.05	7.10	7.10
TEMP EAU (oC)	50.7	50.6	50.7	50.7	49.8	50.7	51.0	50.8
TEMP AIR (oC)				14	-6	5	14	23
DEBIT (L/MIN)	945.0	890.0	960.0	1010.0	935.0	860.0	920.0	950.0
TRITIUM (UT)		11				12		
DEUTERIUM (o/oo)		-104.5				-104.1		
OXYGENE-18 (o/oo)		-14.41				-14.51		

LEUKERBAD : SOURCE ROSS

No ECH	123	226	326	409	525	613	721	925
DATE	1605.77	2306.77	1008.77	510.77	112.77	203.78	2004.78	1507.78
LI+ (MG/L)	0.13	0.15	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13
NA+ "	18.80	20.80	18.40	20.40	20.70	20.00	20.80	21.30
K+ "	2.10	1.67	1.90	1.91	2.17	2.58	1.90	2.17
MG++ "	61.20	58.80	58.80	64.50	60.60	59.70	62.60	58.90
CA++ "	389.00	403.00	456.00	415.00	414.00	435.00	464.00	437.00
SR++ "	6.80	7.27	6.96	7.33	7.38	7.38	7.65	7.02
MN++ "	0.06	0.05	0.07	0.12	0.07	0.06	0.06	0.07
FE++ "	4.18	4.84	1.90	3.50	1.82	1.19	1.35	1.55
HCO3- "	109	106	112	110	105	101	110	106
SO4-- "	1100.0	1150.0	1200.0	1125.0	1150.0	1150.0	1200.0	1150.0
CL- "	9.00	9.00	9.00	8.50	7.50	9.50	10.00	9.00
F- "	2.24	2.30						2.62
SIO2 "	31.60	31.50	26.40	30.60	44.10	28.50	30.80	29.60
TSD (MG/L)	1734	1795	1892	1787	1813	1815	1909	1825
CATIONS (MEQ/L)	25.64	26.26	28.69	27.27	26.85	27.79	29.50	27.87
ANIONS (MEQ/L)	25.06	26.06	27.07	25.47	25.88	25.87	27.07	26.07
COND K20 (uS/CM)	1816	1829	1807	1810	1920	1802	1807	1808
PH	6.95	7.40	7.15	6.95	7.45	7.10	7.30	7.05
TEMP EAU (oC)	44.1	44.0	44.7	44.8	43.7	44.2	44.3	44.2
TEMP AIR (oC)				14	-6	5	14	23
DEBIT (L/MIN)								60.0
TRITIUM (UT)		15				14		
DEUTERIUM (o/oo)		-104.2				-103.5		
OXYGENE-18 (o/oo)		-14.37				-14.56		

LEUKERBAD : SOURCE DALABETT

No ECH	124	227	327	410	523	612	720	921
DATE	1605.77	2306.77	1008.77	510.77	112.77	203.78	2004.78	1507.78
LI+ (MG/L)	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14
NA+ "	20.30	21.00	19.50	21.80	23.10	20.20	21.80	21.00
K+ "	2.26	1.78	1.97	2.16	2.20	2.27	1.97	2.01
MG++ "	62.90	60.80	61.40	66.50	61.00	58.50	59.60	59.30
CA++ "	418.00	477.00	474.00	422.00	437.00	438.00	445.00	451.00
SR++ "	7.00	7.60	7.35	7.74	7.33	8.08	7.65	6.71
MN++ "	0.02	0.04	0.19	0.06	0.07	0.04	0.05	0.06
FE++ "	0.56	0.72	2.10	3.17	0.72	0.67	1.50	0.64
HCO3- "	120	112	110	110	105	110	111	115
SO4-- "	1200.0	1250.0	1275.0	1300.0	1200.0	1150.0	1225.0	1200.0
CL- "	10.00	10.00	9.00	8.50	9.00	9.00	10.50	9.00
F- "	2.26	2.85						2.54
SIO2 "	31.60	31.50	31.90	31.50	46.20	29.90	31.50	30.40
TSD (MG/L)	1875	1975	1993	1974	1892	1827	1916	1898
CATIONS (MEQ/L)	27.17	29.99	29.87	27.84	28.10	27.84	28.36	28.54
ANIONS (MEQ/L)	27.35	28.29	28.60	29.11	26.96	26.00	27.62	27.26
COND K20 (uS/CM)	1886	1893	1894	1907	1882	1845	1843	1818
PH	7.05	7.45	7.15	6.95	7.50	7.20	7.30	7.15
TEMP EAU (oC)	44.0	44.0	45.3	45.3	43.7	42.8	43.3	43.0
TEMP AIR (oC)				14	-6	5	14	23
DEBIT (L/MIN)								60.0
TRITIUM (UT)		16				14		
DEUTERIUM (o/oo)		-103.9				-104.1		
OXYGENE-18 (o/oo)		-14.44				-14.58		

LEUKERBAD :FISCHW. N. FISCHW. E. FUSSBAD G.HINT.LI. G.HINT.R. HEILBAD 1 HEILBAD 2 HEILBAD 3 HERR.DUSC. LEISCHIER

No ECH	916	917	918	919	920	922	923	924	926	927
DATE	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78	1507.78
LI+ (MG/L)	0.15	0.15	0.15	0.14	0.01	0.15	0.11	0.14	0.14	0.13
NA+ "	23.40	23.40	23.60	22.30	1.84	22.20	17.80	21.50	21.80	19.90
K+ "	2.14	2.24	2.08	2.08	0.20	2.14	1.68	1.98	2.11	1.85
MG++ "	61.60	62.70	62.70	61.20	7.26	63.10	56.20	62.30	60.40	57.00
CA++ "	461.00	465.00	469.00	458.00	60.40	465.00	391.00	465.00	440.00	430.00
SR++ "	7.65	7.65	7.66	6.77	0.64	7.04	6.00	7.16	7.19	7.07
MN++ "	0.06	0.06	0.07	0.06	0.02	0.10	0.06	0.06	0.07	0.05
FE++ "	0.83	0.83	1.64	0.74	1.45	7.80	0.46	0.92	1.19	0.83
HCO3- "	104	105	105	107	93	104	120	104	106	101
SO4-- "	1250.0	1200.0	1250.0	1175.0	95.0	1250.0	1075.0	1200.0	1225.0	1150.0
CL- "	10.00	10.00	10.00	10.50	3.50	10.50	9.00	10.00	9.00	9.00
F- "	2.79	2.74	2.77	2.74	0.32	2.72	2.15	2.64	2.66	2.58
SIO2 "	30.40	31.20	28.80	31.20	4.44	34.40	25.50	31.20	29.60	29.60
TSD (MG/L)	1954	1911	1963	1878	268	1969	1705	1907	1905	1809
CATIONS (MEQ/L)	29.37	29.66	29.90	29.11	3.76	29.88	25.12	29.53	28.15	27.27
ANIONS (MEQ/L)	28.16	27.13	28.17	26.66	3.61	28.17	24.72	27.11	27.64	25.99
COND K20 (uS/CM)	1930	1929	1925	1910	360	1923	1648	1883	1846	1801
PH	7.10	7.05	7.05	7.05	7.80	7.05	7.35	7.70	7.10	7.15
TEMP EAU (oC)	45.7	45.8	39.0	40.0	8.6	48.2	33.3	42.9	44.3	42.8
TEMP AIR (oC)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
DEBIT (L/MIN)	80.0	24.0	8.0	30.0	1.0	30.0	1.0	60.0	60.0	60.0
TRITIUM (UT)										
DEUTERIUM (o/oo)										
OXYGENE-18 (o/oo)										

WEISSENBURG : MINERALWASSER : FREMDES WASSER

No ECH	102	238	302	834	947	103	239	835	948
DATE	1005.77	2806.77	208.77	1306.78	2007.78	1005.77	2806.77	1306.78	2007.78
LI+ (MG/L)	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02
NA+ "	13.20	13.90	12.20	16.80	16.90	12.80	13.00	6.24	6.99
K+ "	3.43	3.79	4.05	4.10	4.14	4.20	4.02	1.80	2.21
MG++ "	71.00	73.40	67.80	76.80	75.80	70.60	74.30	33.00	37.10
CA++ "	299.00	327.00	313.00	341.00	342.00	264.00	333.00	167.00	197.00
SR++ "	7.92	8.62	7.79	9.99	8.80	7.85	8.79	4.49	4.49
MN++ "	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
FE++ "	0.15	0.16	0.35	0.14	0.19	0.18	0.14	0.05	0.10
HCO3- "	156	151	153	150	143	156	151	146	155
SO4-- "	875.0	1000.0	875.0	1025.0	1050.0	750.0	950.0	425.0	488.0
CL- "	4.50	5.50	5.00	10.00	8.00	5.00	5.50	5.00	5.00
F- "	0.51	0.59		0.55	0.66	0.45	0.60	0.26	0.38
SIO2 "	14.50	15.80	18.40	22.90	21.60	15.70	16.60	10.90	11.20
TSD (MG/L)	1445	1600	1457	1657	1671	1287	1557	800	908
CATIONS (MEQ/L)	21.61	23.27	22.02	24.41	24.36	19.84	23.61	11.47	13.35
ANIONS (MEQ/L)	20.93	23.48	20.87	24.11	24.47	18.34	22.44	11.40	12.86
COND K20 (uS/CM)	1464	1548	1461	1601	1630	1448	1554	843	938
PH	7.20	7.55	7.40	7.35	7.25	7.30	7.55	7.55	7.65
TEMP EAU (oC)	24.0	25.1	18.5	25.9	26.7	20.5	22.2	14.6	16.3
TEMP AIR (oC)				12	13			12	13
DEBIT (L/MIN)									
TRITIUM (UT)		19		11			13	71	
DEUTERIUM (o/oo)		-82.1		-83.2			-82.1	-87.0	
OXYGENE-18 (o/oo)		-11.61		-11.95			-11.61	-12.45	

BAD-RAGAZ : SOURCE DES BAINS

No ECH	112	211	312	429	533	621	825	939
DATE	1205.77	1706.77	408.77	1010.77	512.77	603.78	1206.78	1807.78
LI+ (MG/L)	0.25	0.26	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.25
NA+ "	27.30	27.40	23.50	28.80	29.50	29.70	30.90	32.20
K+ "	2.58	2.63	2.57	2.54	2.48	2.63	2.63	2.46
MG++ "	16.70	16.00	14.80	16.70	15.60	15.70	16.70	16.10
CA++ "	53.40	53.90	54.10	56.80	59.80	55.20	60.40	57.70
SR++ "	0.38	0.67	0.40	0.59	0.70	0.81	0.71	0.81
MN++ "	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
FE++ "	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
HCO3- "	256	229	220	233	232	229	232	229
SO4-- "	22.0	22.0	22.0	22.0	24.0	23.0	22.0	25.0
CL- "	38.00	37.00	34.00	35.00	36.50	35.50	37.00	39.00
F- "	1.29	1.17					1.25	1.25
SIO2 "	16.70	15.40	15.80	16.10	15.90	15.10	15.70	16.80
TSD (MG/L)	435	405	387	412	417	407	420	421
CATIONS (MEQ/L)	5.34	5.32	5.05	5.58	5.67	5.46	5.86	5.72
ANIONS (MEQ/L)	5.79	5.32	5.02	5.26	5.33	5.23	5.37	5.44
COND K20 (uS/CM)	468	481	442	456	465	457	468	462
PH	7.35	7.95	8.20	7.65	7.80	7.60	7.55	7.55
TEMP EAU (oC)	36.5	35.3	35.0	37.2	36.6	36.6	35.3	35.5
TEMP AIR (oC)				11	-2	3	19	17
DEBIT (L/MIN)	2300	4000	2750	2750	1600	1200	4400	6000
TRITIUM (UT)		42				37		
DEUTERIUM (o/oo)		-94.7				-95.1		
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.38				-13.26		

PRE-SAINT-DIDIER : SOURCE DES BAINS

No ECH	128	232	333	403	542	604	705	801	906
DATE	1705.77	2306.77	1108.77	410.77	712.77	2802.78	1804.78	3105.78	1307.78
LI+ (MG/L)	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10
NA+ "	71.00	75.10	70.70	71.00	71.40	73.90	68.70	71.00	75.00
K+ "	4.14	3.68	3.71	3.83	3.62	3.68	3.43	3.84	3.75
MG++ "	23.70	22.80	22.40	23.60	23.00	22.30	24.10	23.40	22.90
CA++ "	126.00	147.00	147.00	115.00	139.00	145.00	148.00	147.00	146.00
SR++ "	2.68	2.96	2.94	3.05	2.81	2.64	2.42	3.04	3.16
MN++ "	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.04	0.05	0.06	0.07
FE++ "	0.27	0.44	0.33	0.10	0.30	0.08	0.12	0.31	0.32
HCO3- "	422	414	420	412	415	411	405	412	415
SO4-- "	200.0	175.0	160.0	160.0	170.0	180.0	180.0	200.0	205.0
CL- "	48.00	49.00	48.00	48.00	46.50	49.30	45.00	43.50	47.50
F- "	0.46	0.50						0.50	0.49
SIO2 "	33.00	33.50	38.00	32.80	33.00	32.70	32.00	32.40	28.60
TSD (MG/L)	931	924	913	870	905	921	909	937	948
CATIONS (MEQ/L)	11.52	12.67	12.44	10.96	12.12	12.46	12.52	12.54	12.63
ANIONS (MEQ/L)	12.46	11.84	11.57	11.44	11.65	11.87	11.65	12.17	12.43
COND K20 (uS/CM)	978	992	982	969	974	968	952	973	974
PH	6.90	7.05	6.90	7.35	7.05	7.30	7.35	7.05	6.80
TEMP EAU (oC)	35.7	35.8	35.9	34.8	35.0	34.3	34.4	35.9	36.0
TEMP AIR (oC)					1	9	15	20	25
DEBIT (L/MIN)		130.0	120.0		60.0	100.0	75.0	100.0	92.0
TRITIUM (UT)		14				14			
DEUTERIUM (o/oo)		-105.2				-104.8			
OXYGENE-18 (o/oo)		-14.37				-14.53			

PRE-SAINT-DIDIER : SOURCE TIEDE

No ECH	129	233	334	541	802	905
DATE	1705.77	2306.77	1108.77	712.77	3105.78	1307.78
LI+ (MG/L)	0.02	0.07	0.08	0.07	0.04	0.07
NA+ "	16.50	48.80	45.30	57.20	27.80	53.80
K+ "	1.16	2.72	2.67	2.82	1.72	3.08
MG++ "	24.80	26.80	25.50	26.00	24.70	26.60
CA++ "	97.60	121.00	124.00	107.00	101.00	117.00
SR++ "	1.15	1.94	2.19	2.18	1.47	2.17
MN++ "	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02
FE++ "	0.05	0.04	0.05	0.00	0.05	0.00
HCO3- "	312	334	343	317	310	331
SO4-- "	75.0	160.0	150.0	160.0	110.0	170.0
CL- "	15.00	34.50	36.50	36.00	17.50	35.00
F- "	0.11	0.35			0.21	0.29
SIO2 "	16.60	22.50	26.90	25.50	14.20	20.00
TSD (MG/L)	560	753	756	734	609	759
CATIONS (MEQ/L)	7.69	10.49	10.39	10.10	8.37	10.51
ANIONS (MEQ/L)	7.10	9.80	9.77	9.54	7.88	9.97
COND K20 (uS/CM)	613	794	827	798	649	800
PH	7.70	7.95	7.75	7.95	7.75	7.60
TEMP EAU (oC)	22.3	22.4	22.4	23.7	22.2	22.3
TEMP AIR (oC)				1	20	25
DEBIT (L/MIN)				3.0	5.0	10.0
TRITIUM (UT)		34				
DEUTERIUM (o/oo)		-103.4				
OXYGENE-18 (o/oo)		-14.33				

SAXON : SOURCE DES ANCIENS BAINS

No ECH	126	230	328	519	607	708	811	904
DATE	1605.77	2206.77	1008.77	3011.77	103.78	1904.78	706.78	307.78
LI+ (MG/L)	0.12	0.13	0.14	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13
NA+ "	21.00	20.80	19.00	22.70	20.90	21.10	21.80	22.50
K+ "	2.26	2.19	2.31	2.21	2.18	2.20	2.31	2.23
MG++ "	42.70	44.70	44.10	44.20	44.20	46.20	41.70	42.80
CA++ "	112.00	115.00	120.00	115.00	116.00	119.00	123.00	124.00
SR++ "	1.56	1.76	1.79	1.75	1.71	1.86	1.94	1.88
MN++ "	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
FE++ "	0.27	0.08	0.10	0.22	0.21	0.15	0.09	0.06
HCO3- "	317	316	320	321	309	317	311	314
SO4-- "	190.0	190.0	200.0	220.0	220.0	220.0	230.0	220.0
CL- "	16.50	17.00	15.50	15.50	15.00	16.00	15.00	17.00
F- "	1.28	1.43					1.53	1.53
SIO2 "	15.20	14.10	12.40	18.20	13.00	13.30	15.70	11.40
TSD (MG/L)	720	723	735	761	742	757	764	758
CATIONS (MEQ/L)	10.13	10.44	10.56	10.48	10.45	10.78	10.64	10.81
ANIONS (MEQ/L)	9.68	9.69	9.85	10.28	10.07	10.23	10.39	10.29
COND K20 (uS/CM)	792	832	809	804	820	818	808	809
PH	7.15	7.45	7.15	7.40	7.30	7.30	7.25	6.95
TEMP EAU (oC)	24.1	23.5	23.0	22.3	22.0	22.9	24.9	24.6
TEMP AIR (oC)				2	9	18	25	26
DEBIT (L/MIN)								
TRITIUM (UT)		25			30			
DEUTERIUM (o/oo)		-97.8			-98.5			
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.50			-13.43			

SAXON FORAGES : 1 : 2 : 3

No ECH	901	902	903
DATE	307.78	307.78	307.78
LI+ (MG/L)	0.48	0.40	1.17
NA+ "	52.90	52.90	234.00
K+ "	6.51	7.68	13.60
MG++ "	50.20	44.70	84.00
CA++ "	156.00	78.00	598.00
SR++ "	2.92	2.17	9.42
MN++ "	0.42	0.29	0.10
FE++ "	1.80	14.80	7.47
HCO3- "	366	228	322
SO4-- "	290.0	250.0	1800.0
CL- "	40.00	34.00	125.00
F- "	2.42	1.50	2.03
SIO2 "	19.30	7.78	20.70
TSD (MG/L)	989	722	3217
CATIONS (MEQ/L)	14.60	10.71	47.93
ANIONS (MEQ/L)	13.29	9.98	46.39
COND K20 (uS/CM)	1095	821	3060
PH	7.15	7.35	6.95
TEMP EAU (oC)	24.8	17.4	26.0
TEMP AIR (oC)	26	26	26
DEBIT (L/MIN)			
TRITIUM (UT)	11	8	2
DEUTERIUM (o/oo)	-98.1	-98.8	-102.5
OXYGENE-18 (o/oo)	-13.52	-13.69	-13.84

LA COMBIOULA : SOURCE No 1 (rive droite)

No ECH	120	229	329	405	520	709	812	914
DATE	1505.77	2206.77	1008.77	510.77	3011.77	1904.78	706.78	1407.78
LI+ (MG/L)	0.67	0.70	0.60	0.65	0.69	0.71	0.67	0.62
NA+ "	514.00	480.00	402.00	430.00	410.00	491.00	452.00	430.00
K+ "	34.20	33.50	27.80	29.00	32.50	36.00	34.20	35.80
MG++ "	107.00	108.00	90.80	103.00	108.00	104.00	101.00	101.00
CA++ "	554.00	588.00	511.00	522.00	588.00	611.00	576.00	581.00
SR++ "	10.40	10.90	9.69	11.00	11.10	11.70	11.40	10.70
MN++ "	0.06	0.07	0.03	0.05	0.03	0.06	0.06	0.06
FE++ "	0.37	0.39	0.15	0.20	0.13	0.44	0.35	0.24
HCO3- "	256	240	242	239	242	245	239	238
SO4-- "	1800.0	2100.0	1700.0	1700.0	1800.0	2050.0	2000.0	1800.0
CL- "	525.00	510.00	420.00	450.00	480.00	533.00	490.00	475.00
F- "	1.78	1.57					1.64	1.75
SIO2 "	22.00	20.80	20.80	19.40	26.90	21.40	20.80	21.30
TSD (MG/L)	3825	4094	3425	3504	3699	4104	3927	3695
CATIONS (MEQ/L)	60.03	60.32	51.48	54.32	57.25	61.71	57.96	57.26
ANIONS (MEQ/L)	56.58	62.12	51.21	52.01	54.98	61.73	59.47	54.87
COND K20 (uS/CM)	4163	4010	3590	3918	4242	4216	3963	3899
PH	7.05	7.20	6.85	7.00	7.45	7.00	7.00	6.90
TEMP EAU (oC)	27.0	27.4	25.5	27.4	28.1	28.0	27.2	27.5
TEMP AIR (oC)				9	-3	15	16	28
DEBIT (L/MIN)	30.0	180.0	120.0	120.0	480.0	240.0		180.0
TRITIUM (UT)		88				69		
DEUTERIUM (o/oo)		-111.7				-112.2		
OXYGENE-18 (o/oo)		-15.24				-15.20		

LA COMBIOULA : SOURCE No 2 (rive droite)

No ECH	121	330	406	521	710
DATE	1505.77	1008.77	5010.77	3011.77	1904.78
LI+ (MG/L)	0.59	0.58	0.55	0.53	0.59
NA+ "	444.00	387.00	358.00	306.00	395.00
K+ "	31.60	26.40	26.20	27.10	30.60
MG++ "	100.00	101.00	103.00	103.00	106.00
CA++ "	570.00	580.00	516.00	552.00	646.00
SR++ "	11.00	10.30	11.40	10.90	11.60
MN++ "	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02
FE++ "	0.08	0.07	0.05	0.09	0.06
HCO3- "	251	240	242	239	249
SO4-- "	1750.0	1750.0	1700.0	1800.0	1900.0
CL- "	464.00	415.00	383.00	378.00	448.00
F- "	1.51				
SIO2 "	18.00	22.90	9.86	23.20	19.40
TSD (MG/L)	3642	3533	3350	3440	3806
CATIONS (MEQ/L)	57.13	55.08	50.80	50.35	59.27
ANIONS (MEQ/L)	53.72	52.08	50.16	52.06	56.28
COND K20 (uS/CM)	4016	3715	3659	3543	3920
PH	6.95	6.85	7.05	7.40	6.95
TEMP EAU (oC)	25.7	25.7	25.4	25.7	25.2
TEMP AIR (oC)			9	-3	15
DEBIT (L/MIN)	60.0	240.0	240.0	300.0	200.0
TRITIUM (UT)					69
DEUTERIUM (o/oo)					-111.6
OXYGENE-18 (o/oo)					-15.13

LA COMBIOULA, AUTRES SOURCES : RIVE DROITE : RIVE GAUCHE

No ECH	711	712	713	714	715	716	717	718
DATE	1904.78	1904.78	1904.78	1904.78	1904.78	1904.78	1904.78	1904.78
LI+ (MG/L)	0.55	0.51	0.14	0.25	0.17	0.47	0.13	0.07
NA+ "	360.00	329.00	96.50	162.00	118.00	324.00	80.90	34.20
K+ "	28.90	27.20	9.55	14.10	11.00	22.40	8.30	6.11
MG++ "	106.00	105.00	80.40	83.60	81.20	99.90	79.20	99.90
CA++ "	673.00	661.00	588.00	534.00	511.00	553.00	553.00	530.00
SR++ "	11.70	11.60	11.50	9.97	11.00	10.10	10.20	10.70
MN++ "	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02
FE++ "	0.06	0.06	0.20	0.09	0.21	0.48	0.42	0.94
HCO3- "	245	245	238	244	243	243	240	292
SO4-- "	1900.0	1850.0	1650.0	1450.0	1500.0	1700.0	1500.0	1400.0
CL- "	420.00	393.00	120.00	178.00	128.00	338.00	97.50	45.00
F- "								
SIO2 "	18.70	16.70	11.30	13.30	11.20	17.30	10.50	11.20
TSD (MG/L)	3764	3639	2806	2689	2615	3309	2580	2430
CATIONS (MEQ/L)	59.05	56.97	40.69	41.20	37.87	50.79	38.11	36.60
ANIONS (MEQ/L)	55.42	53.62	41.64	39.21	38.82	48.91	37.91	35.20
COND K20 (uS/CM)	3800	3264	2508	2582	2518	3875	2734	2267
PH	6.95	7.00	7.15	7.10	7.15	6.95	7.15	7.15
TEMP EAU (oC)	24.2	23.4	16.2	16.7	16.3	22.5	16.0	16.2
TEMP AIR (oC)	15	15	15	15	15	15	15	15
DEBIT (L/MIN)	20.0	20.0	60.0	20.0	40.0	30.0	20.0	20.0
TRITIUM (UT)								
DEUTERIUM (o/oo)								
OXYGENE-18 (o/oo)								

BRIGERBAD	SOURCE GAUCHE			SOURCE CENTRALE			SOURCE DROITE		
No ECH	224	411	608	223	412	609	222	413	610
DATE	2206.77	510.77	103.78	2206.77	510.77	103.78	2206.77	510.77	103.78
LI+ (MG/L)	1.05	1.50	1.14	0.92	1.50	1.08	1.14	1.41	1.21
NA+ "	178.00	244.00	185.00	149.00	254.00	182.00	178.00	247.00	179.00
K+ "	22.30	25.80	23.20	19.70	25.40	21.80	26.60	25.20	23.60
MG++ "	4.13	2.48	2.01	4.83	2.48	1.46	3.58	2.38	1.46
CA++ "	96.50	124.00	98.10	113.00	114.00	93.30	99.20	119.00	99.10
SR++ "	2.67	3.55	2.59	2.58	3.37	2.45	2.91	3.46	2.64
MN++ "	0.04	0.14	0.03	0.02	0.13	0.02	0.03	0.13	0.04
FE++ "	0.08	0.25	0.05	0.04	0.10	0.05	0.04	0.10	0.05
HCO3- "	100	90	83	107	92	84	100	89	84
SO4-- "	450.0	600.0	450.0	435.0	575.0	425.0	450.0	625.0	450.0
CL- "	80.50	106.00	79.50	66.00	108.00	75.50	83.00	108.00	80.00
F- "	2.18			1.74			2.04		
SIO2 "	55.40	73.20	58.80	47.70	70.90	56.70	56.90	70.90	60.90
TSD (MG/L)	993	1271	983	948	1246	944	1003	1292	982
CATIONS (MEQ/L)	13.68	17.98	13.93	13.21	17.89	13.46	13.90	17.81	13.69
ANIONS (MEQ/L)	13.39	16.96	12.97	12.76	16.52	12.36	13.46	17.52	13.01
COND K20 (uS/CM)	1246	1556	1224	1101	1552	1148	1272	1548	1216
PH	7.90	7.25	7.55	7.80	7.25	7.55	7.80	7.25	7.55
TEMP EAU (oC)	39.4	52.5	46.0	37.0	49.5	44.5	43.3	49.0	50.7
TEMP AIR (oC)		18	14		18	14		18	14
DEBIT (L/MIN)									
TRITIUM (UT)	47		46	67		49	54		53
DEUTERIUM (o/oo)	-111.7		-111.2	-111.5		-112.1	-111.8		-111.6
OXYGENE-18 (o/oo)	-15.07		-15.10	-15.00		-14.92	-15.08		-15.19

CRAVEGGIA : SOURCE DES ANCIENS BAINS

No ECH	119	221	323	414	527	731	813	932
DATE	1505.77	2106.77	908.77	610.77	112.77	2904.78	806.78	1607.78
LI+ (MG/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
NA+ "	60.70	56.70	59.60	56.40	51.80	64.80	59.30	61.90
K+ "	1.32	1.50	1.47	1.52	1.48	1.52	1.51	1.62
MG++ "	0.04	0.13	0.05	0.13	0.04	0.20	0.05	0.05
CA++ "	14.60	15.60	15.90	19.00	18.60	16.50	15.70	15.70
SR++ "	0.04	0.08	0.07	0.10	0.09	0.18	0.20	0.20
MN++ "	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00
FE++ "	0.05	0.04	0.00	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06
HCO3- "	33	31	33	34	31	32	33	29
SO4-- "	125.0	120.0	120.0	120.0	135.0	140.0	125.0	140.0
CL- "	3.50	3.50	3.50	3.00	1.75	2.50	2.50	2.50
F- "	2.80	2.86					2.85	3.01
SIO2 "	42.80	43.10	38.90	41.70	41.00	44.50	44.70	44.40
TSD (MG/L)	284	274	272	276	280	302	285	299
CATIONS (MEQ/L)	3.41	3.30	3.43	3.46	3.23	3.71	3.41	3.53
ANIONS (MEQ/L)	3.39	3.25	3.14	3.14	3.36	3.50	3.36	3.62
COND K20 (uS/CM)	378	370	373	372	377	375	384	376
PH	9.40	9.45	9.30	9.15	9.45	9.25	9.45	9.25
TEMP EAU (oC)	26.9	26.9	25.4	27.1	29.0	26.8	27.1	27.2
TEMP AIR (oC)				9	1	12	16	26
DEBIT (L/MIN)	6.0	6.0		4.0	5.0	6.0	5.0	5.0
TRITIUM (UT)		5				4		
DEUTERIUM (o/oo)		-75.3				-75.7		
OXYGENE-18 (o/oo)		-11.14				-11.36		

ACQUAROSSA : SOURCE ALBERGO

No ECH	118	219	321	416	614	732	814	928
DATE	1405.77	2106.77	808.77	610.77	303.78	3004.78	806.78	1607.78
LI+ (MG/L)	0.09	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
NA+ "	17.00	18.40	18.20	17.80	17.00	19.90	18.60	18.30
K+ "	16.70	18.30	17.10	16.40	16.40	16.60	17.20	17.20
MG++ "	86.70	85.50	85.80	87.80	84.50	85.30	83.60	84.10
CA++ "	581.00	549.00	555.00	574.00	571.00	565.00	562.00	566.00
SR++ "	11.40	11.30	11.20	11.20	11.70	11.50	11.60	11.10
MN++ "	0.15	0.17	0.16	0.18	0.15	0.17	0.17	0.17
FE++ "	2.36	2.86	3.90	3.89	2.64	2.56	5.59	3.13
HCO3- "	659	621	615	622	615	626	622	628
SO4-- "	1250.0	1300.0	1100.0	1250.0	1200.0	1275.0	1200.0	1200.0
CL- "	6.50	7.00	6.50	7.00	6.00	6.50	5.00	6.50
F- "	1.73	1.84					1.87	1.75
SIO2 "	41.50	47.10	38.10	42.50	40.50	41.80	42.30	41.80
TSD (MG/L)	2674	2663	2451	2633	2565	2650	2570	2578
CATIONS (MEQ/L)	37.65	36.08	36.40	37.47	36.98	36.87	36.65	36.78
ANIONS (MEQ/L)	37.10	37.54	33.16	36.42	35.23	36.99	35.42	35.55
COND K20 (uS/CM)	2281	2275	2287	2305	2275	2295	2310	2308
PH	6.30	6.70	6.80	6.45	6.80	6.80	6.55	6.50
TEMP EAU (oC)	24.6	24.9	25.1	25.2	25.0	24.8	24.8	25.1
TEMP AIR (oC)				11	11	10	24	23
DEBIT (L/MIN)	72.0	120.0	72.0	120.0	90.0	75.0	75.0	72.0
TRITIUM (UT)		38			26			
DEUTERIUM (o/oo)		-73.4			-72.6			
OXYGENE-18 (o/oo)		-10.88			-10.83			

ACQUAROSSA	SOURCE SATRO GAUCHE				SOURCE SATRO CENTRALE			
No ECH	615	733	815	929	616	734	816	930
DATE	303.78	3004.78	806.78	1607.78	303.78	3004.78	806.78	1607.78
LI+ (MG/L)	0.02	0.02	0.03	0.05	0.11	0.10	0.10	0.11
NA+ "	4.18	5.15	6.39	10.50	18.20	18.50	19.00	19.50
K+ "	4.18	5.01	5.92	9.46	17.10	16.90	17.70	19.10
MG++ "	13.50	18.80	23.90	43.00	87.70	86.60	83.60	87.60
CA++ "	82.50	127.00	171.00	299.00	564.00	615.00	610.00	626.00
SR++ "	1.65	2.31	3.24	6.02	12.50	12.00	12.40	12.20
MN++ "	0.02	0.02	0.04	0.04	0.20	0.18	0.18	0.19
FE++ "	0.31	0.19	0.22	0.68	2.37	2.33	2.01	2.95
HCO3- "	137	171	200	342	641	639	655	659
SO4-- "	160.0	245.0	340.0	650.0	1250.0	1350.0	1300.0	1400.0
CL- "	3.50	4.50	5.00	10.00	6.00	3.50	5.50	7.00
F- "			0.66	0.87			2.10	1.96
SIO2 "	13.00	16.50	19.20	25.30	44.30	42.40	45.50	43.50
TSD (MG/L)	420	596	776	1397	2643	2787	2753	2879
CATIONS (MEQ/L)	5.57	8.30	11.02	19.33	36.98	39.43	38.97	40.19
ANIONS (MEQ/L)	5.68	8.03	10.53	19.47	36.70	38.68	38.07	40.25
COND K20 (uS/CM)	469	663	814	1405	2415	2384	2440	2474
PH	7.30	6.95	6.75	6.65	6.50	6.45	6.25	6.30
TEMP EAU (oC)	13.9	14.8	16.1	18.1	23.8	23.8	24.4	24.5
TEMP AIR (oC)	11	10	24	23	11	10	24	23
DEBIT (L/MIN)	120.0	30.0	25.0	10.0	70.0	60.0	36.0	30.0
TRITIUM (UT)	64				35			
DEUTERIUM (o/oo)	-71.0				-73.9			
OXYGENE-18 (o/oo)	-10.45				-10.85			

ACQUAROSSA	SOURCE SATRO DROITE		
No ECH	735	817	931
DATE	3004.78	806.78	1607178
LI+ (MG/L)	0.10	0.11	0.12
NA+ "	18.50	19.30	20.00
K+ "	17.80	17.30	18.60
MG++ "	88.20	89.00	91.00
CA++ "	654.00	637.00	654.00
SR++ "	12.50	12.40	12.20
MN++ "	0.20	0.19	0.20
FE++ "	4.01	2.73	3.13
HCO3- "	647	659	675
SO4-- "	1400.0	1300.0	1375.0
CL- "	3.50	7.00	6.50
F- "		2.05	2.10
SIO2 "	43.80	44.70	44.40
TSD (MG/L)	2890	2791	2902
CATIONS (MEQ/L)	41.60	40.79	41.88
ANIONS (MEQ/L)	39.85	38.17	39.98
COND K20 (uS/CM)	2424	2472	2532
PH	6.50	6.25	6.25
TEMP EAU (oC)	24.2	24.6	24.9
TEMP AIR (oC)	10	24	23
DEBIT (L/MIN)	30.0	25.0	15.0
TRITIUM (UT)			
DEUTERIUM (o/oo)			
OXYGENE-18 (o/oo)			

VALS : OBERE BOHRUNG

No ECH	114	213	316	428	532	620	824	938
DATE	1205.77	1706.77	408.77	1010.77	512.77	603.78	1206.78	1807.78
LI+ (MG/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04
NA+ "	9.16	8.83	8.31	9.21	9.61	10.70	10.50	11.00
K+ "	1.32	1.51	1.82	1.50	1.43	1.52	1.57	1.63
MG++ "	53.60	52.20	52.90	53.10	53.50	61.30	57.20	58.40
CA++ "	377.00	375.00	400.00	394.00	423.00	439.00	445.00	452.00
SR++ "	8.46	8.45	8.54	8.31	8.29	11.30	11.40	9.99
MN++ "	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05
FE++ "	2.33	5.05	2.20	3.27	2.20	2.59	2.97	2.76
HCO3- "	371	351	361	359	366	382	381	389
SO4-- "	800.0	800.0	800.0	850.0	900.0	1025.0	925.0	950.0
CL- "	4.50	3.50	4.00	4.00	2.50	1.75	2.50	3.25
F- "	0.54	0.59					0.62	0.64
SIO2 "	20.70	23.70	19.30	18.90	19.10	21.90	22.90	24.40
TSD (MG/L)	1649	1630	1658	1701	1786	1957	1861	1903
CATIONS (MEQ/L)	23.93	23.81	25.00	24.78	26.23	27.81	27.78	28.21
ANIONS (MEQ/L)	22.89	22.54	22.69	23.69	24.81	27.65	25.61	26.28
COND K20 (uS/CM)	1658	1650	1659	1646	1691	1817	1810	1817
PH	6.70	6.95	6.95	6.95	7.35	7.15	6.95	6.75
TEMP EAU (oC)	24.1	24.2	24.2	25.2	24.9	24.9	25.2	25.2
TEMP AIR (oC)				11	-7	-1	18	20
NIVEAU (M)	9.2	8.5		12.6	17.8	16.3	13.4	15.2
TRITIUM (UT)		83				37		
DEUTERIUM (o/oo)		-93.3				-91.8		
OXYGENE-18 (o/oo)		-12.94				-12.88		

VALS : UNTERE BOHRUNG

No ECH	113	212	315	427	531	619	823	937
DATE	1205.77	1706.77	408.77	1010.77	512.77	603.78	1206.78	1807.78
LI+ (MG/L)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
NA+ "	3.24	3.09	3.13	3.09	3.66	4.34	4.35	4.54
K+ "	0.70	0.92	0.90	0.94	0.94	1.01	1.04	1.02
MG++ "	26.60	24.30	26.10	24.80	26.40	32.50	30.90	30.30
CA++ "	185.00	185.00	206.00	190.00	205.00	230.00	236.00	236.00
SR++ "	3.87	3.72	3.95	3.72	3.98	5.61	5.49	4.95
MN++ "	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
FE++ "	0.28	0.36	0.28	0.43	0.25	0.21	0.25	0.39
HCO3- "	278	255	268	259	268	276	277	287
SO4-- "	340.0	320.0	340.0	320.0	390.0	460.0	450.0	450.0
CL- "	3.50	3.50	3.50	3.00	1.75	1.75	1.75	2.50
F- "	0.34	0.36					0.28	0.29
SIO2 "	10.20	11.30	9.64	8.91	10.80	11.00	10.90	12.30
TSD (MG/L)	852	808	862	814	911	1022	1018	1029
CATIONS (MEQ/L)	11.68	11.49	12.69	11.78	12.69	14.50	14.67	14.62
ANIONS (MEQ/L)	11.75	10.96	11.57	10.99	12.56	14.15	13.97	14.16
COND K20 (uS/CM)	943	896	926	865	956	1053	1049	1062
PH	6.95	7.40	7.40	7.30	7.55	7.55	7.20	7.20
TEMP EAU (oC)	18.1	18.0	17.9	17.5	17.7	17.9	18.0	18.0
TEMP AIR (oC)				11	-7	-1	18	20
NIVEAU (M)	16.1	16.4		14.8	15.0	19.9	17.8	19.1
TRITIUM (UT)		105				77		
DEUTERIUM (o/oo)		-99.1				-98.9		
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.78				-13.61		

VALS	OBERE BOHRUNG			UNTERE BOHRUNG			VERSORGUNG BRUNNEN		
No ECH	1	7	13	2	8	14	3	12	15
DATE	2505.79	2008.79	211.79	2505.79	2008.79	211.79	2505.79	2008.79	211.79
LI+ (MG/L)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
NA+ "	7.84	8.11	10.00	4.16	3.31	3.61	9.61	9.45	5.11
K+ "	1.31	1.33	1.39	1.00	1.06	0.90	1.66	1.75	1.18
MG++ "	44.8	47.7	56.2	26.9	25.2	26.6	5.1	5.1	30.3
CA++ "	338	364	408	217	202	202	106	105	250
SR++ "	7.79	8.14	9.52	4.58	3.97	4.03	1.24	1.31	5.06
AL+++ "	0.049	0.047		0.018	0.025		0.012	0.010	
HCO3- "	323	343	375	259	256	267	220	221	299
SO4-- "	725	750	825	400	363	300	105	100	438
CL- "	0.71	1.42	2.30	0.89	1.15	1.15	10.60	9.22	3.19
F- "	0.61	0.63	0.69	0.40	0.37	0.37	0.33	0.33	0.58
SIO2 "	15.50	18.80	21.40	10.00	9.81	10.70	5.36	4.46	13.80
TSD (MG/L)	1467	1543	1710	925	866	816	466	458	1046
CATIONS (MEQ/L)	21.11	22.66	25.93	13.35	12.41	12.65	6.20	6.14	15.47
ANIONS (MEQ/L)	20.44	21.32	23.42	12.63	11.81	10.67	6.12	5.99	14.14
COND K20 (uS/CM)	1455	1502	1678	968	883	910	520	509	1102
PH	7.00	7.15	6.90	7.15	7.10	7.21	7.40	7.53	7.14
TEMP EAU (oC)	22.0	22.6	24.1	18.1	17.8	17.4	11.9	12.0	12.6
TEMP AIR (oC)	17	13	7	17	13	7	17	13	7
DEBIT (L/MIN)	380	400		100	150		0	0	400
NIVEAU (M)	15.00	11.75	7.61	17.50	19.00	21.90	4.00	4.48	5.38
TRITIUM (UT)	52	53	36	84	81	79	124	124	66
DEUTERIUM (o/oo)	-90.3	-91.2	-95.6	-94.3	-96.5	-100.7	-89.4	-91.3	-98.5
OXYGENE-18 (o/oo)	-12.4	-12.8	-12.6	-13.2	-13.9	-13.5	-12.6	-12.7	-13.1

VALS	HEIZUNG BOHRUNG			OST BOHRUNG			LEISALP WILDBACH		
No ECH	5	10	16	4	11	17	6	9	18
DATE	2505.79	2008.79	211.79	2505.79	2008.79	211.79	2505.79	2008.79	211.79
LI+ (MG/L)	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
NA+ "	4.20	3.44	3.88	2.53	2.63	2.94	0.35	0.63	0.63
K+ "	4.41	3.35	3.46	1.59	1.56	1.43	0.89	0.81	0.85
MG++ "	24.0	26.0	26.5	15.6	16.6	20.1	2.75	3.89	4.02
CA++ "	189	205	209	109	126	139	42.6	37.6	33.1
SR++ "	3.41	3.62	3.74	2.09	2.29	2.58	0.22	0.33	0.25
AL+++ "	0.030	0.043		0.017	0.013		0.006	0.001	
HCO3- "	265	262	278	183	190	213	129	123	103
SO4-- "	300	338	330	170	210	240	8	19	18
CL- "	6.03	5.14	3.99	1.33	1.60	1.15	1.33	1.24	1.15
F- "	0.28	0.29	0.33	0.32	0.35	0.39	0.11	0.14	0.21
SIO2 "	8.57	8.04	7.65	7.65	9.75	9.82	2.68	2.68	3.83
TSD (MG/L)	805	855	867	493	561	630	188	189	165
CATIONS (MEQ/L)	11.77	12.69	13.06	6.92	7.86	8.89	2.41	2.26	2.04
ANIONS (MEQ/L)	10.78	11.50	11.55	6.60	7.55	8.54	2.33	2.45	2.10
COND K20 (uS/CM)	905	926	939	567	611	723	196	197	177
PH	7.25	7.25	7.15	7.40	7.48	7.45	8.45	8.40	8.57
TEMP EAU (oC)	8.6	10.1	16.5	10.0	10.9	10.9	8.3	8.3	6.2
TEMP AIR (oC)	17	13	7	17	13	7	17	13	7
DEBIT (L/MIN)							1200	720	1500
NIVEAU (M)	4.50	4.42		1.50	1.50				
TRITIUM (UT)	72	81	79	82	83	80	94	104	107
DEUTERIUM (o/oo)	-94.0	-96.8	-101.8	-91.3	-95.7	-100.9	-97.3	-95.3	-96.0
OXYGENE-18 (o/oo)	-13.2	-13.3	-13.3	-13.1	-13.5	-13.4	-14.2	-13.9	-13.9

MASINO : SOURCE DES BAINS

No ECH	116	217	320	417	528	736	818	933
DATE	1405.77	2006.77	608.77	710.77	212.77	205.78	906.78	1707.78
LI+ (MG/L)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
NA+ "	103.00	115.00	115.00	109.00	101.00	106.00	116.00	113.00
K+ "	3.83	4.13	3.65	3.65	3.87	3.52	4.02	4.22
MG++ "	0.10	0.05	0.05	0.33	0.04	0.05	0.05	0.05
CA++ "	24.00	28.90	32.20	33.50	31.50	29.80	29.40	30.00
SR++ "	0.25	0.35	0.22	0.30	0.34	0.33	0.34	0.27
MN++ "	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
FE++ "	0.17	0.04	0.10	0.05	0.00	0.15	0.05	0.00
HCO3- "	29	32	32	35	28	28	27	28
SO4-- "	200.0	225.0	230.0	220.0	240.0	230.0	270.0	250.0
CL- "	22.50	25.00	24.50	24.00	24.00	23.50	25.00	25.50
F- "	2.00	2.28					2.41	2.68
SIO2 "	63.70	69.90	60.00	63.80	63.90	62.20	69.40	69.50
TSD (MG/L)	449	502	497	490	493	484	544	523
CATIONS (MEQ/L)	5.80	6.57	6.72	6.55	6.08	6.21	6.63	6.54
ANIONS (MEQ/L)	5.38	6.03	6.00	5.84	6.13	5.91	6.89	6.53
COND K20 (uS/CM)	606	652	636	625	647	591	645	645
PH	8.85	8.85	8.85	8.70	9.00	8.65	8.85	8.90
TEMP EAU (oC)	38.0	37.9	38.0	38.1	38.0	37.9	37.8	37.8
TEMP AIR (oC)				9	-3	13	22	24
DEBIT (L/MIN)	60.0	30.0	36.0	36.0	37.0	36.0	36.0	36.0
TRITIUM (UT)		3				9		
DEUTERIUM (o/oo)		-85.3				-85.7		
OXYGENE-18 (o/oo)		-12.58				-12.37		

MASINO, AUTRES SOURCES : 1 : 2 : 3

No ECH	739	820	738	934	737	819
DATE	205.78	906.78	205.78	1707.78	205.78	906.78
LI+ (MG/L)	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.02
NA+ "	106.00	116.00	106.00	109.00	17.60	97.20
K+ "	3.55	3.79	3.59	3.79	0.83	3.08
MG++ "	0.04	0.05	0.04	0.05	0.27	0.41
CA++ "	30.60	29.40	30.20	30.10	6.49	26.00
SR++ "	0.33	0.34	0.33	0.27	0.18	0.34
MN++ "	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
FE++ "	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.05
HCO3- "	31	29	28	28	16	20
SO4-- "	220.0	240.0	230.0	240.0	42.0	215.0
CL- "	24.00	24.00	22.50	25.50	6.00	20.50
F- "		3.21		2.68		1.60
SIO2 "	62.80	71.00	62.20	69.50	17.60	53.50
TSD (MG/L)	478	517	483	509	107	437
CATIONS (MEQ/L)	6.24	6.63	6.22	6.36	1.14	5.65
ANIONS (MEQ/L)	5.76	6.32	5.88	6.32	1.30	5.46
COND K20 (uS/CM)	596	643	592	647	122	558
PH	8.70	8.90	8.70	8.90	7.55	8.15
TEMP EAU (oC)	37.4	37.2	36.6	37.8	21.6	23.1
TEMP AIR (oC)	13	22	13	24	13	22
DEBIT (L/MIN)	10.0	6.0	10.0	4.0	20.0	20.0
TRITIUM (UT)						
DEUTERIUM (o/oo)						
OXYGENE-18 (o/oo)						

BORMIO : SOURCE SAN MARTINO

No ECH	115	215	319	418	529	617	741	822	936
DATE	1305.77	2006.77	508.77	710.77	212.77	403.78	305.78	1006.78	1707.78
LI+ (MG/L)	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04
NA+ "	11.50	10.60	12.60	15.00	17.70	18.70	17.50	12.20	11.70
K+ "	1.79	1.96	2.36	2.75	2.88	2.92	2.84	2.02	1.93
MG++ "	46.90	45.60	48.70	50.80	56.80	60.90	56.80	45.20	44.50
CA++ "	136.00	150.00	180.00	204.00	208.00	233.00	217.00	165.00	154.00
SR++ "	4.39	3.72	5.06	5.44	6.22	7.64	6.27	5.09	3.98
MN++ "	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
FE++ "	0.05	0.04	0.05	0.05	0.00	0.05	0.06	0.09	0.00
HCO3- "	244	175	173	176	167	164	171	171	172
SO4-- "	400.0	425.0	475.0	550.0	600.0	675.0	600.0	425.0	425.0
CL- "	6.50	7.00	8.00	8.00	8.50	9.50	10.50	7.00	6.50
F- "	1.61	1.59						1.72	1.78
SIO2 "	18.00	20.00	20.20	21.10	24.30	28.60	26.90	18.90	20.90
TSD (MG/L)	871	841	925	1033	1091	1200	1109	853	842
CATIONS (MEQ/L)	11.30	11.84	13.72	15.22	16.04	17.71	16.49	12.66	12.00
ANIONS (MEQ/L)	12.59	12.00	12.95	14.56	15.47	17.01	15.59	11.94	11.94
COND K20 (uS/CM)	944	884	1010	1070	1185	1265	1188	930	897
PH	7.45	7.80	7.50	7.50	7.60	7.65	7.35	7.40	7.20
TEMP EAU (oC)	34.0	31.9	34.9	37.4	39.7	42.0	41.6	33.7	32.3
TEMP AIR (oC)				11	-3	7	15	17	27
DEBIT (L/MIN)				1200.0	300.0	200.0	300.0	1500.0	1800.0
TRITIUM (UT)		89				43			
DEUTERIUM (o/oo)		-95.8				-98.2			
OXYGENE-18 (o/oo)		-13.54				-13.80			

BORMIO : SOURCE CINGLACCIA

No ECH	216	318	424	530	618	740	821	935
DATE	2006.77	508.77	710.77	312.77	403.78	305.78	1006.78	1707.78
LI+ (MG/L)	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04
NA+ "	11.20	12.90	15.10	18.10	18.30	17.80	14.20	12.40
K+ "	2.23	2.38	2.48	2.84	2.97	2.91	2.44	2.13
MG++ "	46.30	55.70	56.20	62.00	60.80	62.70	54.40	49.90
CA++ "	136.00	197.00	201.00	208.00	240.00	235.00	196.00	172.00
SR++ "	4.20	5.47	5.40	6.17	7.90	6.47	5.96	4.20
MN++ "	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.04	0.02
FE++ "	0.04	0.10	0.07	0.36	0.07	0.15	0.09	0.00
HCO3- "	178	181	173	155	168	175	177	183
SO4-- "	425.0	525.0	550.0	600.0	650.0	638.0	525.0	450.0
CL- "	7.00	8.00	7.50	7.50	9.50	10.00	10.00	8.00
F- "	1.81						2.10	2.22
SIO2 "	21.20	22.80	21.90	26.40	28.60	27.60	23.70	22.70
TSD (MG/L)	833	1010	1033	1086	1186	1176	1011	907
CATIONS (MEQ/L)	11.24	15.17	15.51	16.50	18.04	17.89	15.08	13.38
ANIONS (MEQ/L)	12.06	14.12	14.50	15.24	16.55	16.43	14.22	12.71
COND K20 (uS/CM)	938	1050	1087	1204	1274	1212	1050	954
PH	7.55	7.45	7.25	7.50	7.20	7.25	7.40	7.20
TEMP EAU (oC)	36.7	36.9	38.1	39.7	41.7	41.2	37.1	36.1
TEMP AIR (oC)			11	-3	7	15	17	27
DEBIT (L/MIN)			120.0	200.0	70.0	120.0	200.0	300.0
TRITIUM (UT)	86				49			
DEUTERIUM (o/oo)	-95.7				-98.9			
OXYGENE-18 (o/oo)	-13.47				-13.79			

BORMIO	BAGN.ROM.	SAN CARLO	ZAMP.BAMB.	CASSIODORA	FLINIANA
No ECH	419	420	421	422	423
DATE	710.77	710.77	710.77	710.77	710.77
LI+ (MG/L)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
NA+ "	14.90	15.30	14.70	14.70	14.90
K+ "	2.64	2.87	2.56	2.54	2.50
MG++ "	51.20	60.80	51.60	52.00	58.10
CA++ "	207.00	201.00	195.00	204.00	220.00
SR++ "	5.35	5.67	5.53	5.62	5.49
MN++ "	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
FE++ "	0.00	0.29	0.07	0.05	0.00
HCO3- "	173	215	172	173	193
SO4-- "	560.0	550.0	540.0	540.0	575.0
CL- "	7.50	8.00	8.00	7.50	7.50
F- "					
SIO2 "	21.90	21.90	22.70	21.90	21.90
TSD (MG/L)	1044	1081	1012	1021	1098
CATIONS (MEQ/L)	15.39	15.92	14.82	15.30	16.60
ANIONS (MEQ/L)	14.71	15.20	14.29	14.29	15.35
COND K20 (uS/CM)	1066	1138	1066	1068	1106
PH	7.35	7.25	7.25	7.20	7.25
TEMP EAU (oC)	36.8	21.6	37.0	37.1	36.6
TEMP AIR (oC)	11	11	11	11	11
DEBIT (L/MIN)	1200.0	3.0	50.0	900.0	60.0
TRITIUM (UT)					
DEUTERIUM (o/oo)					
OXYGENE-18 (o/oo)					

EAUX DE SURFACE	SAINT-GERVAIS			CRAVEGGIA		MASINO		BADEN	
No ECH	130	237	908	324	415	117	218	518	724
DATE	1705.77	2306.77	1307.78	908.77	610.77	1405.77	2006.77	811.77	2504.78
LI+ (MG/L)	0.01	0.01	0.33	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
NA+ "	3.46	0.93	43.80	1.20	2.23	0.35	0.24	2.83	3.19
K+ "	1.95	1.05	3.02	0.44	0.78	0.48	0.38	0.56	0.66
MG++ "	14.60	8.62	11.00	0.31	0.36	0.25	0.31	6.33	4.81
CA++ "	83.50	75.40	67.50	2.00	2.41	2.26	1.57	120.00	96.70
SR++ "	0.38	0.74	1.42	0.07	0.00	0.04	0.00	0.34	0.38
MN++ "	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02
FE++ "	0.11	1.02	0.00	0.05	0.00	0.05	0.06	0.05	0.06
HCO3- "	222	105	134	10	12	9	9	342	275
SO4-- "	60.0	100.0	135.0	3.0	4.0	2.5	2.0	20.0	28.0
CL- "	6.50	2.50	33.00	2.00	1.50	2.50	2.50	3.00	5.00
F- "	0.04	0.09	0.23			0.06	0.05		
SIO2 "	7.07	2.36	5.68	5.36	7.01	2.40	2.00	6.90	4.24
TSD (MG/L)	400	298	435	24	31	19	18	502	418
CATIONS (MEQ/L)	5.58	4.59	6.34	0.19	0.27	0.17	0.13	6.66	5.39
ANIONS (MEQ/L)	5.07	3.88	5.95	0.28	0.33	0.27	0.25	6.11	5.23
COND K20 (uS/CM)	444	341	554	20	36	17	13	487	432
PH	8.30	8.40	7.60	9.00	8.50	8.50	8.45	7.90	8.15
TEMP EAU (oC)		10.4	9.8	12.2	7.2		9.9	11.7	10.3
TEMP AIR (oC)			24		9			14	20
DEBIT (L/MIN)			300.0						
TRITIUM (UT)									
DEUTERIUM (o/oo)									
OXYGENE-18 (o/oo)									

EAUX DE SURFACE	PRE-SAINT-DIDIER		BAD RAGAZ		COMBIOULA		LOSTORF		WEISSENBURG	
No ECH	234	335	313	430	331	407	109	204	303	836
DATE	2306.77	1108.77	408.77	1010.77	1008.77	510.77	1105.77	1606.77	208.77	1306.78
LI+ (MG/L)	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
NA+ "	0.50	0.59	0.57	1.24	6.65	6.82	1.43	2.05	0.48	0.39
K+ "	0.33	0.28	0.32	0.64	2.72	3.00	0.97	1.10	0.39	0.34
MG++ "	3.69	3.07	3.18	4.07	15.80	15.50	7.50	8.88	4.88	4.13
CA++ "	52.50	34.50	36.20	40.70	64.50	46.20	76.90	83.90	67.30	52.70
SR++ "	0.31	0.35	0.07	0.17	0.90	0.92	0.24	0.59	0.30	0.47
MN++ "	0.04	0.02	0.04	0.00	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02
FE++ "	0.88	0.38	0.64	0.05	0.64	0.10	0.15	0.18	0.10	0.00
HCO3- "	92	76	115	127	160	173	204	205	189	151
SO4-- "	33.0	35.0	5.0	12.0	76.0	80.0	65.0	65.0	20.0	17.0
CL- "	3.00	3.00	2.50	3.00	8.00	7.50	5.00	5.00	1.50	3.50
F- "	0.05						0.12	0.13		0.05
SIO2 "	2.36	2.66	2.64	3.34	8.72		2.08	4.91	3.64	3.73
TSD (MG/L)	188	155	166	192	344	333	363	377	288	233
CATIONS (MEQ/L)	2.99	2.03	2.13	2.44	4.92	3.98	4.55	5.06	3.80	3.01
ANIONS (MEQ/L)	2.27	2.05	2.06	2.42	4.43	4.71	4.84	4.86	3.56	2.93
COND K20 (uS/CM)	201	182	175	201	382	400	395	457	300	237
PH	8.45	8.20	8.50	8.35	8.15	8.25	8.15	8.55	8.45	8.25
TEMP EAU (oC)	6.5	11.3	10.0	10.1	16.2	7.4		10.9	9.9	8.1
TEMP AIR (oC)				11		9				12
DEBIT (L/MIN)										
TRITIUM (UT)										
DEUTERIUM (o/oo)										
OXYGENE-18 (o/oo)										

EAUX DE SURFACE	LEUKERBAD		ACQUAROSSA		VALS		BORMIO		
No ECH	125	228	220	322	314	426	214	317	425
DATE	1605.77	2206.77	2106.77	808.77	408.77	1010.77	2006.77	508.77	710.77
LI+ (MG/L)	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
NA+ "	0.90	0.29	0.40	0.87	0.43	0.46	0.28	0.43	0.61
K+ "	0.38	0.60	0.63	1.25	0.74	0.94	0.30	0.18	0.43
MG++ "	7.22	4.82	0.62	1.08	3.89	3.69	13.00	19.20	19.80
CA++ "	63.30	46.00	2.93	4.30	33.80	40.80	29.20	47.40	51.20
SR++ "	0.10	0.16	0.00	0.07	0.12	0.17	0.19	0.32	0.52
MN++ "	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02
FE++ "	1.48	0.33	0.04	0.05	0.30	0.07	0.41	0.53	0.21
HCO3- "	145	101	13	18	104	117	93	104	117
SO4-- "	62.0	22.0	2.0	6.0	16.0	15.0	19.0	40.0	70.0
CL- "	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	3.50	2.50
F- "	0.17	0.12	0.05				0.15		
SIO2 "	5.70	2.36	2.00	2.23	4.37	2.00	2.00	2.64	2.00
TSD (MG/L)	289	180	25	37	166	183	159	218	264
CATIONS (MEQ/L)	3.86	2.74	0.23	0.38	2.06	2.39	2.57	3.99	4.24
ANIONS (MEQ/L)	3.75	2.19	0.33	0.50	2.11	2.30	1.98	2.64	3.45
COND K20 (uS/CM)	302	210	22	40	181	194	203	219	291
PH	8.15	8.55	8.35	8.20	8.10	8.35	8.85	8.50	8.15
TEMP EAU (oC)		5.6	11.7	18.9	10.2	7.5	4.0	7.4	7.3
TEMP AIR (oC)						11			11
DEBIT (L/MIN)									
TRITIUM (UT)									
DEUTERIUM (o/oo)									
OXYGENE-18 (o/oo)									

Matériaux pour la géologie de la Suisse — Hydrologie

1. J. HUG und A. BEILIK. Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich, mit Karte der Grundwasserströme des Kantons Zürich. Herausgegeben gemeinsam mit der Baudirektion des Kantons Zürich. Mit XX + 328 Seiten, 146 Figuren und Karte 1:100 000. 1934 20.—

2. E. EUGSTER. Schneestudien im Oberwallis und ihre Anwendung auf den Lawinenverbau. Mit VIII + 84 Seiten, 42 Textfiguren und 7 Tafeln. 1938 4.—

3. H. BADER, R. HAEFELI, E. BUCHER, J. NEHER, O. ECKEL, Chr. THAMS mit einer Einführung von P. NIGGLI. Der Schnee und seine Metamorphose. Erste Ergebnisse und Anwendungen einer systematischen Untersuchung der alpinen Winterschneedecke, durchgeführt von der Station Weissfluhjoch-Davos der Schweiz. Lawinenforschungskommission. 1934-1938. Mit XXIII + 340 Seiten, 18 Tafeln, 154 Figuren, 18 Tabellen. 1939 vergriffen

4. O. LUETSCHG-LOETSCHER. Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges.

   I. Band, 1. Teil, Erste Abteilung, Kapitel 1-3 (Mitarbeiter *Rudolf Bohner*): Heutiger Stand der Niederschlagsforschung. Heutiger Stand der Abflussforschung. Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Abfluss. Mit Tabellenwerk: Ergebnisse der Niederschlagsforschungen. Mit VI + 60 Seiten, 9 Karten, 10 Textfiguren, 17 Tabellen. 1945 10.—

   I. Band, 1. Teil, Zweite Abteilung (Kapitel 4, 5): Vorratsänderungen im Wasserhaushalt der Gletscher. Verhalten des verstossenen Obern Grindelwaldgletschers. Mit VII + 34 Seiten, 10 Tafeln, 21 Figuren und 6 Tabellen. 1944 6.—

   I. Band, 1. Teil, Dritte Abteilung, Kapitel 6-8 (Mitarbeiter *Rudolf Bohner*), mit einem Beitrag von *Hans Burger*. Boden und Vegetation im Wasserhaushalt des Hochgebirges. Die Bedeutung des Schneetransportes durch den Wind. Die Bedeutung der Nebel-, Tau- und Reifbildungen. VIII + 68 Seiten, 4 Textfiguren, 4 Fototafeln. 1949 8.—

   I. Band, 2. Teil, Kapitel 9 (Mitarbeiter *Rudolf Bohner*), mit Beiträgen von *H. Huber, P. Huber, F. de Quervain*. Zur Hydrologie, Chemie und Geologie der winterlichen Gletscherabflüsse der Schweizer Alpen. VI + 121 Seiten, 26 Textfiguren, 6 Falztafeln. 1950 12.—

   I. Band, 3. Teil, Kapitel 10 (Mitarbeiter *Theophil Hauck, Rudolf Bohner*). Die Eis- und Schneeverhältnisse der Oberengadiner Seen, insbesondere des St. Moritzer Sees. Beitrag zur Gewässer- und Klimakunde des Oberengadins. 173 Seiten, 54 Textfiguren, 8 Tafeln. 1954 20.—

   II. Band, 3. Teil. (Mit Beiträgen von *Rudolf Bohner* und *Walter Dietz*.) Zur Hydrologie der Landschaft Davos. Mit XLIV + 490 Seiten, 2 Karten, 9 Tafeln, 146 Textfiguren, 173 Tabellen. 1944 50.—

   III. Band, Forschungsgebiet Nr. 16. F. GYGAX. Niederschlag und Abfluss im Einzugsgebiet der Magliasina. 100 Seiten, zahlreiche Textfiguren und Tafeln. 1948 12.—

5. H. P. EUGSTER. Beitrag zur Gefügeanalyse des Schnees. 64 Seiten, 42 Textfiguren, 1 Falztafel, 1 Fototafel. 1952 10.—

6. EDWIN BUCHER. Beitrag zu den theoretischen Grundlagen des Lawinenverbaus. Herausgegeben gemeinsam mit der Schweizerischen Schnee- und Lawinenforschungskommission. 113 Seiten, 67 Textfiguren. 1948 16.—

7. F. HOFER. Über die Energieverhältnisse des Brienzersees. 95 Seiten, 4 Textfiguren, 8 Tafeln, 3 Kunstdrucktafeln. 1952 12.—

8. E. HOECK. Der Einfluss der Strahlung und der Temperatur auf den Schmelzprozess der Schneedecke. 36 Seiten, 22 Tafeln, 22 Tabellen. 1952 12.—

Suite sur la 3e page de couverture

9. P. NYDEGGER. Vergleichende limnologische Untersuchungen an sieben Schweizer Seen. 80 Seiten, 57 Figuren, 24 Tabellen. 1957 16.—

10. S. STEINEMANN. Experimentelle Untersuchungen zur Plastizität von Eis. 72 Seiten, 91 Textfiguren. 1958 16.—

11. M. REIST. Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Bavonatales. 65 Seiten, 44 Figuren. G. HIRSBRUNNER. Beiträge zur Morphologie und Hydrologie der Rovanatäler. 79 Seiten, 18 Figuren, 26 Fotografien. 1960 16.—

12. V. BINGGELI. Zur Morphologie und Hydrologie der Valle del Lucomagno. 124 Seiten, 30 Tabellen, 64 Figuren, 9 Fototafeln. 1961 16.—

13. J. G. ZELLER. Morphologische Untersuchungen in den östlichen Seitentälern des Val Blenio. 111 Seiten, 64 Textfiguren, 2 Tafeln. 1964 16.—

14. M. NIKLAUS. Geomorphologische und limnologische Untersuchungen am Öschinensee. 116 Seiten, 26 Textfiguren, 1 Tafel. 1967 24.—

15. E. GRUETTER. Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Val Verzasca. 92 Seiten, 9 Karten, 36 Figuren, 27 Abbildungen, 33 Tabellen. 1967 24.—

16. P. NYDEGGER. Untersuchungen über Feinstofftransport in Flüssen und Seen, über Entstehung von Trübungshorizonten und zuflussbedingten Strömungen im Brienzersee und einigen Vergleichsseen. 92 Seiten, 58 Abbildungen, 6 Tafeln, 29 Tabellen. 1967 24.—

17. H. U. SCHWEIZER. Beiträge zur Hydrologie der Ajoie (Berner Jura). 1970 24.—

18. Chr. JAGGI. Hydrologische Untersuchungen in verschiedenen Tessiner Tälern. 1970 24.—

19. P. KASSER, Karin SCHRAM und J. C. THAMS. Die Strahlungsverhältnisse im Gebiet der Baye de Montreux. 1970

20. P. FÖHN. Methoden der Massenbilanzmessung bei grossen Schneehöhen untersucht im Firngebiet des Grossen Aletschgletschers. 1971 24.—

21. J. P. TRIPET. Etude hydrogéologique du bassin de la source de l'Areuse. 1973 24.—

22. V. BINGGELI. Hydrologische Studien im zentralen schweizerischen Alpenvorland, insbesondere dem Gebiet der Langete. 1974 30.—

23. Ch. LEIBUNDGUT. Zum Wasserhaushalt des Oberaargaus und zur hydrologischen Bedeutung des landwirtschaftlichen Wiesenbewässerungssystems im Langental. 30.—

24. Die Rheinwasserstrasse. Technische und wirtschaftliche Aspekte, hydrologische Aspekte, Abflussprognosen. 10.—

25. Die Verdunstung in der Schweiz. Stand der Kenntnisse, Methoden, Anregungen zur weiteren Erforschung. 24.—

26. E. HOEHN. Hydrogeologische Untersuchungen im Gebiet westlich von Frick (Aargauer Tafeljura). 1979 24.—

27. A. WILDBERGER. Zur Hydrologie des Karstes im Rawil-Gebiet. 1981 30.—

28. Ch. LEIBUNDGUT und R. WEINGARTNER. Tracermethoden in der Hydrologie. Teil I. und II. 1981 65.—