

Rapport final novembre 2003

Forage géothermique profond JAFE à Saillon (VS)

Commune de Saillon

**Exploitation de la ressource énergétique par pompage
Problèmes constatés et essais de déferrisation
Panne des pompes immergées et arrêt définitif
de la production (avril 1999 – octobre 2002)**

élaboré par
Bianchetti Gabriele
ALPGEO Sàrl – Hydrogéologues Conseils
Rue du Bourg 49 – 3960 SIERRE



Zones de protection des eaux
Captages d'eau potables
Essais de pompage, traçages



Forages profonds, puits, drainages
Eaux thermales et minérales
Terrains instables, zones de danger

COMMUNE DE SAILLON
FORAGE GEOTHERMIQUE
PROFOND JAFE



**EXPLOITATION DE LA RESSOURCE ENERGETIQUE PAR POMPAGE,
PROBLEMES CONSTATES ET ESSAIS DE DEFERRISATION DE L'EAU THERMALE,
PANNE DES POMPES IMMERGES ET ARRET DEFINITIF DE LA PRODUCTION
(avril 1999 – octobre 2002)**



Sortie définitive des pompes (30 octobre 2002)

NOVEMBRE 2003

RESUME'

L'opération géothermique de Saillon (VS) avait pour objectif d'exploiter par pompage le forage profond JAFE, réalisé en 1996 avec une inclinaison de 25° et long de 929 m. Les deux utilisateurs de la ressource énergétique étaient le centre scolaire communale (chauffage avec pompe à chaleur) et les Bains de Saillon (préchauffage de l'eau des bassins). La phase de production a débuté en avril 1999 et s'est terminée prématurément en juin 2002, en raison d'une panne grave aux 2 pompes immergées. Celles-ci avaient une puissance de 18.5 kW chacune et fonctionnaient alternativement durant l'exploitation du JAFE. D'un point de vue hydrogéologique, le pompage a été une réussite : de l'eau thermale avec une température maximale de 32.6°C a été extraite avec un débit de 6 l/s pour un rabattement du niveau d'eau de 180 m. Par contre, les Bains n'ont pas pu utiliser l'eau fournie (300 l/mn) en raison de problèmes de chimisme, liés aux fortes teneurs en fer dissous (en moyenne 15 mg/l). Cette situation s'est traduite par de fréquents arrêts du pompage : en 3 ans, les pompes n'ont fonctionné que durant 759 jours, soit le 66% du temps total. Durant d'exploitation, un volume d'eau thermale de 273'000 m³ a été pompé, dont 249'000 m³ ont été fournis aux Bains et le solde au centre scolaire, permettant d'effectuer 3 cycles annuels de chauffage avec la PAC.

Une installation de déferrisation permettant de dégazer l'H₂S et d'injecter de l'oxygène a permis de réduire de 90% les teneurs en fer à l'entrée des bassins. Toutefois cette solution n'était pas satisfaisante car tout le fer précipitait dans les filtres avant les piscines, provoquant un encrassement. D'autres problèmes liés à l'interaction entre l'eau thermale et le chlore utilisé pour la désinfection des bassins sont apparus : coloration de l'eau en vert sombre et impossibilité de maintenir le pH au-dessous de la valeur tolérée de 7.5. Une analyse détaillée des aspects chimiques liés à ces phénomènes par une entreprise spécialisée, prévue en juin 2002, n'a pas pu démarrer en raison de la panne définitive du pompage.

La panne des pompes est intervenue en raison d'un échauffement anormal des moteurs. Les causes de cette défectuosité sont multiples et nous les avons classées par ordre de probabilité : 1) mauvaise étanchéité des câbles électriques et chute de tension aux bornes; 2) isolation supplémentaire par la couche de sulfure de fer qui enveloppe les pompes, absence de refroidissement en raison d'une fuite de l'eau du moteur, température relativement élevée de l'eau thermale; 3) plastique qui a bouché l'orifice d'aspiration d'une pompe, vibrations en raison de l'inclinaison des pompes; 4) désagrégation de la croûte de sulfure de fer qui recouvre les tubages et aspiration de la poussière de fer par les pompes; 5) débit de fuite lors du pompage insuffisant. La remise en service du pompage comporte un investissement de l'ordre de 100 kFr. Plusieurs conditions techniques doivent être remplies pour réduire au minimum la probabilité d'une nouvelle panne.

Si le problème du fer n'est pas maîtrisé, la remise en production du puits JAFE ne sera jamais économiquement rentable faute de pouvoir fournir de l'eau aux Bains. Deux solutions sont possibles : 1) mise en place d'une installation de traitement de l'eau; 2) approfondissement du forage sur 200 m pour trouver de nouvelles zones productives et pose d'un nouveau chemisage en INOX. Nous recommandons d'approfondir le forage : cette solution risquée mais au combien profitable en cas de succès devrait faire l'objet d'une étude de faisabilité. A notre avis, seule cette opération innovatrice permettra de garantir la poursuite et la réussite de l'opération géothermique entreprise par la commune de Saillon.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der geothermischen Arbeiten von Saillon (VS) war es, die tiefe Bohrung JAFE, welche im Jahr 1996 mit einer anfänglichen Neigung von 25° und einer Länge von 929 m realisiert wurde, durch pumpen zu verwenden. Die zwei Benutzer der energiereichen Ressource waren das kommunale Schulzentrum (Heizung durch Wärmepumpe) und die Bäder von Saillon (Vorheizung des Badewassers). Die Produktionsphase fing im April 1999 an und wurde im Juni 2002 wegen grossen Problemen mit den zwei Tauchpumpen frühzeitig eingestellt. Die Pumpen mit je einer Leistung von 18.5 kW waren während der Ausbeutung von JAFE alternierend in Betrieb. Hydrogeologisch gesehen war das Projekt erfolgreich: Thermalwasser mit einer maximalen Temperatur von 32.6° C wurde mit einer Pumprate von 6 l/s herausgepumpt. Dadurch wurde der Wasserspiegel um 180 m gesenkt. Wegen chemischen Problemen, vor allem wegen der hohen Konzentration von gelöstem Eisen (im Mittel 15 mg/l), konnten die Bäder das gelieferte Wasser (300 l/min) nicht brauchen. Diese Situation führte dazu, dass die Pumpen oft unterbrochen wurden: während 3 Jahren liefen die Pumpen nur 759 Tage, d.h. nur 66% der gesamten Zeit. Während der Ausbeutung wurde ein Thermalwasservolumen von 273'000 m³ herausgepumpt, davon gingen 249'000 m³ an die Bäder und der Rest ans Schulzentrum. Dies ermöglichte einen dreijährigen Heizzyklus durch Wärmepumpe.

Eine Installation zur Enteisung, die eine Entgasung von H₂S und eine Injizierung von Sauerstoff bewirkt, erlaubte eine Reduktion von 90% des Eisengehalts am Eintritt des Beckens. Leider war diese Lösung nicht befriedigend, da das ganze Eisen in den Filtern vor den Schwimmbecken ausfiel und eine Verstopfung hervorrief. Andere Probleme im Zusammenhang mit den Wechselwirkungen zwischen Thermalwasser und verwendetem Chlor zur Desinfektion der Becken, wie dunkelgrüne Färbung des Wassers und das Unvermögen den pH unter dem tolerierbaren Wert von 7.5 zu halten, sind aufgetaucht. Im Juni 2002 war eine detaillierte Untersuchung der verschiedenen chemischen Aspekte dieser Phänomene durch eine spezialisierte Firma vorgesehen, in Folge einer definitiven Panne der Pumpen konnte diese aber nicht mehr durchgeführt werden.

Die Panne der Pumpen ist durch eine anormale Erwärmung des Motors entstanden. Es gibt mehrere Ursachen für die Schäden. Die Ursachen wurden von uns entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeit geordnet: 1) schlechte Dichtigkeit des elektrischen Kabels und Spannungsausfall an den Enden; 2) Erhöhte Isolation um die Pumpen herum durch eine Schicht Eisensulfur, keine Abkühlung wegen Wasserverlust des Motors, ziemlich hohe Temperaturen des Thermalwassers; 3) Blockierung der Ansaugöffnung der Pumpen durch einen Plastik, Vibration infolge Neigung der Pumpen; 4) Verwitterung der Eisensulfurschicht um die Röhren herum und Ansaugen des Eisenpulvers durch die Pumpen; 5) Pumpenratenflucht während dem Pumpvorgang ungenügend. Die Wiederinbetriebnahme der Pumpen setzt eine Investition in der Grössenordnung von 100 kFr voraus. Mehrere technische Bedingungen müssen gewährleistet sein, um die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Panne auf ein Minimum zu beschränken.

Falls das Eisenproblem nicht gelöst werden kann, und dadurch das Wasser für die Bäder nicht verwendbar ist, wird die Wiederinbetriebnahme des JAFE-Brunnens nie ökonomisch lohnend sein. Es gibt zwei mögliche Lösungen: 1) Eine Installation zur Behandlung des Wassers erstellen; 2) Erweiterung der Bohrung um weitere 200 m, um eine neue produktive Zone zu finden, wo man eine neue INOX-Verkleidung setzen kann. Wir schlagen vor die Bohrung weiter zu führen: diese riskante, aber im Falle eines Erfolgs sehr lohnende Lösung, soll durch eine Machbarkeitsstudie betrachtet werden. Aus unserer Sicht erlaubt nur diese innovative Lösung das Weitergehen und den Erfolg der geothermischen Arbeiten, die in der Gemeinde Saillon unternommen wurden.

RIASSUNTO

L'obiettivo dell'operazione geotermica di Saillon (VS) era di sfruttare con un pompaggio il pozzo profondo JAFE, realizzato nel 1996 con un'inclinazione di 25° e lungo 929 m. I due utilizzatori della risorsa energetica erano il centro scolastico comunale (riscaldamento con una termopompa) ed i Bagni di Saillon (pre-riscaldamento dell'acqua delle piscine). La fase di produzione è iniziata nell'aprile 1999 e si è terminata prematuramente nel giugno 2002, in seguito ad una panna grave delle pompe immerse. Queste avevano una potenza di 18.5 kW ciascuna e funzionavano alternativamente durante lo sfruttamento del pozzo JAFE. Da un punto di vista idrogeologico, lo sfruttamento del JAFE può essere considerato un successo: l'acqua termale pompata con una portata di 6 l/s e un abbassamento del livello di 180 m, raggiungeva una temperatura massima di 32.6°C. Per contro, i Bagni non hanno potuto usufruire dell'acqua fornita (300 l/mn) a causa di problemi di chimismo, dovuti principalmente agli elevati contenuti in ferro disciolto (in media 15 mg/l). Questa situazione ha provocato frequenti interruzioni del pompaggio: nei 3 anni di sfruttamento, le pompe hanno funzionato solamente durante 759 giorni, pari al 66% del tempo totale. Durante lo sfruttamento, è stato pompato un volume di acqua termale di 273'000 m³, di cui 249'000 m³ sono stati forniti ai Bagni ed il resto al centro scolastico, permettendo di realizzare 3 cicli annuali di riscaldamento con la termopompa.

Un impianto di deferrizzazione che permette di degasare l'H₂S ed di iniettare dell'ossigeno ha permesso di ridurre del 90% i contenuti in ferro all'entrata delle piscine. Tuttavia, questa soluzione non era soddisfacente perché tutto il ferro precipitava nei filtri posti prima dei bacini, provocandone l'intasamento. Sono comunque apparsi altri problemi legati all'interazione tra l'acqua termale ed il cloro utilizzato per disinfettare le piscine: colorazione di verde scuro dell'acqua e impossibilità di mantenere i valori di pH al di sotto della norma ammessa di 7.5. Un'analisi dettagliata degli aspetti chimici di questi fenomeni era prevista nel giugno 2002, ma non ha potuto cominciare a causa della panna definitiva del pompaggio.

La panna delle pompe si è verificata in seguito ad un surriscaldamento anormale dei motori. Le cause di questo difetto sono molteplici e sono state da noi ordinate in funzione della probabilità: 1) cattiva tenuta stagna dei cavi elettrici e caduta di tensione alle estremità; 2) isolamento supplementare indotto dallo strato di solfuri di ferro che ricoprono le pompe, assenza di raffreddamento in seguito alla perdita dell'acqua del motore, temperatura dell'acqua termale relativamente elevata; 3) foglio di plastica che ha ostruito l'orifizio d'aspirazione di una delle pompe, vibrazioni a causa dell'inclinazione delle pompe; 4) sbriciolamento della crosta di solfuri di ferro che ricoprono i tubi della colonna di pompaggio e aspirazione del pulviscolo di ferro con le pompe; 5) portata di fuga insufficiente durante il pompaggio. La ripresa dello sfruttamento del pozzo con nuove pompe comporta un investimento di circa 100 kFr. Tutta una serie di condizioni tecniche dovrà essere rispettata al fine di ridurre al minimo i rischi che la panna alle pompe si riproduca.

Comunque, se i problemi legati al ferro non saranno risolti, la ripresa della produzione del pozzo JAFE non sarà mai economicamente redditizia se non è possibile fornire l'acqua ai Bagni. Due soluzioni sono possibili: 1) installazione di un impianto di trattamento dell'acqua; 2) approfondimento del foro di 200 m supplementari per trovare nuove zone produttive e posa di un nuovo rivestimento in acciaio INOX. Non possiamo che raccomandare quest'ultima proposta: questa soluzione a rischio ma molto proficua in caso di successo dovrebbe essere oggetto di uno studio di fattibilità. A nostro avviso, solo questa operazione innovatrice permetterà di garantire la prosecuzione ed il successo dell'operazione geotermica intrapresa dal comune di Saillon.

SOMMAIRE

Page

1. INTRODUCTION	7
2. MODE D'EXPLOITATION ET UTILISATEURS DE L'ENERGIE GEOTHERMIQUE	7
3. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION (avril 1999 – juin 2002)	8
4. SUIVI HYDROGEOLOGIQUE	10
4.1 Fréquence du suivi et paramètres contrôlés	10
4.2 Niveaux d'eau, débits et courbe caractéristique du puits	10
4.3 Températures de l'eau thermique	11
4.4 Conductivités de l'eau thermique	12
5. CONSOMMATIONS D'EAU ET D'ELECTRICITE, FONCTIONNEMENT DE LA PAC	12
5.1 Fournitures d'eau thermique	12
5.2 Consommation électrique des pompes et fonctionnement.....	13
5.3 Fonctionnement de la PAC	13
6. PROBLEMES CONSTATES AU NIVEAU DU CHIMISME ET INTERVENTIONS	14
6.1 Chimisme de l'eau	14
6.2 Problèmes constatés aux Bains de Saillon	15
6.3 Essais de déferrisation de l'eau	15
7. ARRET DEFINITIF DE L'EXPLOITATION ET CAUSES PROBABLES	17
7.1 Intervenants	17
7.2 Panne des pompes immergées et arrêt de l'exploitation.....	17
7.3 Causes probables de la panne	18
8. CONDITIONS POUR LA REMISE EN SERVICE DU POMPAGE AU JAFE	19
8.1 Coûts de la remise en service du pompage	19
8.2 Conditions à réaliser pour assurer une exploitation du JAFE sans pannes	20
8.3 Interventions à effectuer pour résoudre les problèmes liés au chimisme de l'eau	20
9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	21

BIBLIOGRAPHIE

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE + CAHIER DES ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** *Emplacement du forage et coupe géologique.*
- Annexe 2 :** *Coupe technique du forage JAFE.*
- Annexe 3 :** *Courbe caractéristique du puits JAFE.*
- Annexe 4 :** *Schéma de principe des équipements et des fournitures aux utilisateurs.*
- Annexe 5 :** *Historique de l'exploitation du forage JAFE (janvier 1999 – octobre 2002).*
- Annexe 6 :** *Formulaire pour le suivi du forage JAFE.*
- Annexe 7 :** *Surveillance hydrogéologique : évolution des principaux paramètres physico-chimiques observés.*
- Annexe 8 :** *Suivi hydrogéologique en 1999 : évolution des niveaux d'eau, des débits, des températures et des conductivités de l'eau thermique.*
- Annexe 9 :** *Suivi hydrogéologique en 2000 : évolution des niveaux d'eau, des débits, des températures et des conductivités de l'eau thermique.*
- Annexe 10 :** *Suivi hydrogéologique en 2001 : évolution des niveaux d'eau, des débits, des températures et des conductivités de l'eau thermique.*
- Annexe 11 :** *Suivi hydrogéologique en 2002 : évolution des niveaux d'eau, des débits, des températures et des conductivités de l'eau thermique.*
- Annexe 12 :** *Variations cycliques du niveau d'eau en fonction des besoins de la PAC.*
- Annexe 13 :** *Relation entre niveaux d'eau (débits d'exploitation) et températures de l'eau thermique.*
- Annexe 14 :** *Gestion des pompages : fourniture d'eau thermique et consommation électrique des pompes immergées (tableau synthétique).*
- Annexe 15 :** *Evolution des fournitures d'eau thermique aux utilisateurs.*
- Annexe 16 :** *Fournitures d'eau thermique aux utilisateurs et suivi hydrogéologique : tableaux des mesures.*
- Annexe 17 :** *Evolution de la consommation électrique des pompes immergées et variations des paramètres mesurés par le variateur de fréquence.*
- Annexe 18 :** *Evolution de la consommation électrique (bas et haut tarif), variations de la puissance des pompes, évolution de la production électrique engendrée par les pompes.*
- Annexe 19 :** *Consommation électrique des pompes immergées et paramètres liés à leur fonctionnement : tableaux des mesures.*
- Annexe 20 :** *Evolution de divers paramètres liés au fonctionnement de la PAC.*
- Annexe 21 :** *Fonctionnement de la PAC : tableaux des mesures.*
- Annexe 22 :** *Analyses chimiques complètes de l'eau du forage JAFE.*
- Annexe 23 :** *Teneurs en fer et manganèse dans l'eau thermique.*
- Annexe 24 :** *Evolution des teneurs en fer et manganèse dissous dans l'eau.*
- Annexe 25 :** *Teneurs en fer durant les pompages de août et septembre 1999.*
- Annexe 26 :** *Analyses d'éléments-trace effectuées par l'EPFL et le Laboratoire cantonal.*
- Annexe 27 :** *Rapport détaillé concernant la sortie des pompes immergées, par H. Rüfenacht, DRILLTEC.*
- Annexe 28 :** *Lettre du 3.3.03 de la SEIC concernant l'étanchéité des câbles électriques.*
- Annexe 29 :** *Lettre du 5.3.03 de GRUNDFOS concernant l'examen des pompes immergées.*
- Annexe 30 :** *Lettre du 25.2.03 de Marcel Maibach & fils SA concernant le fonctionnement du variateur.*

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE

- Photo 1 :** Câbles électriques fournis par la SEIC (avril 1999).
- Photo 2 :** Tableau électrique et variateur de fréquence.
- Photo 3 :** Colonne de pompage en INOX et raccords à bride (avril 1999).
- Photo 4 :** Pompe immergée N° 1 (avril 1999).
- Photo 5 :** Armoire des vannes.
- Photo 6 :** Détail d'un manchon en bronze.
- Photo 7 :** Tête du puits.
- Photo 8 :** Câbles électriques ressortis après la panne des pompes immergées (octobre 2002).
- Photo 9 :** Raccord entre un des câbles électriques SEIC et le câble électrique GRUNDFOS de la pompe immergée (octobre 2002).
- Photo 10 :** Détail d'un câble électrique SEIC écrasé et "bléssé" (octobre 2002).
- Photo 11 :** Détail de la section d'un des câbles électriques SEIC (octobre 2002)
- Photo 12 :** Détail de l'aspiration bouchée de la pompe immergée N° 1 (octobre 2002).
- Photo 13 :** Colonne de pompage ressortie après la panne des pompes immergées (octobre 2002).
- Photo 14 :** Détail des encroûtements de sulfures de fer qui recouvraient les pompes et la colonne de pompage.

1. INTRODUCTION

Le forage géothermique profond JAFE a été réalisé en 1996. Ce forage d'exploration de 929 m de longueur a permis de capter des venues d'eau thermale à 32 °C (ANNEXES 1 et 2). Toutefois le débit était nettement inférieur aux prévisions (185 l/mn pour un rabattement de 200 m). Les travaux de perforation et les pompages effectués ont fait l'objet d'un rapport détaillé (CRSFA 1996) et les principaux résultats ont été présentés aussi dans une revue spécialisée (CRSFA 1997).

En 1997, les aspects techno-économiques d'une éventuelle mise en production du forage ont été évalués. Il en est ressorti que celle-ci pourrait d'une part assurer le chauffage du centre scolaire communale avec une pompe à chaleur (PAC) et d'autre part permettrait de participer au préchauffage de l'eau de piscine des Bains de Saillon. Toutefois, la rentabilité économique d'une telle opération n'était pas assurée sans avoir amélioré au préalable la productivité du forage.

Suite à une stimulation du JAFE par développement air-lift et par acidification (injection de 7 tonnes d'acide chlorhydrique concentré), suivie d'un test de production d'un mois effectué durant l'hiver 1997-98, la productivité du forage a été notablement améliorée. Le débit a été porté à 315 l/mn pour un rabattement de 200 m (BIANCHETTI, 1998). Par la suite, divers pompages ont parfait le développement de la perméabilité permettant d'obtenir un débit maximum de 380 l/mn pour un rabattement de 200 m (ANNEXE 3).

La Commune de Saillon a ainsi décidé la mise en production du forage JAFE, impliquant la mise en œuvre de travaux de génie civil pour relier le site du JAFE aux deux utilisateurs précités, ainsi que l'équipement définitif du forage avec un système de pompage. Les travaux de pose des conduites et l'installation de la PAC pour le centre scolaire ont été effectués de janvier à juin 1999.

2. MODE D'EXPLOITATION ET UTILISATEURS DE L'ENERGIE GEOTHERMIQUE

Le système de pompage installé dans le forage JAFE consiste en une colonne de refoulement en INOX (PHOTO 3) d'un diamètre de 3" et longue 223 m (BIANCHETTI 1999). Celle-ci supporte 2 pompes immergées 6" de type GRUNDFOS, modèle SP 17-33 N avec moteur de 18.5 kW, qui fonctionnent alternativement (ANNEXE 4 et PHOTO 4). Situées à -226 m, respectivement à -230 m dans le tubage DN 8 5/8" incliné à 25° par rapport à la verticale, elles fournissent chacune un débit de 350 l/mn pour une hauteur de refoulement de 180 m. Les deux pompes étant montées l'une au-dessus de l'autre, un astucieux système de by-pass, représenté par une série de tubes 2" entourant la pompe supérieure, permet d'exploiter la pompe inférieure (PHOTO 4). Un variateur de fréquence permet de modifier la vitesse de chaque pompe en fonction de la demande de débit, en réduisant au minimum la consommation électrique (PHOTO 2).

La mise en place de l'installation de pompage a été effectuée en avril 1999. Cette opération est assez délicate, étant donné le risque de blesser les câbles électriques lors de l'introduction de la colonne de pompage dans JAFE (celui-ci étant incliné, une partie de la colonne frotte contre le chemisage métallique du forage). A signaler qu'il s'agissait de la deuxième installation des pompes dans le forage, la première (décembre 1998) ayant échoué suite à un dysfonctionnement provoqué par l'éclatement du chemisage de by-pass, constitué alors d'une pièce unique en demi-lune qui n'a pas résisté à la pression.

Deux utilisateurs bénéficient de l'énergie géothermique fournie par l'exploitation par pompage du forage JAFE :

- le centre scolaire communale de Saillon (chauffage des bâtiments à l'aide d'une pompe à chaleur) ;
- les Bains de Saillon (préchauffage de l'eau des bassins par injection directe des eaux du JAFE dans les bassins).

Dans les deux cas, l'énergie fournie par l'eau thermale permet de remplacer des sources d'énergie non renouvelables et polluantes. Deux conduites en PE isolé permettent le transport de l'eau jusqu'aux utilisateurs (ANNEXE 4) :

- l'une, DN 32 et longue 185 m, permet d'alimenter la PAC du centre scolaire communale;
- l'autre, DN 65 et longue 913 m, amène l'eau aux Bains de Saillon.

Une soupape de sécurité située dans la cabine hydraulique permet de refouler l'eau thermale en cas de manipulation erronée des vannes (fermeture totale). Toutes ces réalisations ont fait l'objet d'une participation au financement de la part de l'Office fédéral de l'Énergie (projet pilote) et de diverses instances cantonales.

3. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION (avril 1999 – juin 2002)

La mise en production du forage a débuté en juin 1999, suite à un pompage d'essai concluant de deux semaines, qui a mis en évidence une nouvelle amélioration de la productivité du forage. En effet, avec un débit de 355 l/mn, le niveau se stabilisait à –180 m. Par contre, la température de l'eau pompée n'était que de 31.0 °C, valeur inférieure de 1 °C à celle obtenue lors du test de production (1997-98). Ce phénomène est lié aux temps de pompage relativement courts. Le pompage de longue durée entrepris sans interruptions de février à juin 2002 a démontré par la suite que la température de l'eau pouvait atteindre 32.6°C.

Très rapidement, des problèmes de précipitation de fer dans les piscines du centre thermal ont nécessité l'arrêt du pompage. Par la suite, plusieurs pompages-test avec rejet des eaux thermales au canal ont été entrepris de juin à septembre 1999, afin de déterminer la teneur exacte et l'évolution temporelle du fer dissous dans les eaux pompées, ainsi que pour en rechercher l'origine. Le fonctionnement de l'installation de pompage a pu être éprouvé avec succès à plusieurs reprises lors de divers test de pompage pour une durée cumulée de 64 jours. L'isolation thermique des conduites s'est révélée efficace avec une perte de température d'au maximum 0.3°C entre la tête du forage et les Bains de Saillon (distance : env. 1 km).

Plusieurs analyses chimiques ont montré que les teneurs en fer dissous variaient entre 15 et 25 mg/l et rendaient inutilisable l'eau thermale au niveau des Bains de Saillon, en raison de la coloration de l'eau des bassins (rouge-brun). Le fer provient en très grande partie de la mise en solution des tubages métalliques en acier noir qui ont été installés en 1996 lors de l'équipement du forage. Il faut rappeler ici que la décision de ne pas utiliser des tubages en INOX avait été motivée à l'époque par des considérations économiques. En effet, sur la base du faible potentiel géothermique fourni par le puits (échec total selon les critères du contrat avec l'OFEN), il avait été considéré que l'exploitation à but géothermique du forage JAFE n'était pas rentable.

Les pompages intermittents réalisés de avril à août 1999, avec arrêts journaliers de la pompe entre 23 heures et 4 heures du matin, en raison des faibles besoins en eau thermale des Bains durant la nuit, n'ont pas donné pleine satisfaction. Ce mode de pompage comporte en effet plusieurs désavantages majeurs, à savoir :

- Mise en solution fréquente, lors de la remontée du niveau d'eau durant les arrêts journaliers du pompage, du fer de la colonne métallique. En effet, celle-ci a été oxydée pendant les phases de pompage, lorsque la baisse du niveau laisse à l'air libre les tubages. Lors de la remise en fonction du pompage, les teneurs en fer dissous peuvent alors temporairement doubler ;
- Lente montée en température de l'eau pompée. Les courtes durées de pompage ne permettent pas d'atteindre la température maximale de 32.6°C ;
- Usure accrue des pompes et durée de vie diminuée en conséquence ;
- Pointes de courant fréquentes (lors du démarrage des pompes la tension triple), facturées à un tarif élevé.

Ainsi, à partir de septembre 1999, il a été décidé d'exploiter le forage en continu, avec le débit maximal fourni par chaque pompe (350 l/mn). Durant la nuit, le débit non exploité par les Bains de Saillon était rejeté au canal. Depuis le 1^{er} septembre 1999, le chauffage "géothermique" avec pompe à chaleur (PAC) du centre scolaire de Saillon a été mis en service.

Durant tout l'hiver 1999-2000, le pompage en continu a permis d'alimenter la PAC du centre scolaire et de remplir durant quelques semaines les bassins au niveau des Bains. Par la suite, en raison des problèmes précités, l'eau thermale envoyée aux Bains a été rejeté au canal. Le variateur de fréquence est tombé en panne à de nombreuses reprises durant cette période, où la pompe N° 2 était utilisée, en raison de courts-circuits. Ces pannes n'ont pas été prises trop au sérieux, elles indiquaient pourtant déjà un mauvais fonctionnement de l'installation de pompage, en relation très probablement avec la mauvaise étanchéité des câbles électriques ou avec les chutes de tension qui provoquaient un échauffement anormal de la pompe immergée. Depuis le 1^{er} juin 2000, la pompe N° 1 a été enclenchée (ANNEXE 5).

En mars 2000, un projet de traitement des eaux a été financé par l'OFEN (projet N° 36'651). En avril 2000, un système de déferrisation a été installé dans le local technique des Bains. La précipitation massive du fer dans les filtres a nécessité l'arrêt de l'alimentation des bassins. De plus, un problème de coloration de l'eau des bassins en vert sombre, en raison de l'interaction entre l'eau thermale et le chlore utilisé pour désinfecter l'eau, a été jugé inesthétique par les responsables des Bains. Le pompage a été arrêté du 26 juin au 24 octobre 2000, pour permettre le remplacement de manchons en bronze, posés sur la conduite d'eau thermale au niveau de l'armoire des vannes, avec des manchons en PVC. On pensait que des sels de cuivre et de nickel provenant de la corrosion de ces éléments provoquent la coloration de l'eau des bassins. Ces travaux ont traîné en longueur en raison du manque de disponibilité de l'entreprise mandatée.

La reprise du pompage à fin octobre 2000 a montré que les eaux des bassins étaient toujours très légèrement teintées en vert. De plus, malgré l'injection massive de chlore, on n'arrivait pas à baisser le pH de l'eau en dessous de 7.5, valeur maximale admise pour l'exploitation des piscines. Pour cette raison, seul le bassin semi-olympique a été alimenté avec l'eau du JAFE, avec un faible débit (170 l/mn), permettant de maintenir la température de l'eau à 28°C sans devoir la chauffer. Cette expérience s'est terminée en janvier 2001 : il a été alors décidé de continuer le pompage avec un débit d'environ 300 l/mn, dont la majeure partie était rejetée au canal. Durant l'hiver 2000 - 2001, l'eau thermale a permis de chauffer le centre scolaire de Saillon, bien qu'une fuite dans la conduite ait nécessité un arrêt de 3 semaines du 16 février au 9 mars 2001.

De mars à début septembre 2001, le pompage a été poursuivi avec des arrêts fréquents en raison d'une nouvelle fuite sur la conduite et de pannes du variateur. Les pompes ont été arrêtées tout le mois de septembre 2001. La commune de Saillon a alors fait pression sur les Bains pour qu'une solution au niveau du traitement des eaux soit recherchée.

En octobre 2001, 4 entreprises spécialisées dans le traitement des eaux ont été contactées et priées de soumettre une offre pour un mandat d'étude. Une seule a répondu favorablement. Afin de disposer de conditions idéales pour entreprendre cette étude, le pompage a été remis en fonction le 1^{er} octobre 2001 avec un débit continu de 350 l/mn. Les investigations géochimiques n'ont pas pu être effectuées durant l'hiver 2001- 2002, en raison du fonctionnement des Bains. Par la suite, la décision de faire intervenir l'entreprise mandatée a été renvoyée à plusieurs reprises. Malheureusement, la pompe N° 2 est tombée en panne de manière définitive le 7 juin 2002 et la pompe N° 1 ne pouvait pas fonctionner plus de quelques heures avant de déclencher le variateur de fréquence qui indiquait un défaut thermique. Pour toutes ces raisons, l'étude géochimique n'a pas pu être menée à bien.

A fin octobre 2002, devant l'impossibilité de redémarrer les pompes, il a été décidé de les ressortir du forage pour déterminer la raison des pannes. Depuis, le forage JAFE n'est plus exploité. Au total, d'avril 1999 à octobre 2002, le forage JAFE a été exploité par pompage durant 759 jours, alors que la durée des arrêts a été de 383 jours. Le temps de fonctionnement des pompes correspond donc à environ 66% du temps total.

Afin d'assurer le chauffage du centre scolaire de Saillon avec la PAC, un puits a été battu jusqu'à 15 m de profondeur dans les alluvions du Rhône à proximité des bâtiments. Il permet de pomper de l'eau avec une température de 16°C qui alimente la pompe à chaleur. En novembre 2002, les divers intervenants du projet JAFE ont participé à une séance qui a permis d'évoquer diverses hypothèses pour expliquer la panne des pompes immergées. En septembre 2002, l'Ecole d'ingénieurs du Valais a été mandatée par l'Assurance des pompes pour déterminer les causes du dysfonctionnement du système de pompage. Ce mandat n'a pas pu être mené à bien car entre-temps les pompes ont été jetées. En novembre 2002, la commune de Saillon a mandaté un avocat pour défendre ses droits et déterminer d'éventuelles responsabilités dans cette affaire.

4. SUIVI HYDROGEOLOGIQUE

4.1 Fréquence du suivi et paramètres contrôlés

Les tournées de contrôle ont été réalisées avec un rythme hebdomadaire par un employé communal, sous la supervision de l'hydrogéologue. Toutes les mesures, effectuées dans 3 zones différentes (tête du puits, Bains et centre scolaire de Saillon) ont été contrôlées, validées et saisies dans des fichiers informatiques permettant d'élaborer des graphiques.

Les paramètres mesurés figurent sur le formulaire utilisé pour le suivi du forage (ANNEXE 6). En plus des paramètres hydrogéologiques (niveaux d'eau, débits, températures et conductivités de l'eau thermale), les principales caractéristiques des pompes immergées et de la PAC ont été mesurées (consommation électrique, fréquence, intensité du courant, durée de fonctionnement, etc.).

4.2 Niveaux d'eau, débits et courbe caractéristique du puits

Le **niveau d'eau** était mesuré automatiquement par un acquiseur de données MADD (pas de temps de 30 minutes), grâce à une sonde piézoélectrique située dans le forage à une profondeur de 198 m, environ 8 m au-dessus de la pompe supérieure. La précision des mesures, qui est normalement de ± 0.5 m, se dégrade fortement lors du fonctionnement de la pompe N° 1, en raison d'interférences avec le système d'alimentation électrique (?), atteignant alors parfois ± 10 m.

Sans pompage, le niveau d'eau se situe très proche de la surface du sol (nappe captive), à une profondeur de quelques mètres. Par moments, l'eau sort naturellement du forage, dont la tête se situe environ 2 m sous le sol. En pompage, le niveau d'eau a toujours été au moins 25 m au-dessus de la pompe immergée supérieure. Les pompes n'ont jamais été dénoyées.

Lorsqu'on prélève le débit maximum (350 l/mn), le niveau s'abaisse rapidement jusqu'à une **profondeur maximale de 180 m** et se stabilise en quelques semaines (ANNEXES 7 et 11). Les courbes de niveau montrent une allure en "dents de scie" provoquée par le fonctionnement de la PAC (ANNEXE 12). En effet, lorsque celle-ci est au repos, une vanne ferme l'apport d'eau thermique : le débit total diminue et le niveau d'eau remonte très rapidement.

Le **débit** était relevé par un compteur à ailettes situé à l'entrée des Bains (valeur instantanée et cumulée), ainsi que par un compteur installé dans le local technique du centre scolaire de Saillon, à proximité de la PAC. Le **débit total de 350 l/mn** est reparti à raison de **~300 l/mn pour les Bains** et **~50 l/mn pour le centre scolaire**.

L'évolution des niveaux d'eau et des débits de 1999 à 2002 est présentée sous forme graphique dans les ANNEXES 7 à 11. Les valeurs maximales relevées durant la période de fonctionnement des pompages ont été les suivantes :

	1999	2000	2001	2002
Niveau d'eau (m)	179	170	168	177
Débit total (l/mn)	355	340	373	365
Débit aux Bains (l/mn)	355	300	320	295
Débit au centre scolaire (l/mn)	0	40	53	50

La **courbe caractéristique du puits** déterminée par les pompages effectués durant la période d'exploitation d'avril 1999 à juin 2002 est présentée dans l'ANNEXE 3. On peut observer, en comparant cette courbe avec celle obtenue lors du pompage de novembre 1996 réalisé avant l'acidification du puits, comment la productivité du forage a été améliorée. Le débit d'exploitation a été doublé.

4.3 Températures de l'eau thermique

La **température** de l'eau thermique en tête de puits a été mesurée de plusieurs manières :

- *mesures automatiques avec l'appareil MADD*, grâce à une sonde fichée au sommet de la conduite de refoulement, dans l'armoire hydraulique. La précision de cette sonde est satisfaisante et peut être comparée à celle de l'appareil WTW (cf. ci après). En 1999, les températures relevées n'étaient pas stables et oscillaient sans raison de quelques dizaines de °C. Ce désagrément a été résolu en déroulant le câble électrique des pompes et en le disposant de manière irrégulière dans la cave de forage, en évitant de former des boucles. Lors du fonctionnement de la pompe N° 1, les températures enregistrées par l'appareil sont complètement fausses et instables (cf. chap. 4.2) ;
- *mesures manuelles avec un appareil de type WTW* au bout d'un tuyau prévu pour l'échantillonnage des eaux. Les valeurs relevées, dont la précision est de ± 0.1 °C, ont permis de caler les mesures automatiques enregistrées par le MADD ;
- *mesures manuelles avec un thermomètre à applique* plaqué contre la conduite de refoulement. Celles-ci se sont révélées peu fiables.

La température de l'eau pouvait encore être contrôlée avec une bonne précision au niveau des Bains (*mesures avec thermomètre à mercure avant le compteur de débit*) ou avec l'appareil WTW au bout de la conduite, avant le rejet au canal.

La température de l'eau thermique est directement proportionnelle au débit de pompage (ANNEXE 13), mais aussi à la durée du pompage. En effet, l'augmentation de température se fait très lentement et il faut plusieurs mois pour atteindre la **température maximale de 32.6 °C**. Durant l'exploitation avec la PAC, en raison des variations de débit, le température de l'eau varie "en dents de scie" de ± 0.1 °C.

L'évolution des températures de 1999 à 2002 est présentée sous forme graphique dans les ANNEXES 7 à 11. Les températures maximales relevées durant la période de fonctionnement des pompages ont été les suivantes :

	1999	2000	2001	2002
Tête du puits	30.7 °C	31.3 °C	32.6 °C	32.6 °C
Entrée Bains	30.9 °C	31.2 °C	32.0 °C	32.0 °C
Entrée PAC (centre scolaire)	-	-	32.0 °C	32.3 °C

4.4 Conductivités de l'eau thermique

La **conductivité** de l'eau thermique en tête de puits (corrigée à 20°C) a été mesurée comme pour la température avec un appareil WTW au bout de la conduite d'échantillonnage. En raison de la minéralisation élevée de l'eau et de la propension à précipiter le fer, des mesures en continu n'auraient pas été fiables (encrassement de la sonde).

L'évolution des conductivités de 1999 à 2002 est présentée sous forme graphique dans les ANNEXES 7 à 11. Les valeurs maximales relevées durant la période de fonctionnement des pompages ont été les suivantes :

	1999	2000	2001	2002
Conductivité (µS/cm)	4'830	5'040	4'920	4'770

On observe une baisse progressive de la conductivité entre juin 2000 et mars 2002 (ANNEXE 7), mais le peu de mesures à disposition ne permet pas de conclure à un changement des caractéristiques chimiques de l'eau.

5. CONSOMMATIONS D'EAU ET D'ELECTRICITE, FONCTIONNEMENT DE LA PAC

5.1 Fournitures d'eau thermique

Les informations détaillées concernant les volumes d'eau thermique extraits du puits JAFE et les quantités fournies aux utilisateurs se trouvent dans l'ANNEXE 14. L'évolution des fournitures d'eau durant la période 1999 – 2002 est présentée graphiquement dans l'ANNEXE 15. La fourniture aux Bains a été répartie de manière fictive en volume consommé pour les bassins (19 heures par jour) et volume rejeté au canal (5 heures par jour). Le tableau avec toutes les mesures effectuées se trouve à l'ANNEXE 16.

Durant la période d'exploitation du puits (avril 99 – juin 02), un **volume de ~273'000 m³** a été extrait par pompage. Le volume maximum pompé au cours d'une année est de ~99'000 m³ (2001), ce qui correspond à peu près à la moitié de la quantité qu'il aurait été possible de pomper théoriquement, sans interruptions du pompage (184'000 m³). Le volume total fourni aux Bains a été de **~249'000 m³**. Les besoins en eau thermal pour la PAC du centre scolaire se chiffrent en moyenne annuelle, pour la période de fonctionnement sans problèmes (2001 – 2002), à **~9'500 m³**.

5.2 Consommation électrique des pompes et fonctionnement

Les informations détaillées concernant les consommations électriques des pompes immergées et leur durée d'utilisation figurent à l'ANNEXE 14. L'évolution de la consommation électrique, ainsi que les variations de pression, fréquence du variateur et intensité du courant sont présentées graphiquement dans l'ANNEXE 17. La consommation électrique des pompes répartie en bas et haut tarif, ainsi que la production d'électricité propre au fonctionnement des pompes figurent à l'ANNEXE 18. Le tableau avec toutes les mesures effectuées se trouve à l'ANNEXE 19.

Durant la période 1999 – 2002, la consommation globale de pompes immergées, qui ont chacune une puissance de 18.5 kW, a été de **70'239 kWh**, pour une durée cumulée de fonctionnement de 14'467 heures. La pompe N° 1 a été utilisée durant 173 jours, alors que la pompe N° 2 a fonctionné durant 586 jours. Les valeurs extrêmes de divers paramètres contrôlés sont les suivantes :

Paramètres	Maximum	Minimum
Fréquence du variateur (Hz)	50	30
Intensité du courant (A)	43	18
Puissance électrique calculée (kW)	7.7	1.8
Pression en tête de puits (bars)	5.1	3.4

La fréquence du variateur s'abaissait à 30 Hz pour un débit minimum de 60 l/mn. En cas de fermeture accidentelle de toutes les vannes, une soupape de surpression permettait d'évacuer l'eau pompée directement au canal.

5.3 Fonctionnement de la PAC

La surveillance de la PAC n'est pas du ressort de l'hydrogéologue. Toutefois, lors des tournées de contrôle nous avons demandé de mesurer certains paramètres propres au fonctionnement de la machine. Nous ne disposons de données que depuis le 1^{er} janvier 2000. L'évolution de la consommation totale d'eau et du débit moyen, de la température d'arrivée et de rejet de l'eau thermique, ainsi que de la consommation électrique de la PAC sont présentées graphiquement dans l'ANNEXE 20. Dans ces graphiques on peut suivre aussi l'évolution de la durée de fonctionnement et le nombre d'enclenchement des différentes composantes de la PAC (compresseurs, pompe primaire et pompe de circulation). Le tableau avec toutes les mesures effectuées se trouve à l'ANNEXE 21.

La PAC a été mise en fonction en septembre 1999. Elle se met en marche d'octobre à mai : 3 cycles de fonctionnement ont été donc réalisés avec l'eau thermique du JAFE, sans problèmes majeurs. La consommation électrique pour le cycle 2000 – 2001 a été de **~16'000 kWh**. A l'entrée, la température de l'eau varie entre 31.3 et 32.3 °C (en fonction de la durée du pompage), alors que le rejet se situe entre 26.8 et 27.3 °C. Le Δt est donc de l'ordre de 5 °C. Une deuxième PAC pourrait être installée pour des besoins ultérieurs en chauffage en exploitant l'eau de rejet.

6. PROBLEMES CONSTATES AU NIVEAU DU CHIMISME ET INTERVENTIONS

6.1 Chimisme de l'eau

Six analyses chimiques détaillées de l'eau thermique du forage JAFE ont été effectuées entre 1996 et 1999 (ANNEXE 22) :

- *deux analyses avant l'équipement du forage (juillet 1996).* Le forage avait alors atteint 828 m de profondeur et la zone testée en trou nu se situait entre 409 m et le fond du forage. Les **échantillons N° 1 et 2** ont été prélevés le 12.7.96 lors du pompage N° 1 (CRSFA 1996);
- *deux analyses après l'équipement du forage (octobre et novembre 1996).* Le forage avait alors atteint 929 m et était crépiné avec les tubes en acier noir de 680 à 920 m de profondeur. L'**échantillon N° 3**, prélevé le 3.10.96 lors du pompage N° 2, montre une eau moins minéralisée et moins chaude. Cette eau comporte un mélange avec l'eau de la nappe phréatique du Rhône, en raison d'une rupture du tubage à 20 m de profondeur (CRSFA 1996). Après avoir chemisé le tubage fissuré, l'**échantillons N° 4**, prélevé le 20.11.96 lors du pompage final N° 4, capte enfin les eaux profondes depuis la zone crépinée;
- *deux analyses après la stimulation et l'acidification du forage (mai 1998 et décembre 1999).* Le forage avait été alors testé par plusieurs essais de pompage (BIANCHETTI 1998 et 1999). L'**échantillon N° 5**, prélevé le 6.5.98 lors d'un court pompage, n'a été analysé qu'en décembre 1999. Pourtant, deux litres d'eau filtrée et acidifiée avaient été immédiatement remis aux responsables des Bains. Nous avons en effet recommandé d'obtenir un avis d'experts au sujet des interactions entre l'eau thermique et l'eau des piscines des Bains, avant que les conduites entre le site du JAFE et le centre thermal soient posées. Malheureusement, aucune analyse chimique détaillée n'avait été effectuée, qui aurait pu mettre en évidence les problèmes liés aux fortes teneurs en fer dissous. L'**échantillon N° 6**, prélevé le 10.12.99 en cours d'exploitation du puits, est représentatif de la situation géochimique de l'eau thermique après un pompage continu de 2 semaines avec débit de 300 l/mn.

Parmi toutes ces analyses, seules celles des **échantillons N° 4 et 6 sont vraiment représentatives du fluide profond** capté par JAFE. Il s'agit d'une **eau très minéralisée** (à l'échelle des eaux connues dans les Alpes), de type Ca, Na-SO₄, avec des teneurs élevées en Cl et Mg. Cette eau est réductrice (absence d'oxygène dissous), avec présence d'**hydrogène sulfureux** (H₂S) et avec un **pH légèrement acide**. Toutes ces conditions rendent cette eau **agressive aux métaux**. De plus, un dégazage de l'H₂S provoque la précipitation des métaux et principalement du fer, sous formes d'oxydes (couleur brun-orange) et de sulfures (couleur noire).

Concernant le fer dissous, on remarque que ses teneurs ont fortement augmenté depuis 1996 : avant l'équipement, on avait au maximum 1.5 mg/l, juste après la pose des crépines 4.5 mg/l et 2 ans après l'acidification du puits, en phase de production, 11.6 mg/l (ANNEXE 22). Les teneurs en Mn ont suivi la même progression, bien que moins marquée : 0.03 mg/l, ensuite 0.05 et, pour l'analyse de décembre 1999, 0.07 mg/l.

Du 16 juillet au 29 septembre 1999, l'eau thermique a été échantillonnée à neuf reprises afin d'analyser le fer et le manganèse en solution. Avec les prélèvements du 6.5.98, du 10.12.99 et du 7.6.00, on dispose en tout de 12 analyses de fer et de manganèse effectués après l'acidification du puits. L'eau prélevée a été filtrée et acidifiée avant d'être remise au laboratoire d'analyses. L'ANNEXE 23 présente dans un tableau les résultats de toutes ces analyses, ainsi que de celles réalisées en 1996. Dans l'ANNEXE 24, tous les résultats sont présentés graphiquement.

Le fer et le manganèse dissous dans l'eau thermale du forage JAFE **proviennent essentiellement de la dissolution par corrosion et oxydation des tubages en acier noir** (BIANCHETTI 1999). Les teneurs moyennes sont de **15.4 mg/l pour le fer** et de 0.09 mg/ pour le manganèse (ANNEXE 23 ET 24). Elles augmentent progressivement avec la durée du pompage et, dans des conditions particulières (en début de pompage), elles peuvent atteindre des valeurs assez élevées (p.ex. 46.5 mg/l de fer dissous le 15.9.99, cf. ANNEXE 25). En effet, lorsque le niveau d'eau est fortement rabattu, la partie supérieure du tubage à l'air libre est oxydée. Lors de l'arrêt du pompage, la colonne en acier noir sera noyée et le fer mis en solution, avec pour conséquence des teneurs anormalement élevées au début de la remise en fonction des pompes. Une analyse des mécanismes de mise en solution du fer en fonction des modes d'exploitation du puits est présentée dans le précédent rapport pour l'OFEN (BIANCHETTI 1999).

Pour terminer, des analyses chimiques d'éléments-trace effectuées par l'EPFL avec la méthode semi-quantitative par ICP-MS ont mis en évidence la présence de nickel en quantités anormales, de l'ordre de 100 ppb (ANNEXE 26).

6.2 Problèmes constatés aux Bains de Saillon

Les problèmes constatés aux Bains de Saillon et qui ont empêché l'utilisation de l'eau thermale du JAFE pour remplir les bassins sont de trois types :

- *Coloration brunâtre de l'eau et dépôts bruns sur les parois des piscines au niveau des buses d'injection* : ce problème est lié à la précipitation de fer. Subsiste aussi le risque de tâcher les maillots de bains.
- *Coloration vert-brun de l'eau* : il y a probablement une relation avec la présence de sels de nickel, qui ont une couleur bleu-verte. Une interaction avec le chlore injecté dans les piscines sous forme liquide (javel) n'est pas exclue.
- *Impossibilité de maintenir le pH de l'eau des bassins en dessous de 7.5*, valeur maximale admise pour l'exploitation des piscines.

6.3 Essais de déferrisation de l'eau

En mars 2000, un projet de traitement des eaux a été financé par l'OFEN (projet N° 36'651). En avril 2000, un système de déferrisation a été installé dans la salle technique des Bains. La solution retenue comportait un bicône en acier INOX, permettant de dégazer l'eau thermale (H₂S) avant d'injecter de l'oxygène pour compléter la précipitation du fer. L'objectif de cette installation était de précipiter le fer dissous dans l'eau thermale dans les bassins de décantation situés avant les filtres. Un test de plusieurs semaines a été effectué d'abord avec le petit bassin du toboggan et ensuite avec le bassin semi-olympique qui, alimenté avec l'eau du JAFE, permettait de maintenir la température de l'eau à 28°C sans devoir la chauffer.

La solution retenue s'est révélée efficace, les teneurs en fer ont été réduites de 90% (voir ci-après) et l'eau des piscines ne se colorait plus en rouge-brun. Les analyses effectuées chronologiquement entre la tête du puits et la sortie du filtre à sable montrent une diminution progressive du fer dissous (ANNEXE 26) :

- Tête du puits : **18.9 mg/l** Avant le système de déferrisation (Bains) : 18.6 mg/l
- À la sortie du système de déferrisation (dégazage de H₂S et injection d'oxygène) : 17.4 mg/l
- À la sortie du filtre à sable, avant l'injection dans les piscines : **1.8 mg/l**

Toutefois, **le fer ne précipitait pas dans le bassin de décantation**, mais plus loin, dans le circuit au niveau du filtre à sables, situés avant l'entrée de l'eau dans les bassins précités. De manière évidente, le temps de précipitation était trop long pour permettre au fer de se déposer rapidement dans le bassin de décantation. La précipitation massive du fer dans les filtres exigeait **des lavages beaucoup plus fréquents** et, à moyen terme, un **encrassement des filtres** malgré les lavages. A titre d'exemple, avec une précipitation de 17 mg/l de fer et un débit de 300 l/mn, ce ne sont pas moins de **7.3 kg de fer par jour** qui sont retenus par le filtre à sable, ce qui représente annuellement presque 2.7 tonnes de fer! De plus, les autres filtres du centre thermal sont à charbon actif, ce qui **rendait impossible le lavage de telles quantités de fer**.

De plus, un nouveau problème est apparu en raison de l'interaction entre le chlore utilisé pour désinfecter l'eau des bassins et l'eau thermale du JAFE. En effet, malgré la précipitation du fer retenu dans le filtre à sable, l'eau des bassins testés se colorait à nouveau, passant progressivement d'une belle couleur vert émeraude à une teinte vert mousse. Cette coloration, bien que n'ayant pas les mêmes désavantages que ceux entraînés par la précipitation de fer (dépôts sur les parois des piscines, tâches sur les maillots de bains), a été jugé inesthétique par les responsables des Bains. On a pensé que cette coloration verte pouvait provenir de la **corrosion de manchons en bronze posés sur la conduite d'eau thermale en INOX au niveau de l'armoire des vannes** (PHOTOS 5 et 6), en raison de la **mise en solution de sels de cuivre et de nickel**. Les analyses d'éléments-trace n'ont mis en évidence que des teneurs anormalement élevées en nickel. Il a été ainsi décidé de remplacer les manchons en bronze avec des manchons en PVC. Le pompage a été arrêté du 26 juin au 24 octobre 2000, en attendant ces modifications. Depuis la reprise du pompage en novembre 2000, les eaux des bassins étaient encore très légèrement teintées en vert.

Mais un autre problème est alors venu se rajouter aux précédents. Malgré l'injection massive de chlore dans les piscines (4'500 l durant le premier semestre 2001 pour le bassin olympique), **on n'arrivait pas à baisser le pH de l'eau en dessous de 7.5**, valeur maximale admise pour l'exploitation des piscines. Sans injection de chlore, le pH pouvait atteindre 7.9. Ce problème était incompréhensible étant donné qu'au niveau du bassin rempli avec l'eau du JAFE on sentait encore l'odeur typique de l'H₂S, dont la présence aurait dû maintenir une faible acidité de l'eau. En janvier 2001, les valeurs suivantes de pH ont été mesurées :

- Tête du puits : 6.9
- Après dégazage et oxygénation : 6.9
- Dans le bassin semi-olympique : 7.5

Pour cette raison, dès le début de 2001, toute l'eau thermale acheminée aux Bains était rejetée au canal. Cette situation mettait en danger la poursuite de l'opération géothermique montée par la commune de Saillon, en raison d'une rentabilité économique insuffisante, étant donné l'impossibilité de vendre l'eau thermale aux Bains.

En octobre 2001, la commune de Saillon a sommé les Bains de trouver une solution aux problèmes de chimie de l'eau thermale qui en empêchaient l'utilisation. Trois entreprises spécialisées dans le traitement des eaux, à savoir DEGREMONT SA, FEHLMANN WASSERAUFBEREITUNG AG et CULLIGAN SA ont été contactées. Leur analyse de la situation aurait dû permettre de mieux cerner les problèmes et de proposer une solution permettant la précipitation du fer (et du manganèse ?) dans les bassins de décantation et empêchant la coloration de l'eau des piscines en vert. Le problème du pH était à considérer comme secondaire. Dans la mesure du possible, l'installation de déferrisation existante aurait dû être réutilisée. Celle-ci aurait pu être placée en tête de puits pour profiter du temps d'écoulement jusqu'aux Bains, afin de précipiter les éléments chimiques indésirables. L'investissement pour le nouveau concept de traitement de l'eau devait être proportionné au prix de vente annuel de l'eau (~ 45'000.-).

FEHLMANN WASSERAUFBEREITUNG AG a proposé directement un système de traitement à l'ozone pour un montant de Fr. 217'000, ce qui ne correspondait pas du tout au cahier de charges de l'appel d'offres. Pour finir, seule DEGREMONT a répondu favorablement à l'appel d'offres. Des investigations approfondies étaient planifiées en début de 2002. Le pompage a été remis en fonction à débit maximum depuis le 1.er octobre 2001, l'eau livrée aux Bains étant rejetée au canal en attendant le démarrage de l'étude. Malheureusement, en raison d'un manque de disponibilité des Bains pour la mise à disposition d'un bassin extérieur à remplir avec l'eau du JAFE, le début des investigations a été repoussé à plusieurs reprises. L'arrêt forcé du pompage en juin 2002 a mis un terme à cette étude avant même qu'elle commence.

7. ARRET DEFINITIF DE L'EXPLOITATION ET CAUSES PROBABLES

7.1 Intervenants

L'organisation de l'opération géothermique du forage JAFE était régie par les intervenants suivants :

Maître de l'ouvrage :	Commune de Saillon
Ingénieur et Direction Générale :	M. Hadorn
Hydrogéologue :	M. Bianchetti
Utilisateurs :	Les Bains de Saillon et Centre scolaire de Saillon
Ingénieur chauffage centre scolaire :	ThermAir Confort, M. Buchard
Equipement du forage :	STUMP AG, M. Rüfenacht
Gestion électricité :	Siemens, M. Maibach
Fournisseur électricité :	SEIC SA, MM. Murisier et Ciccarelli
Fournisseur pompes immergées :	Grundfos AG, M. Fontannaz
Fournisseur variateur :	Schneider, M. Schläfli
Assureur :	Allianz Suisse, M. Zurkinden

7.2 Panne des pompes immergées et arrêt de l'exploitation

Lors de la tournée de mesures du 12 juin 2002, l'opérateur de la commune signalait que le pompage était arrêté : le variateur de fréquence indiquait un défaut thermique. L'examen de la sonde d'enregistrement en continu du niveau montre que la **pompe N°2 est tombée en panne le 7.6.02 entre midi et 13 heures**. Cette date correspond à l'arrêt définitif de l'exploitation du puits JAFE.

Le 17.6.02 nous avons essayé de redémarrer le pompage avec la pompe N° 2, qui était complètement grippée. La pompe N°1 a tourné pendant environ 30 minutes avant de tomber en panne (défaut thermique signalé par le variateur). Le 28.6.02 la même opération a été effectuée en compagnie de M. Maibach, avec les mêmes résultats. Les 5 et 6.9.02 on a encore enclenché la pompe N°1 qui a tourné pendant 4 heures avant de tomber de nouveau en panne. Pour terminer, le 15.10.02 cette pompe a tourné encore une dizaine de minutes et le lendemain M. Fontannaz de la maison GRUNDFOS SA a procédé à des mesures de résistance électrique sur les câbles (cf. ANNEXE 29). Suite à ces contrôles qui montraient que **les deux pompes étaient irrémédiablement défectueuses**, il a été décidé de les ressortir.

Cette opération a été effectuée les 29 et 30.10.02 par l'entreprise de forage TECFOR sous la supervision de M. Rüfenacht de la maison DRILLTEC consulting. Ce dernier a procédé à une analyse visuelle des pompes, du système de by-pass, de la colonne de pompage ainsi que des câbles électriques et des connexions. Un rapport technique détaillé a été préparé suite à cette analyse (ANNEXE 27).

7.3 Causes probables de la panne

Une séance de coordination s'est tenue à Saillon le 26.11.02 en présence de tous les intervenants (cf. chap. 7.1) pour déterminer les causes possibles qui ont entraîné la panne des pompes. En premier lieu le rapport technique de M. Rüfenacht a été présenté et commenté. A remarquer que les Nos indiqués pour les pompes dans ce rapport sont inversés. En effet, la pompe inférieure est la N°2 (et non la N°1 comme M. Rüfenacht l'indique) et la pompe supérieure est la N°1 (et non la N° 2). Les principales constatations qui ressortent de l'analyse technique sont les suivantes :

- les **câbles électriques étaient pleins d'eau** (PHOTO 11);
- **l'orifice d'aspiration de la pompe N° 1 était partiellement bloqué par une feuille de plastique** (PHOTO 12). Le moteur doit être testé;
- **Le moteur de la pompe N° 2 était complètement grippé**;
- La conduite vers le centre scolaire était probablement trop étroite et les pompes ont été forcées.

Le dernier argument a été contesté par notre bureau. En effet, le débit de fuite vers le centre scolaire est de ~50 l/mn, donc amplement suffisant pour une pompe de 360 l/mn. De plus, en cas de fermeture accidentelle des vannes du centre scolaire et des Bains, une **soupape de sécurité** s'ouvre dans l'armoire des vannes dès que la pression en tête de forage dépasse 6 bars. L'eau est ainsi rejetée au canal et par conséquent les pompes n'ont pas pu être "forcées".

Les deux pompes immergées ont été démontées par GRUNDFOS et les moteurs ont fait l'objet d'un contrôle visuel par M. Fontannaz. Les **axes étaient totalement bloqués**, suite à un **échauffement anormal** (cf. ANNEXE 29). Une couche de matière noire (sulfures de fer) recouvre les deux pompes en créant une isolation, ce qui a **contribué à augmenter la température interne du liquide de refroidissement**, déjà relativement élevée en raison de la température de l'eau thermale (32 °C). **La perte de l'eau de refroidissement des moteurs a provoqué un court-circuit**. Les deux pompes sont dans le même état.

La discussion concernant les câbles électriques et le variateur de fréquence a montré les faits suivants :

- Les **câbles n'étaient pas prévus pour supporter une pression de 20 bars**, mais d'au maximum 10 bars (cf. lettre de SEIC du 3 mars 2003, ANNEXE 28). Ceux-ci ont été montés par la maison GRUNDFOS (raccords avec les pompes) et posés par la maison STUMP.
- **L'eau ne s'est pas introduite dans les câbles par les raccords**, la cause de la panne ne provient donc pas d'une mauvaise étanchéité. De plus, M. Fontannaz précise que même si les câbles électriques avaient gonflé et étaient remplis d'eau, ces faits n'ont aucune relation avec la panne et ne sont certainement pas la cause de la défectuosité des moteurs des pompes.
- La **garniture des deux moteurs a chauffé** sans que le variateur ne l'ait détecté. Cet argument est contesté par la maison Schneider, qui informe que le variateur a toujours détecté les pannes (cf. lettre de Maibach & Fils SA du 25.2.03 et lettres de la même maison et du groupe Schneider du 19 et 24.11.98, ANNEXES 30).

- Etant donné que la station électrique est éloignée du transformateur, ajouté à la longueur des câbles, **la chute de tension aux bornes peut avoir joué un rôle dans l'échauffement des enroulements des moteurs.**

D'autres causes sont évoquées pour expliquer la panne des pompes :

- Les pompes ont peut-être subi une usure accrue en raison du chimisme particulier de l'eau thermale ou suite à l'aspiration de particules en suspension ("sable") qui se sont détachées de la couche noire qui recouvre les tubes de la colonne de pompage (PHOTO 14).
- Des vibrations en raison de l'inclinaison du forage peuvent aussi provoquer une usure accrue des axes du moteur.

En synthèse, la cause de la panne des pompes est en relation avec des problèmes du type suivant, que nous avons classé par ordre de probabilité :

- ... **électrique** : étanchéité des câbles électriques (contesté par M. Fontannaz), chute de tension aux bornes;
- ... **thermique** : isolation supplémentaire par la couche de sulfures de fer qui enveloppe les pompes, absence de refroidissement en raison de la fuite de l'eau du moteur, température relativement élevée de l'eau thermale;
- ... **mécanique** : plastique qui a bouché l'orifice d'aspiration, vibrations en raison de l'inclinaison des pompes.
- ... **chimique** : les dépôts de sulfures de fer (couche noire) autour des pompes et des tubages se désagrègent et sont aspirés par les pompes;
- ... **hydraulique** : le débit de fuite n'est pas suffisant (contesté par M. Hadorn et par notre bureau);

Plusieurs causes probables ont pu s'additionner pour provoquer la panne. Il est impossible de dégager une cause principale. On a probablement affaire à une suite de phénomènes qui se sont progressivement mis en place avec le temps.

8. CONDITIONS POUR LA REMISE EN SERVICE DU POMPAGE AU JAFE

8.1 Coûts de la remise en service du pompage

La remise en service de l'exploitation du pompage nécessite un investissement total de l'ordre de Fr. 100'000, qui se répartit ainsi :

- 2 pompes immergées GRUNDFOS SP 17-33 N : ~Fr. 35'000
- 2 x 245 m de câble électrique, y.c. raccords : ~Fr. 35'000
- Pose des pompes immergées à 200 m : ~Fr. 15'000
- Honoraires d'ingénieurs et techniciens pour remise en service pompage: ~Fr. 15'000.

Dans les conditions actuelles, **la remise en fonction du pompage n'est pas souhaitable sans s'être au préalable assuré du bon fonctionnement futur des pompes.**

8.2 Conditions à réaliser pour assurer une exploitation du JAFE sans pannes

Pour que les probabilités de panne aux pompes soient réduites au minimum, les conditions suivantes doivent être remplies :

- **Les câbles électriques et les connections doivent être parfaitement étanches et supporter une pression de 20 bars.** Cette condition est garantie par la maison GRUNDFOS;
- **Les moteurs des pompes doivent être surdimensionnés et la chute de tension aux bornes doit être réduite au maximum.** Par ces mesures on évite un échauffement anormal des pompes;
- En cas de fonctionnement de la soupape de surpression, **l'eau thermale doit être évacuée au canal et non rejetée dans le forage.** On évitera ainsi la précipitation de fer dans le forage et la mise en suspension d'un "sable métallique" qui, aspiré par les pompes, aurait un effet abrasif;
- Il faut **éviter de fermer la vanne des Bains** afin d'assurer un écoulement optimal et une mise en fonction de la soupape de surpression.
- **Le tubage métallique du JAFE devrait être équipé d'une mise à terre avec une anode,** permettant au moins de diminuer la corrosion de cette partie de l'équipement du forage. Il faut éviter de fermer la vanne des Bains afin d'assurer un écoulement optimal et pour éviter une montée en pression et la mise en fonction de la soupape de surpression.

Toutes ces mesures ne sauraient être efficaces sans la présence d'un **CHEF DE PROJET** ayant des connaissances dans tous les domaines touchés. Cet ingénieur devra coordonner et diriger les travaux, ce qui demandera une bonne disponibilité non seulement durant la phase de pose des pompes, mais aussi, en cas de problèmes, durant le début de la phase d'exploitation.

8.3 Interventions à effectuer pour résoudre les problèmes liés au chimisme de l'eau

Pour résoudre ces problèmes et assurer ainsi une utilisation de la ressource géothermique par le principal utilisateur, à savoir les Bains de Saillon, en théorie trois solutions sont envisageables :

- **Installation de traitement des eaux :** cette solution est **techniquement réalisable**, mais comporte des coûts qui peuvent aller jusqu'à Fr. 220'000. De plus, il faut encore compter avec des **coûts d'exploitation importants** en raison de l'utilisation d'ozone ou d'oxygène et de l'entretien des filtres. Le débit de l'eau thermale fournie aux Bains serait de l'ordre de 300 l/mn, avec une température de l'eau de l'ordre de 28 à 32 °C. La vente de l'eau thermale aux Bains rapporterait annuellement au maximum Fr. 40'000;
- **Retrait des tubages en acier noir et mise en place d'un équipement en INOX :** le coût de cette opération est estimé à ~Fr. 210'000. Toutefois, **les chances de réussite pour le retrait des tubes en fer sont minimales.** En cas de succès, le débit d'eau thermale fourni aux Bains ne dépasserait pas 300 l/mn pour une température de l'ordre de 32 °C. La vente de l'eau thermale aux Bains rapporterait annuellement au maximum Fr. 45'000;
- **Approfondissement du forage et mise en place d'un équipement en INOX :** cette dernière solution consiste à poursuivre la perforation en carottage sur environ 150 à 200 m. Comme le montre la coupe géologique prévisionnelle du JAFE (ANNEXE 1), l'approfondissement du forage jusqu'à ~1'100 m permettrait de recouper des niveaux carbonatés du Jurassique, connus pour être fissurés et karstifiés et donc potentiellement aquifères. **Cette opération comporte un risque d'échec total** au cas où le tronçon perforé devait se révéler improductif (peu d'eau). Par contre, en cas de succès, le débit d'exploitation et la température de l'eau captée pourraient être nettement augmentés. La chambre de pompage se limiterait dans ce cas au tronçon entre 0 à 100 m et la

pompe immergée pourrait être posée à 80 – 90 m de profondeur. **Les coûts du système de pompage seraient alors nettement diminués et les coûts d'exploitation sensiblement plus bas.** L'eau exploitée ne nécessiterait pas de traitements particuliers et le débit fourni aux Bains pourrait être augmenté dans les limites posées par la capacité des conduites. Cette opération pourrait être réalisées avec un budget de l'ordre de Fr. 150'000 à 200'000. En cas de succès, le prix de vente annuel de l'eau aux Bains, de l'ordre de Fr. 100'000 pour un débit de 600 l/mn, permettrait **d'amortir rapidement l'investissement.**

En résumé, seulement deux solutions sont techniquement possibles pour résoudre les problèmes liés au chimisme de l'eau du JAFE. Elles sont comparées dans le tableau ci-dessous :

	Installation de traitement des eaux	Approfondissement du forage et mise en place d'un équipement en INOX
Faisabilité technique	Oui	Oui, à vérifier dans les détails avec entreprise de forage
Risque d'échec	Faible	Moyen à élevé
Coût de réalisation	Moyen à élevé (~50 à 200 kFr.)	Elevé (~200 kFr.)
Coût d'exploitation	Moyen	Faible
Revenus par la vente de l'eau	Moyen (~40 kFr.)	Moyen à élevé (~50 à 100 kFr.)
Temps d'amortissement de l'investissement	Long (> 20 ans)	Court (< 5 ans)

9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'exploitation du forage JAFE par pompage durant environ 3 ans (avril 1999 – juin 2002) n'a comporté aucun imprévu hydrogéologique ou technique majeur, malgré un système de pompage relativement sophistiqué et des rabattements importants, de l'ordre de 180 m. Le débit était satisfaisant (6 l/s) et la température de l'eau stable (32 °C). Par contre, le principal utilisateur de la ressource géothermique, à savoir les Bains de Saillon, n'a pas pu utiliser l'eau thermique en raison d'interactions modifiant le chimisme de l'eau thermique injectée dans les bassins, entraînant des arrêts fréquents et prolongés du pompage.

L'arrêt définitif du pompage intervenu en juin 2002 en raison d'une **panne des pompes** a mis en évidence plusieurs problèmes techniques liés à l'installation de pompage, au mode de fonctionnement et au chimisme de l'eau, dont le cumul a progressivement entraîné une défectuosité des moteurs par échauffement anormal. Actuellement, la détermination des causes exactes de cette panne n'est pas facile. Toutefois, on peut raisonnablement penser que des **causes multiples** (étanchéité des câbles, chute de tension aux bornes, isolation supplémentaire des pompes par le dépôt d'une couche métallique, obstruction de l'orifice d'aspiration, etc.) sont à l'origine de l'arrêt des pompes.

La remise en exploitation du pompage est une opération **assez onéreuse (~100 kFr.), mais techniquement réalisable** en respectant certaines conditions pour assurer une production à long terme sans pannes (le temps de vie d'une pompe immergée peut dépasser 20 ans!). La mise en place de câbles électriques et de connexions parfaitement étanches, la limitation des chutes de tension aux bornes et l'utilisation de moteurs surdimensionnés pour les pompes devraient permettre d'atteindre cet objectif en réduisant les risques de panne au strict minimum.

Toutefois, il faut souligner que **la remise en production du puits JAFE ne sera jamais économiquement rentable si les Bains n'arrivent pas à utiliser l'eau thermale pour leurs besoins**. Pour cette raison, il faut absolument trouver une solution aux problèmes de chimie de l'eau et plus particulièrement à l'élimination du fer. Parmi les deux solutions possibles, à savoir **la mise en place d'une installation de traitement de l'eau et l'approfondissement du forage pour trouver de nouvelles zones productives, à capter par un nouveau chemisage en INOX**, nous préférons la deuxième.

Avant d'enterrer définitivement l'opération géothermique du forage JAFE, cette **solution risquée mais au combien profitable en cas de succès** devrait faire l'objet d'une **étude de faisabilité**. Celle-ci permettra de définir si le projet d'approfondissement du forage JAFE est vraiment techniquement réalisable, en déterminant aussi avec précision le budget. Cela permettrait par la suite d'effectuer un **montage financier comportant différents partenaires** (commune de Saillon, société des Bains, offices fédérale et cantonal de l'énergie, entreprise de forage, bureau de géologues, etc.) prêts à s'engager pour couvrir les frais d'investissement. En cas de succès, ces différents investisseurs seraient remboursés avec les revenus de la vente d'eau thermale, avec en prime une plus-value financièrement intéressante.

A notre avis, **seule cette opération innovatrice permettra de garantir la poursuite et la réussite de l'opération géothermique entreprise par la commune de Saillon**. Pour cette raison nous ne pouvons que la recommander aux autorités communales.



Germain Crestin

ALPGEO Sàrl
Géologues et Hydrogéologues Conseils



Gabriele Bianchetti

Sierre, le 24 novembre 2003

[G:\Saillon - JAFE\IC-Exploitation\Rapports\OFEN-2003\IRAPP-JAFE-OFEN-2003.doc]

Distribution :

Commune de Saillon :	3 dossiers + 1 CD (version pdf)
Office fédéral de l'énergie :	2 dossiers + 1CD (version pdf)
Bureau ALPGEO :	2 dossiers
Archives ALPGEO :	1 dossier + 1 CD (version pdf)

BIBLIOGRAPHIE

CRSFA, 1996. *Forage géothermique JAFE à Saillon : rapport technique final*. Rapport CRSFA/96.47, non publié.

CRSFA, 1997. *Forage géothermique JAFE à Saillon (VS)*. GEOTHERMIE CH, N° 2/97, juin 1997, 4-5.

BIANCHETTI, 1998. *Forage géothermique JAFE : stimulation du forage et test de production (novembre 1997 – janvier 1998)*. Rapport pour la commune de Saillon, mars 1998, non publié.

BIANCHETTI, G., 1999. *Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon. Mise en production : suivi en 1999 et compte-rendu des principaux problèmes rencontrés (période : janvier – octobre 1999)*. Rapport final OFEN, projet N° 22'545, nov. 1999.

BIANCHETTI, G., 2001. *Mise en production des forages géothermiques de Lavey-les-Bains (Vaud) et de Saillon (Valais)*. GEOTHERMIE CH, N° 29, mars 2001, 2-7.

Rapport final novembre 2003

Forage géothermique profond JAFE à Saillon (VS)

Commune de Saillon

**Exploitation de la ressource énergétique par pompage
Problèmes constatés et essais de déferrisation
Panne des pompes immergées et arrêt définitif
de la production (avril 1999 – octobre 2002)**

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE

élaboré par
Bianchetti Gabriele
ALPGEO Sàrl – Hydrogéologues Conseils
Rue du Bourg 49 – 3960 SIERRE



PHOTO 1 : Câbles électriques fournis par la SEIC (avril 1999).



PHOTO 2 : Tableau électrique et variateur de fréquence.

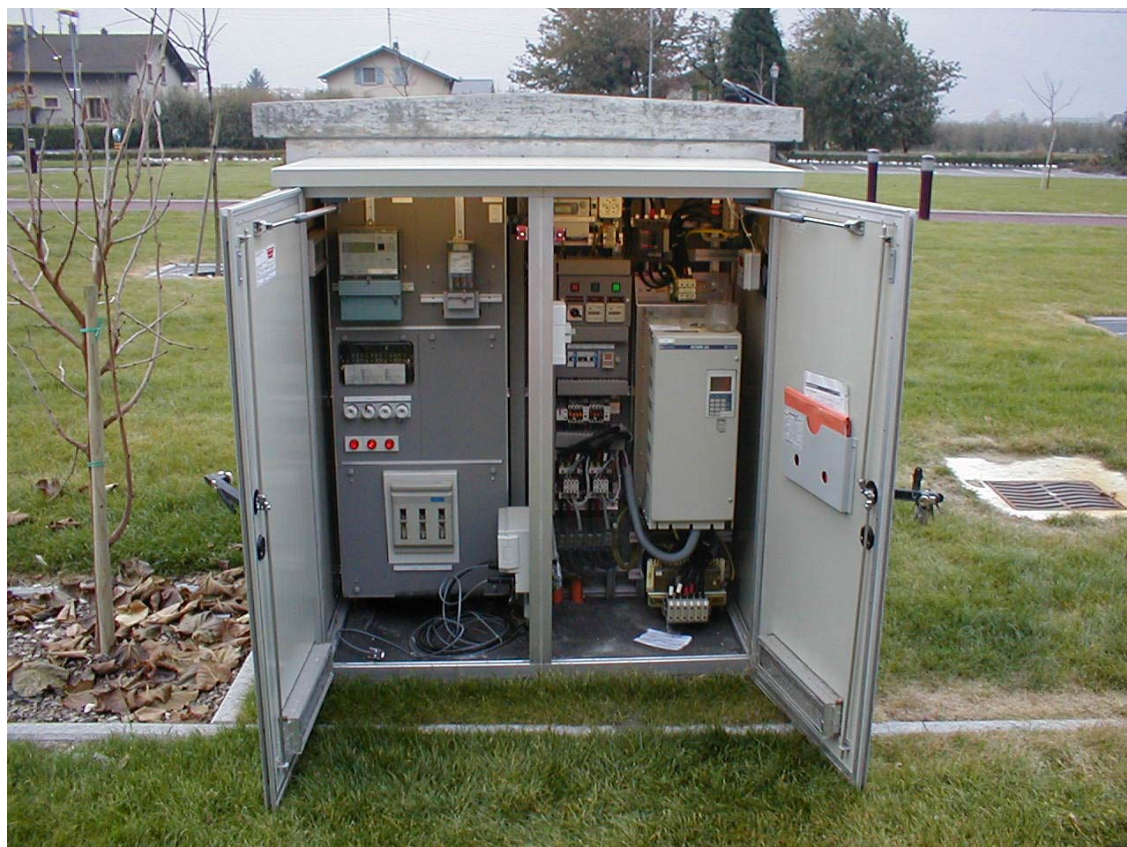


PHOTO 3 : Colonne de pompage en INOX et raccords à bride (avril 1999).



PHOTO 4 : Pompe immergée N° 1 (avril 1999).



PHOTO 5 : Armoire des vannes.

Sur ce cliché, les manchons en bronze ont déjà été remplacés par des manchons en PVC et la conduite en INOX a été remplacée par des tubes en PVC.



PHOTO 6 : Détail d'un manchon en bronze posé sur la conduite en INOX jusqu'en octobre 2000.

PHOTO 7 : Tête du puits.



PHOTO 8 : Câbles électriques ressortis après la panne des pompes immergées (octobre 2002).



PHOTO 9 : Raccord entre un des câbles électriques SEIC et le câble électrique GRUNDFOS de la pompe immergée (octobre 2002).



PHOTO 10 : Détail d'un câble électrique SEIC écrasé et "blessé" (octobre 2002).



PHOTO 11 : Détail de la section d'un des câbles électriques SEIC (octobre 2002).



PHOTO 12 : Détail de l'aspiration bouchée de la pompe immergée N° 1 (octobre 2002).



PHOTO 13 : Colonne de pompage ressortie après la panne des pompes immergées (octobre 2002).

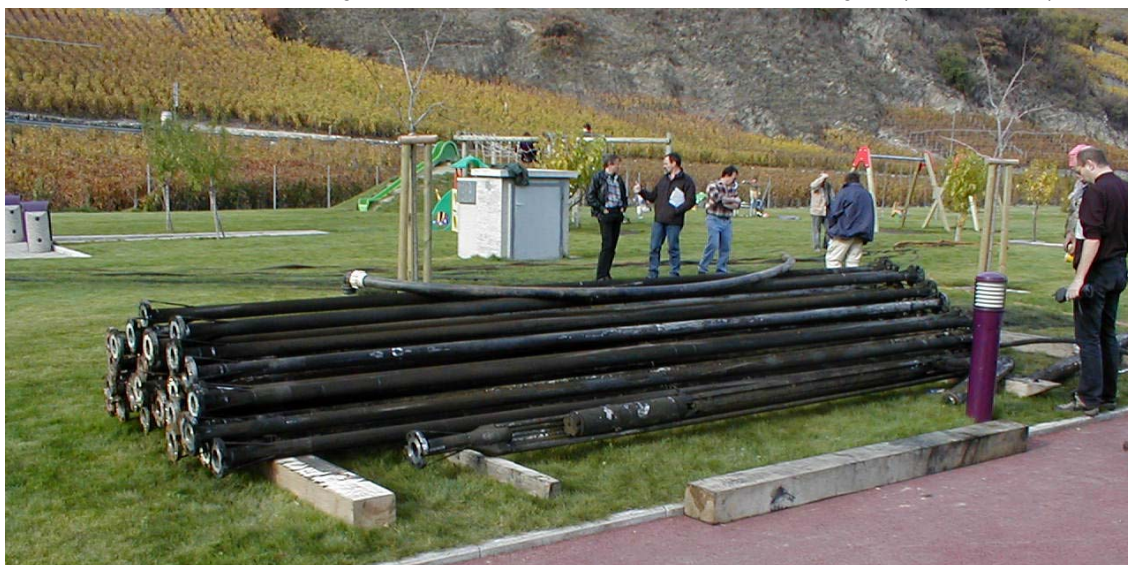


PHOTO 14 : Détail des encroûtements de sulfures de fer qui recouvraient les pompes et la colonne de pompage (épaisseur : 1 à 2 mm).



Rapport final novembre 2003

Forage géothermique profond JAFE à Saillon (VS)

Commune de Saillon

**Exploitation de la ressource énergétique par pompage
Problèmes constatés et essais de déferrisation
Panne des pompes immergées et arrêt définitif
de la production (avril 1999 – octobre 2002)**

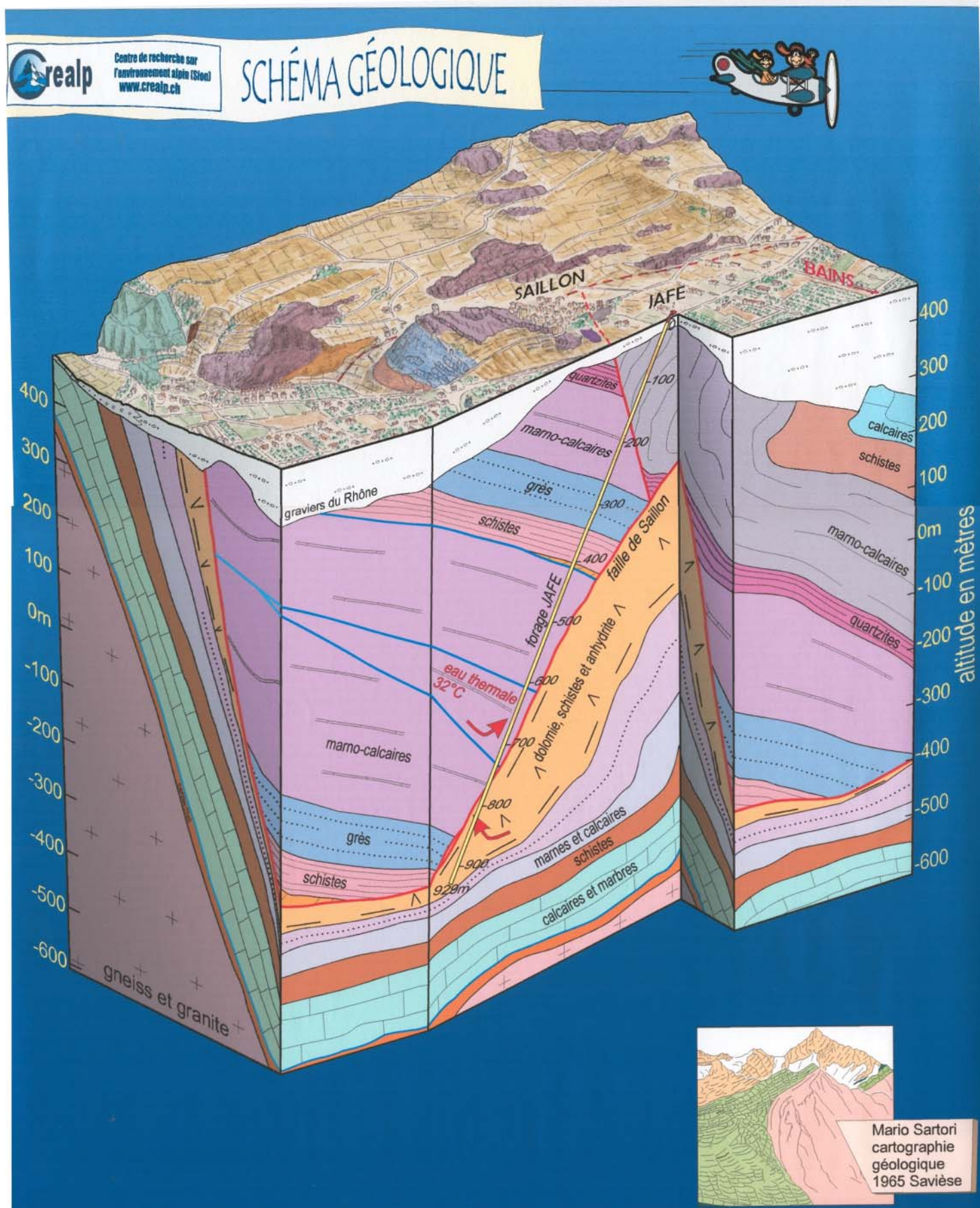
CAHIER DES ANNEXES

élaboré par

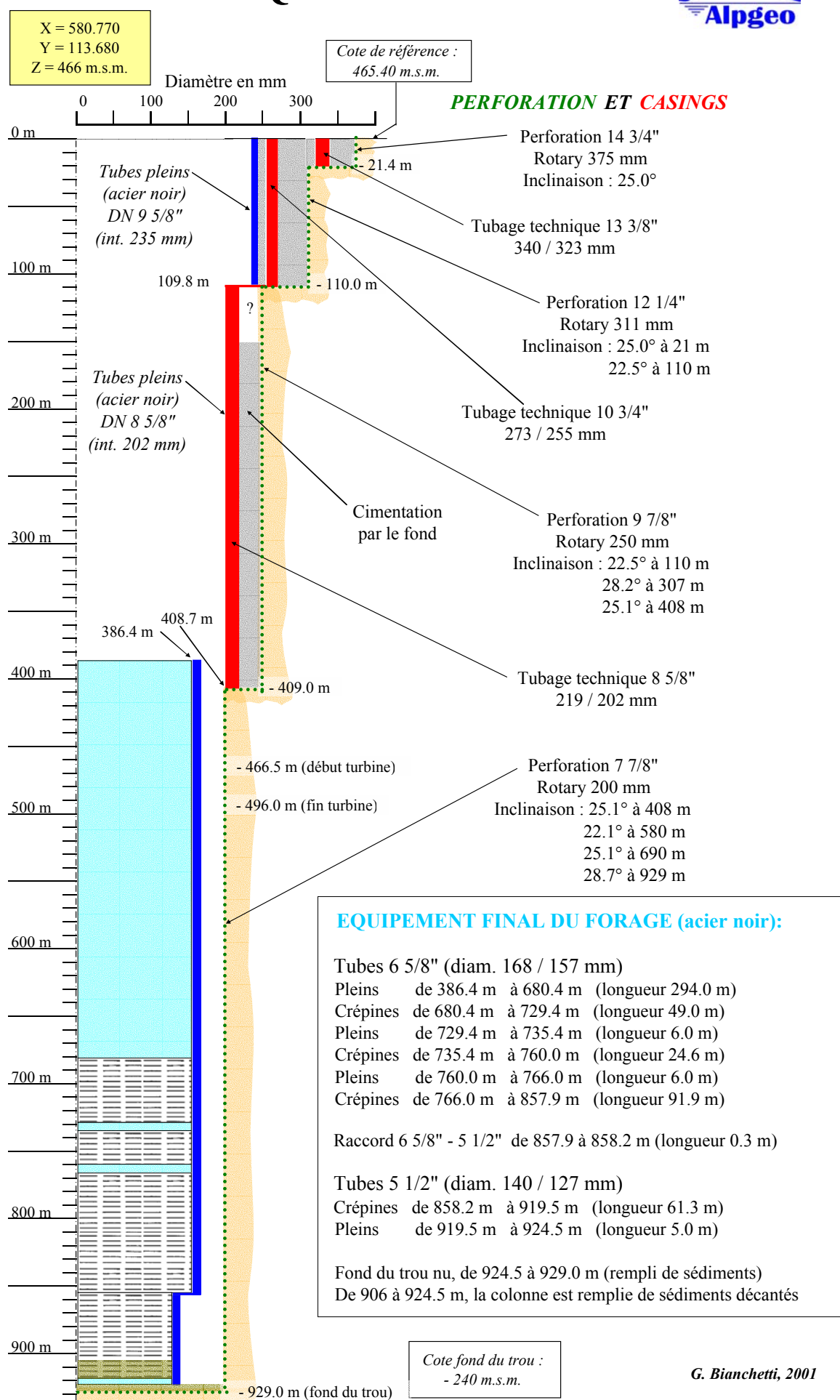
Bianchetti Gabriele
ALPGEO Sàrl – Hydrogéologues Conseils
Rue du Bourg 49 – 3960 SIERRE



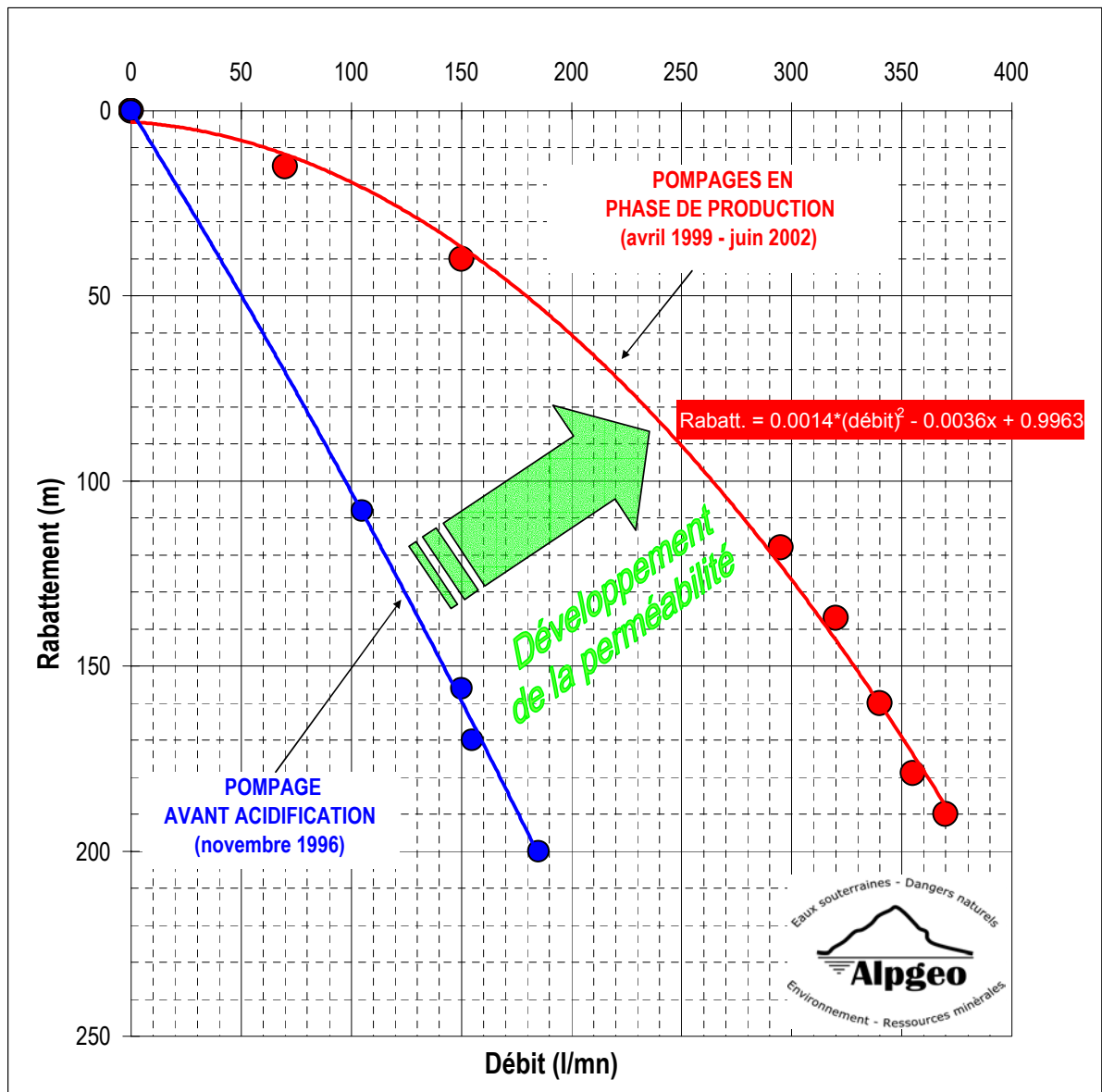
ANNEXE 1 : Emplacement du forage et coupe géologique

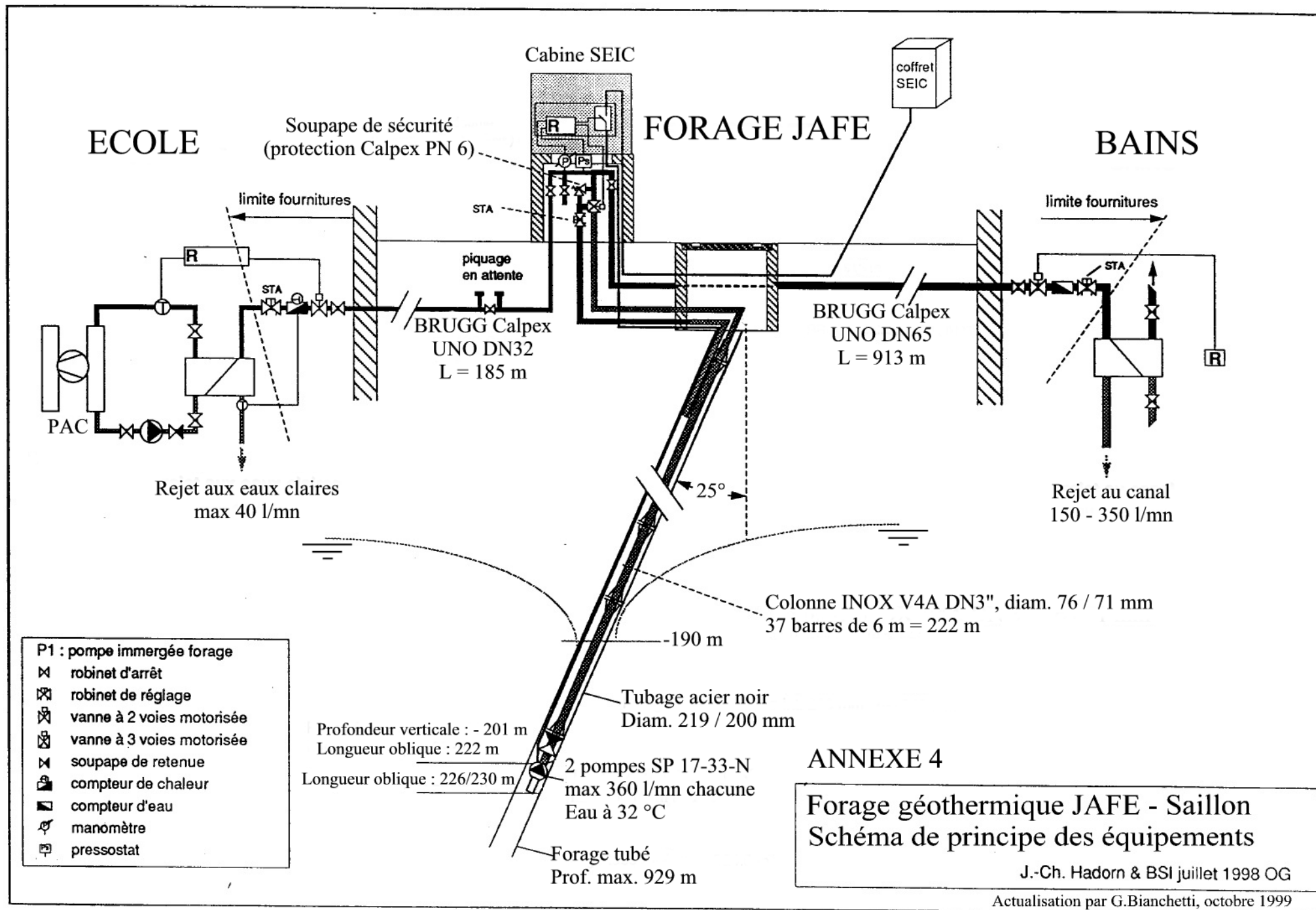


COUPE TECHNIQUE



ANNEXE 3 : Courbe caractéristique du pompage





ANNEXE 5 : Historique de l'exploitation du forage JAFE

DU	AU	DUREE	ACTIVITE'	REMARQUES	Pompe
1.1.99 à 0:00	21.4.99 à 0:00	110.0 j	Pompage arrêté (by-pass éclaté)	Sortie pompes le 13.4.1999	
21.4.99 à 0:00	22.4.99 à 11:10	1.5 j	2.ème installation des pompes		
22.4.99 à 11:10	22.4.99 à 16:35	5.4 h	Test pompes	Q = 250 l/mn, temp. max. 27.9°C	N° 2
22.4.99 à 16:35	26.4.99 à 10:25	3.7 j	Pompage arrêté		
26.4.99 à 10:25	10.5.99 à 16:10	14.2 j	Pompage d'essai avec débit continu	Qmax 355 l/mn, temp. max 31.0°C	N° 1
10.5.99 à 16:10	8.6.99 à 14:00	28.9 j	Pompage arrêté	Pose conduites vers Bains et école	
8.6.99 à 14:00	10.6.99 à 5:30	39.5 h	Pompage avec débit intermittent (arrêts entre 23h et 4h)	Q = 160 l/mn, coloration piscines	N° 1+2
10.6.99 à 5:30	21.6.99 à 16:30	11.5 j	Pompage arrêté		
21.6.99 à 16:30	22.6.99 à 7:00	14.5 h	Pompage avec débit continu	Q = 300 l/mn	N° 1+2
22.6.99 à 7:00	22.6.99 à 15:00	8.0 h	Pompage arrêté		
22.6.99 à 15:00	29.6.99 à 7:30	6.7 j	Pompage avec débit continu	Q = 160 l/mn, temp. max 27.5°C	N° 1+2
29.6.99 à 7:30	12.7.99 à 13:30	13.3 j	Pompage arrêté		
12.7.99 à 13:30	20.7.99 à 8:00	7.8 j	Pompage avec débit intermittent (arrêts entre 23h et 4h)	Q = 295 l/mn, temp. max 30.3°C	N° 1+2
20.7.99 à 8:00	24.8.99 à 9:00	35.0 j	Pompage arrêté		
24.8.99 à 9:00	27.8.99 à 9:30	3.0 j	Pompage avec débit intermittent (arrêts entre 23h et 4h)	Q = 295 l/mn, temp. max 29.8°C	N° 1+2
27.8.99 à 9:30	1.9.99 à 8:00	4.9 j	Pompage en "court-circuit" avec arrêts entre 23h et 4h	Mis en service chauffage école	N° 1+2
1.9.99 à 8:00	3.9.99 à 9:30	2.1 j	Pompage arrêté		
3.9.99 à 9:30	14.9.99 à 9:30	11.0 j	Pompage avec débit continu	Q = 295 l/mn, temp. max 30.5°C	N° 2
14.9.99 à 9:30	15.9.99 à 10:45	25.2 h	Pompage arrêté		
15.9.99 à 10:45	29.9.99 à 9:40	14.0 j	Pompage avec débit continu	Q = 295 l/mn, temp. max 30.5°C	N° 2
29.9.99 à 9:40	26.11.99 à 11:00	58.1 j	Pompage arrêté		
26.11.99 à 11:00	28.2.00 à 7:40	93.9 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 300-345 l/mn, temp. max 31.0°C	N° 2
28.2.00 à 7:40	2.3.00 à 15:10	3.3 j	Pompage arrêté	Variateur en panne	
2.3.00 à 15:10	2.3.00 à 15:40	0.5 h	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 300-345 l/mn	N° 2
2.3.00 à 15:40	8.3.00 à 9:30	5.7 j	Pompage arrêté	Variateur en panne	
8.3.00 à 9:30	8.3.00 à 11:00	1.5 h	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 300-345 l/mn	N° 2
8.3.00 à 11:00	14.3.00 à 10:00	6.0 j	Pompage arrêté	Variateur en panne	
14.3.00 à 10:00	23.3.00 à 17:00	9.3 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 300-345 l/mn, temp. max 31.1°C	N° 2
23.3.00 à 17:00	24.3.00 à 14:30	0.9 j	Pompage arrêté	Variateur en panne	
24.3.00 à 14:30	3.4.00 à 13:30	10.0 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 300-345 l/mn, temp. max 31.2°C	N° 2
3.4.00 à 13:30	14.4.00 à 15:30	11.1 j	Tests installation de déferrisation avec débit réduit	Q = 230-270 l/mn, temp. max 30.5°C	N° 2
14.4.00 à 15:30	19.4.00 à 15:00	5.0 j	Pompage avec débit continu, vanne Bains fermée	Q = 40 l/mn ???, temp. max 29.5°C	N° 2
19.4.00 à 15:00	26.4.00 à 15:00	7.0 j	Tests installation de déferrisation avec débit réduit	Q = 200-240 l/mn, temp. max 30.5°C	N° 2
26.4.00 à 15:00	1.6.00 à 14:00	36.0 j	Pompage avec débit continu, vanne Bains fermée	Q = 40-230 l/mn, temp. max 29.9°C	N° 2
1.6.00 à 14:00	26.6.00 à 6:00	24.7 j	Pompage avec débit continu, vanne Bains fermée	Q = 40-230 l/mn, temp. max 29.9°C	N° 1
26.6.00 à 6:00	24.10.00 à 10:05	120.2 j	Pompage arrêté (remplacement manchons laiton)		
24.10.00 à 10:05	10.1.01 à 12:30	78.1 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 190-230 l/mn, temp. max 31.0°C	N° 1
10.1.01 à 12:30	12.1.01 à 14:30	2.1 j	Pompage arrêté (pose conduites définitives déferrisateur)		
12.1.01 à 14:30	16.2.01 à 15:30	35.0 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.3°C	N° 1
16.2.01 à 15:30	9.3.01 à 16:15	21.0 j	Pompage arrêté (réparation fuite conduite vers école)		
9.3.01 à 16:15	3.4.01 à 7:00	24.6 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.7°C	N° 2
3.4.01 à 7:00	12.4.01 à 10:30	9.1 j	Pompage avec débit continu (fuite conduite vers école)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.2°C	N° 2
12.4.01 à 10:30	7.6.01 à 10:00	56.0 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.9°C	N° 2
7.6.01 à 10:00	8.7.01 à 8:00	30.9 j	Pompage avec débit continu (PAC plus en fonction)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.0°C	N° 2
8.7.01 à 8:00	10.7.01 à 10:00	2.1 j	Pompage arrêté	Variateur en panne	
10.7.01 à 10:00	23.7.01 à 3:00	12.7 j	Pompage avec débit continu (PAC plus en fonction)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.5°C	N° 2
23.7.01 à 3:00	20.8.01 à 15:00	28.5 j	Pompage arrêté, panne pompe N° 2, enclenché N° 1	Variateur en panne	
20.8.01 à 15:00	23.8.01 à 14:00	3.0 j	Pompage avec débit continu (PAC plus en fonction)	Q = 270-310 l/mn, temp. max 31.5°C	N° 1
23.8.01 à 14:00	3.9.01 à 8:00	10.8 j	Pompage arrêté, panne pompe N° 1, enclenché N° 2	Variateur en panne	
3.9.01 à 8:00	4.9.01 à 8:00	1.0 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)		N° 2
4.9.01 à 8:00	1.10.01 à 13:30	27.2 j	Pompage arrêté par les Bains		
1.10.01 à 13:30	22.10.01 à 9:30	20.8 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école) Vanne des Bains fermée, rejet dans puits	Q = 295-350 l/mn, temp. max 29.7°C	N° 2
22.10.01 à 9:30	1.2.02 à 12:25	102.1 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 295-350 l/mn, temp. max 32.4°C	N° 2
1.2.02 à 12:25	1.2.02 à 12:30	0.1 h	Pompage arrêté (panne pompe N° 2, enclenché pompe N° 1)		
1.2.02 à 12:30	6.2.02 à 20:00	5.3 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 295-350 l/mn, temp. max 32.4°C	N° 1
6.2.02 à 20:00	8.2.02 à 14:30	1.8 j	Pompage arrêté (panne pompe N° 1, enclenché pompe N° 2)		
8.2.02 à 14:30	7.6.02 à 12:00	118.9 j	Pompage avec débit continu (variations si PAC école)	Q = 295-350 l/mn, temp. max 32.4°C	N° 2
7.6.02 à 12:00	17.6.02 à 18:00	10.3 j	Pompage arrêté (défaut thermique, panne pompe N° 1)	Pompe N° 2 complètement hors d'usage	
17.6.02 à 18:00	17.6.02 à 19:00	1.0 h	Test avec pompe N° 1, le variateur déclenche	Q = 295-350 l/mn	N° 1
17.6.02 à 19:00	28.6.02 à 15:30	10.9 j	Pompage arrêté		
28.6.02 à 15:30	28.6.02 à 16:00	0.5 h	Test avec pompe N° 1, le variateur déclenche	Q = 295-350 l/mn	N° 1
28.6.02 à 16:00	5.9.02 à 14:30	68.9 j	Pompage arrêté		
5.9.02 à 14:30	5.9.02 à 15:00	0.5 h	Test avec pompe N° 1, le variateur déclenche	Q = 295-350 l/mn	N° 1
5.9.02 à 15:00	6.9.02 à 14:30	1.0 j	Pompage arrêté		
6.9.02 à 14:30	6.9.02 à 18:00	3.5 h	Test avec pompe N° 1, le variateur déclenche	Q = 295-350 l/mn	N° 1
6.9.02 à 18:00	15.10.02 à 9:30	38.6 j	Pompage arrêté		
15.10.02 à 9:30	15.10.02 à 10:00	0.5 h	Test avec pompe N° 1, le variateur déclenche	Q = 295-350 l/mn	N° 1
15.10.02 à 10:00	29.10.02 à 12:00	14.1 j	Pompage arrêté. Sortie pompe les 29 et 30.10.2002		
29.10.02 à 12:00	26.11.02 à 17:00	28.2 j	Pompage arrêté. Séance à la Commune		

Durée des pompages du 22.4.1999 au 7.6.2002	758.6 j	Fonctionnement pompe N° 1 : 173.1 j
--	---------	-------------------------------------

Durée des arrêts du 22.4.1999 au 7.6.2002	383.4 j	Fonctionnement pompe N° 2 : 585.7 j
--	---------	-------------------------------------



ANNEXE 6 : Formulaire pour le suivi du forage JAFE

Opérateur :

Date et heure :

ZONE DU FORAGE JAFE (place Farinet)

Armoire hydraulique	Pressiomètre	Pression (bars)		Saillon		
	Thermomètre N° 1	Température Bains (°C)		Saillon	Vanne vers Bains :	O / F
	Thermomètre N° 2	Température Ecole (°C)		Saillon	Vanne vers école :	O / F
	Thermomètre N° 3	Température rejet (°C)		Saillon	Vanne vers forage (rejet) :	O / F
	Prise d'eau	Température WTW (°C)	Géolog		Conductivité WTW (µS/cm)	Géolog
	Remarques :					
	Contrôle visuel tête de puits :					
Armoire électrique	Variateur	Fréquence moteur (Hz)		Saillon	Intensité courant (A)	
	Variateur	Vitesse pompe (%)		Saillon		
	Pompes 1 et 2	Durée fonctionnement P1 (h)		Saillon	Durée fonctionnement P2 (h)	
	Compteur électr.	8.1 (kWh)		Saillon	8.1. ... (kWh)	8.1. ... (kWh)
	Compteur électr.	8.2 (kWh)		Saillon	8.2. ... (kWh)	8.2. ... (kWh)
	Compteur électr.	9.1 (kVArh)		Saillon	9.1. ... (kVArh)	9.1. ... (kVArh)
	Compteur électr.	9.2 (kVArh)		Saillon	9.2. ... (kVArh)	9.2. ... (kVArh)
	MADD	Pression d'eau (mH2O)	Géolog		Niveau d'eau (m) (calcul)	Géolog
	MADD	Température sonde (°C)	Géolog		Batteries (V)	Géolog
	Remarques :					

ZONE DES BAINS (salle des machines)

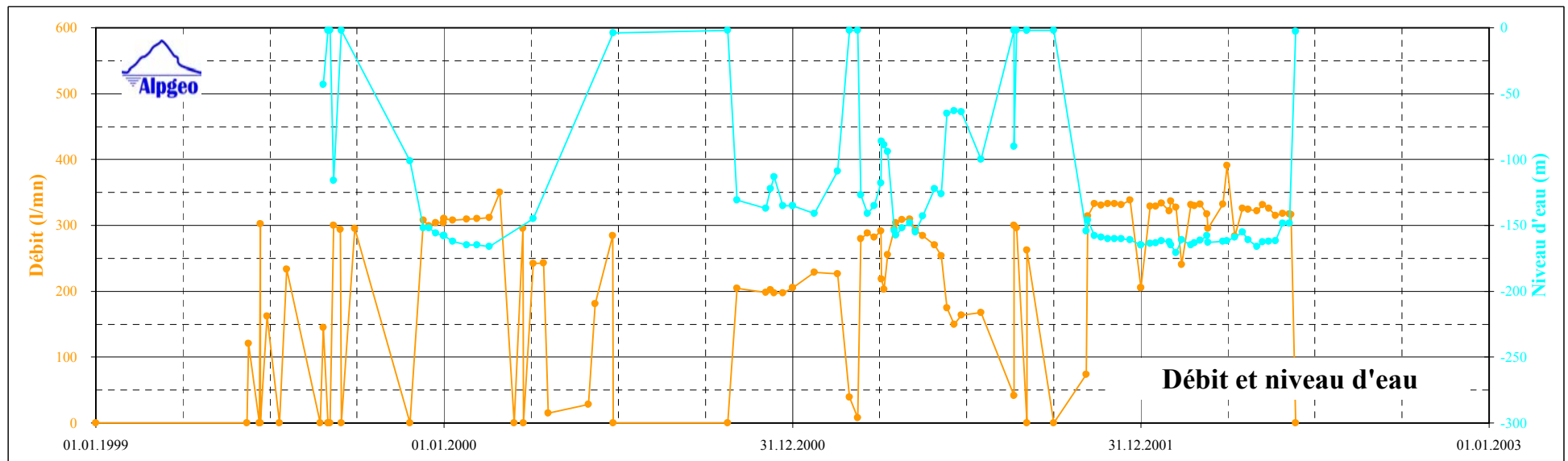
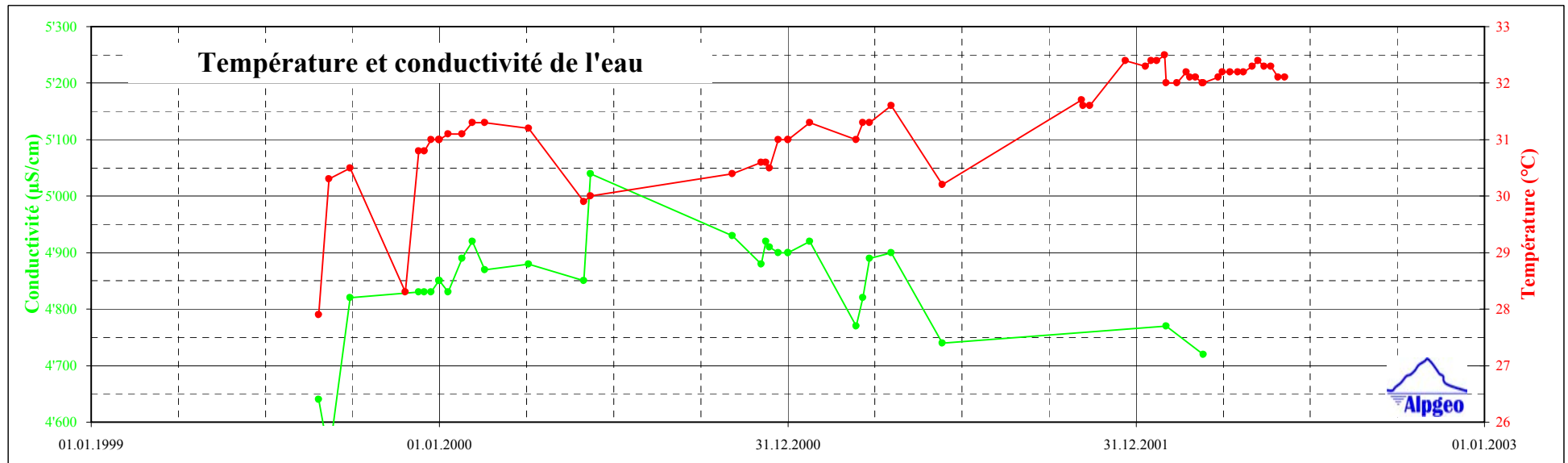
	Compteur N° 1	Index débit (m3)		Saillon	Débit instantané (l/mn)	
	Thermomètre N° 4	Température aux Bains (°C)		Saillon	Vanne arrivée aux Bains :	O / F
	Remarques :					

ZONE ECOLE (local technique chauffage)

Eau puits	Compteur AMTRON	Index débit (m3) Total volume		Saillon	Débit instantané (m3/h)	
		Puissance (kW)		Saillon	Total énergie (kWh)	
		Température arrivée (°C)		Saillon	Température rejet (°C)	
PAC	K0 Compresseur 1	Heures de service (h)		Saillon	Nombre d'enclenchements	
	K2 Pompe primaire	Heures de service (h)		Saillon	Nombre d'enclenchements	
	K3 Pompe circulat.	Heures de service (h)		Saillon	Nombre d'enclenchements	
	K10 Compresseur 2	Heures de service (h)		Saillon	Nombre d'enclenchements	
Remarques :						

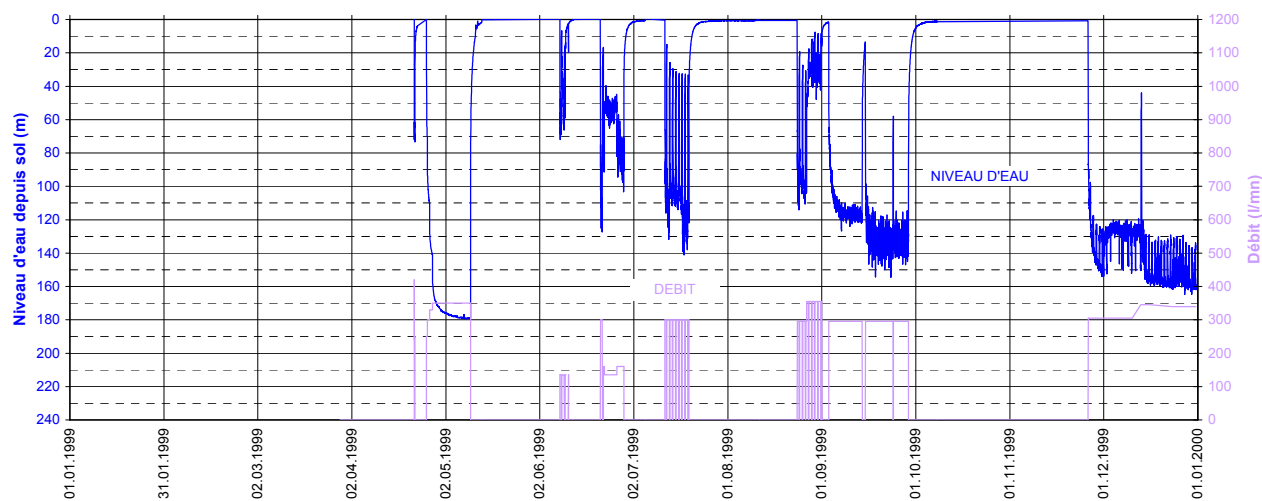
Hydrogéologue
IngénieurBianchetti
HadornNatel : 079/639.06.23
Natel : 079/210.57.06Fax : 027/456.94.58
Fax : 021/732.13.20e-mail : gabianc@freesurf.ch
e-mail :

ANNEXE 7 : Surveillance du forage JAFE de 1999 à 2002

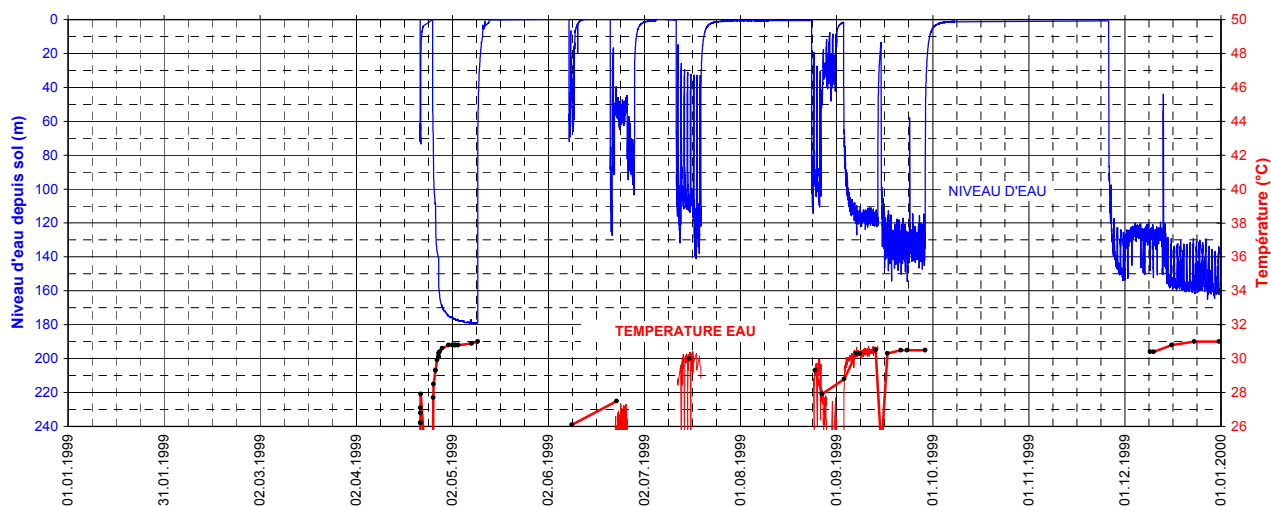


Commune de Saillon - Forage géothermique profond JAFE
ANNEXE 8 : Suivi hydrogéologique en 1999

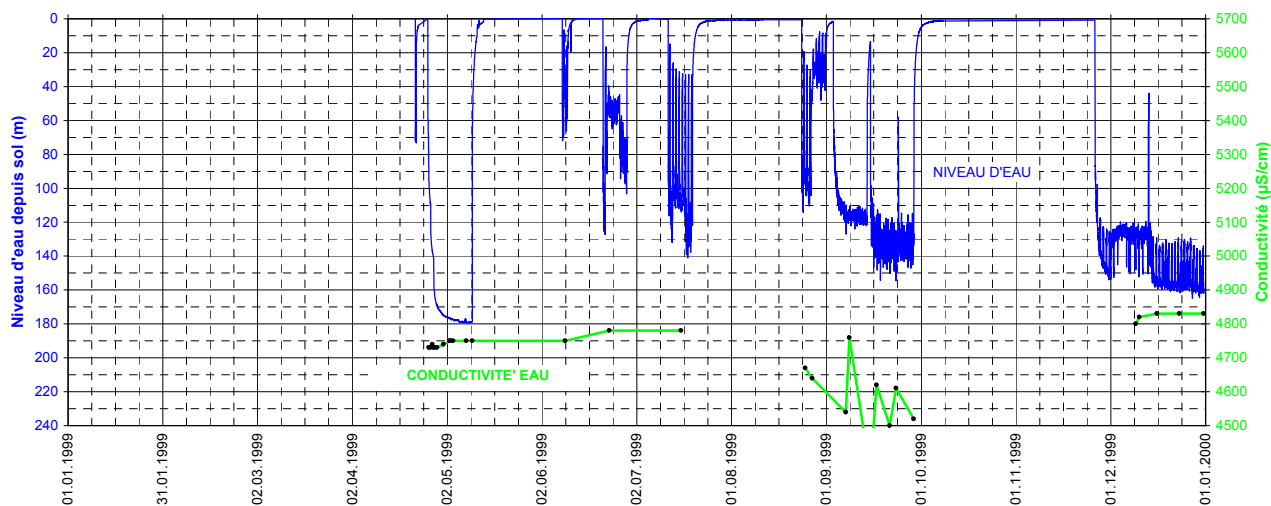
Evolution des niveaux d'eau et des débits



Evolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau

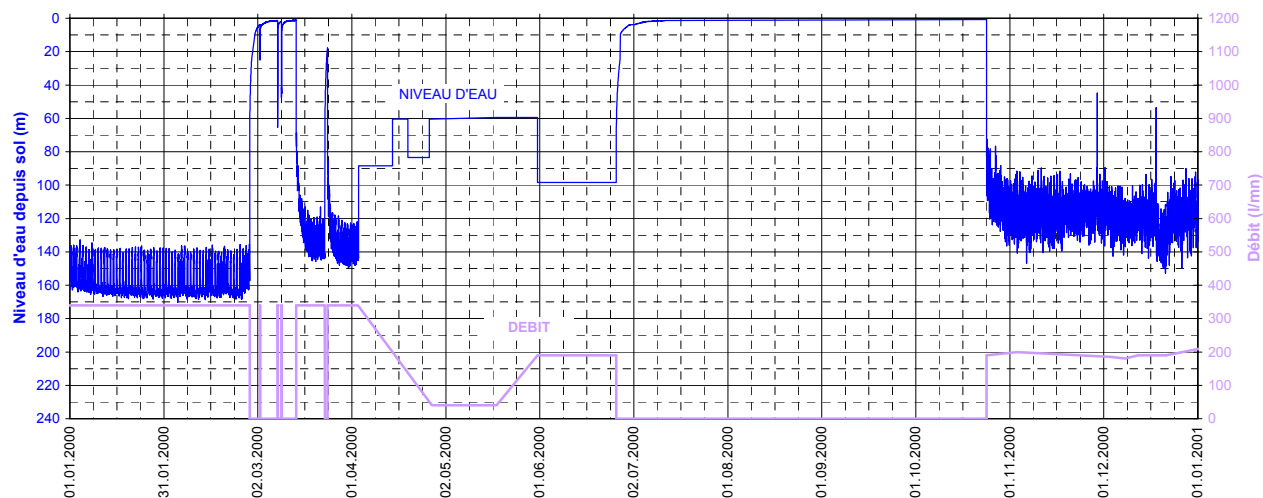


Evolution des niveaux d'eau et des conductivités de l'eau

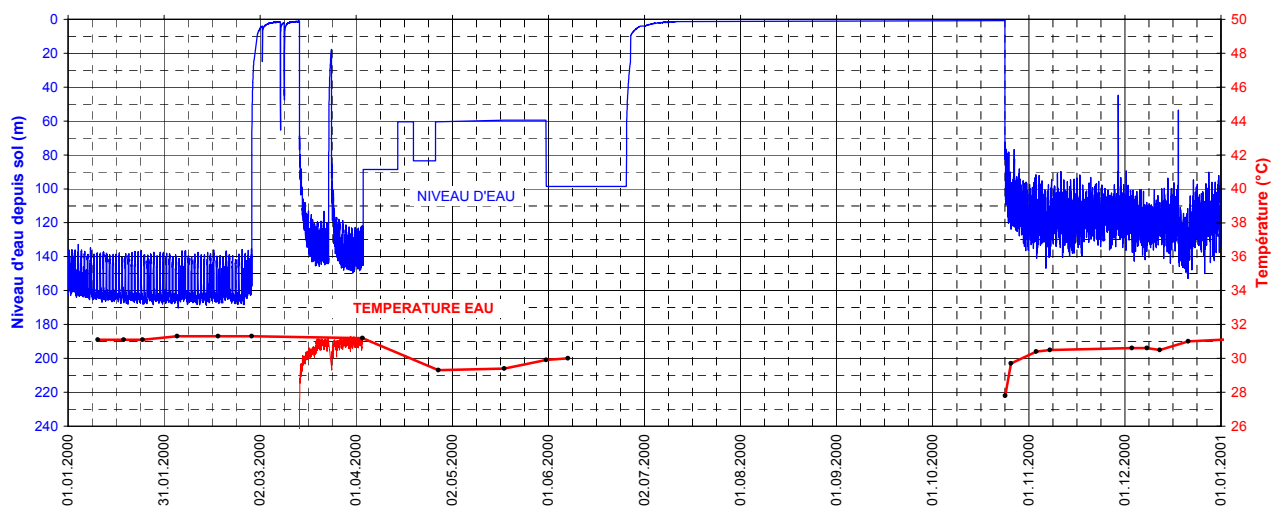


Commune de Saillon - Forage géothermique profond JAFE
ANNEXE 9 : Suivi hydrogéologique en 2000

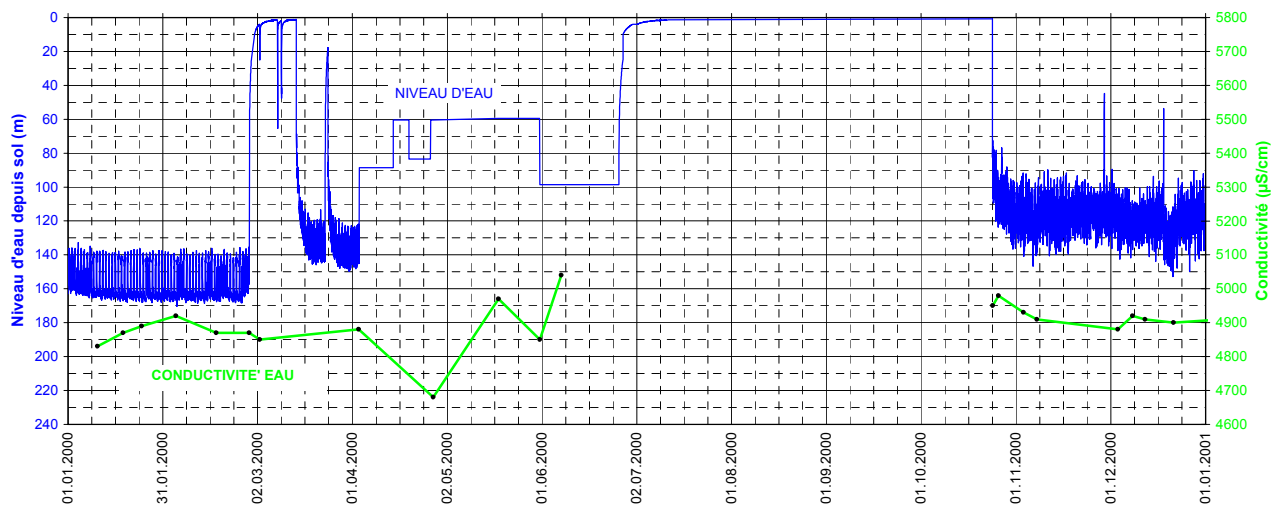
Evolution des niveaux d'eau et des débits



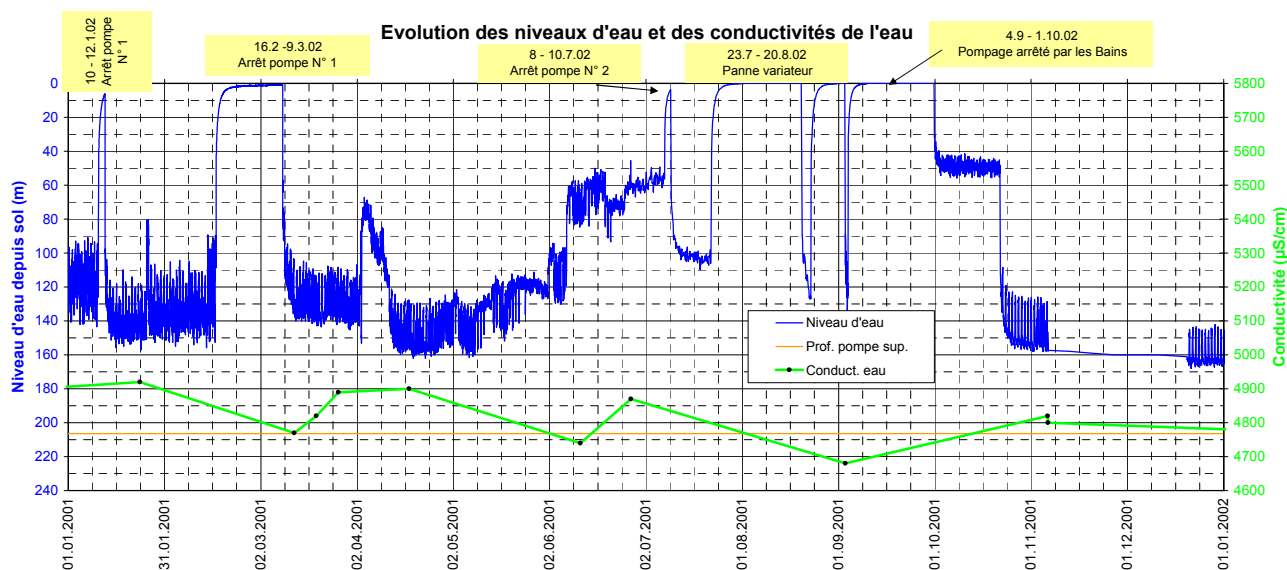
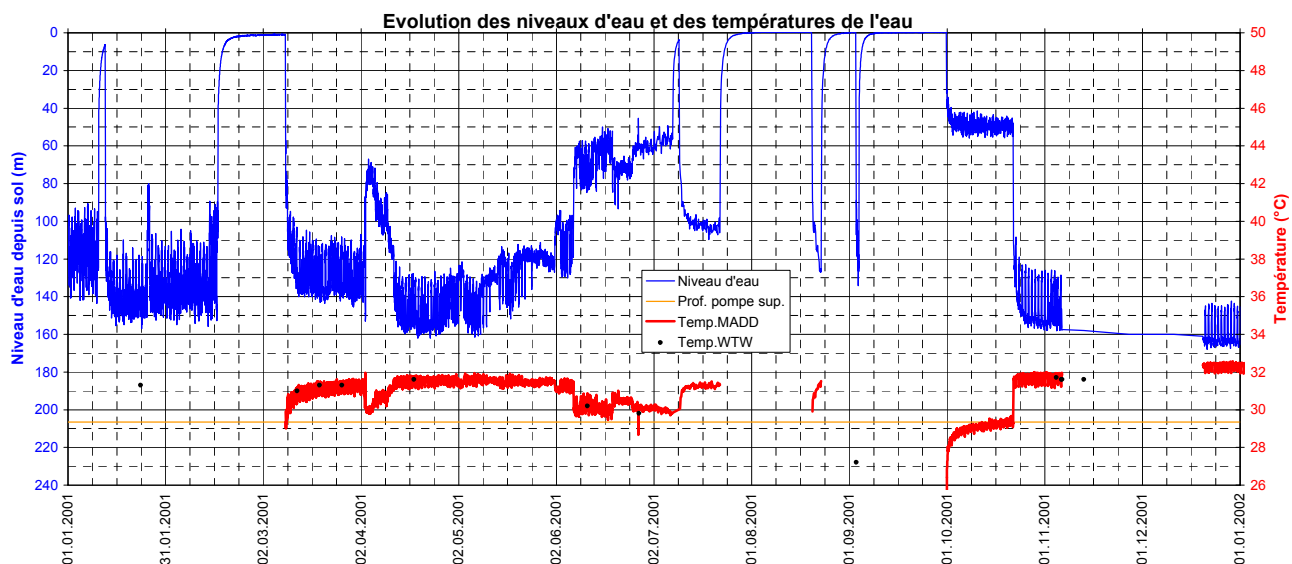
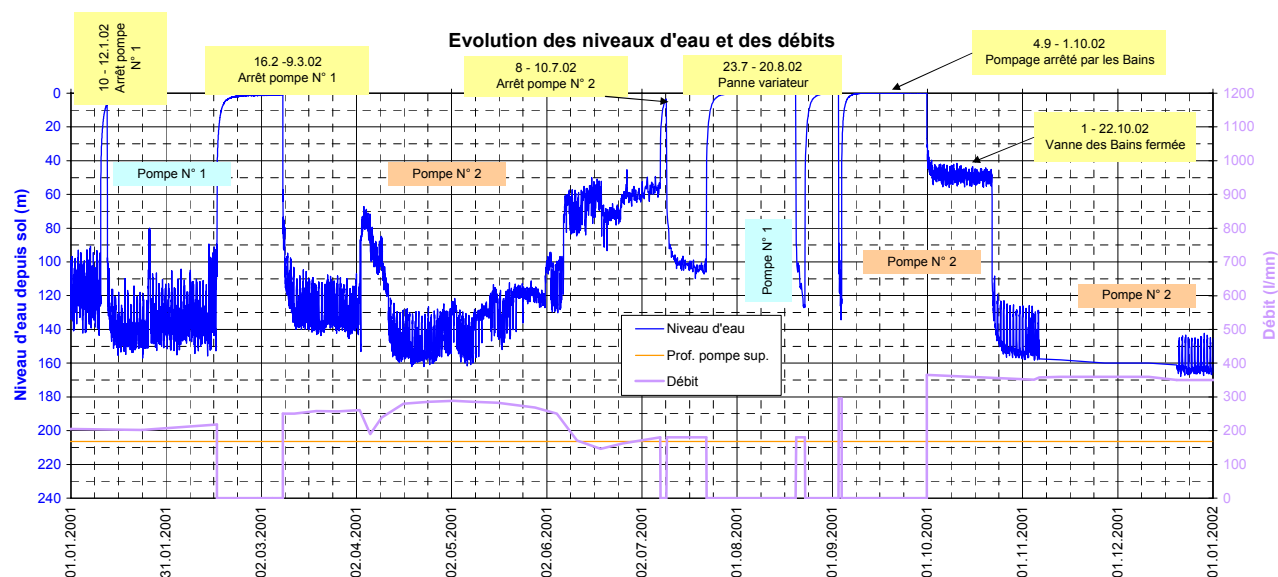
Evolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau



Evolution des niveaux d'eau et des conductivités de l'eau

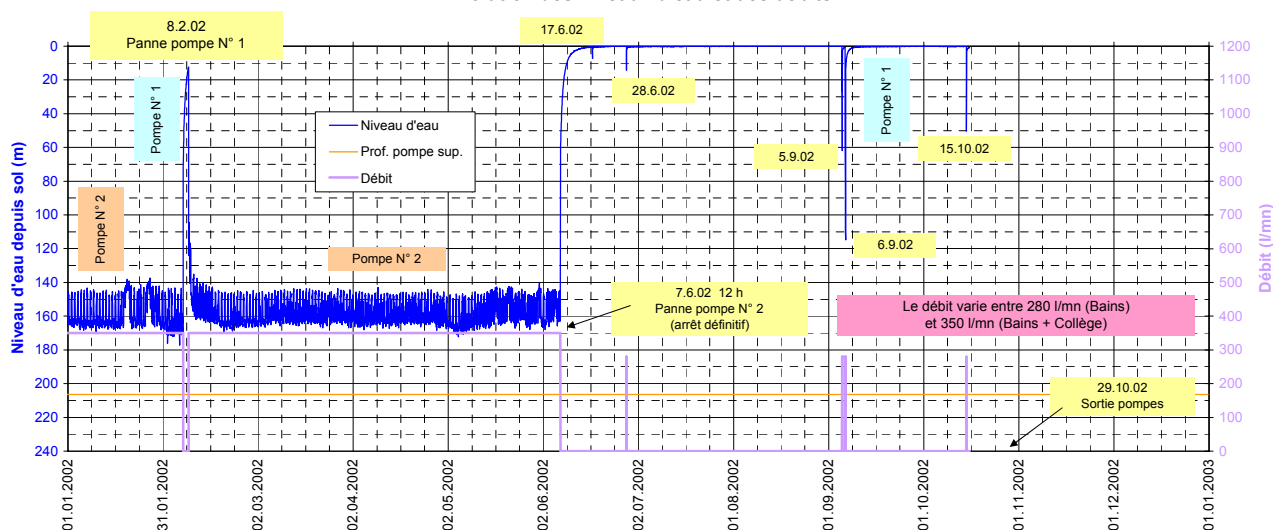


Commune de Saillon - Forage géothermique profond JAFE
ANNEXE 10 : Suivi hydrogéologique en 2001

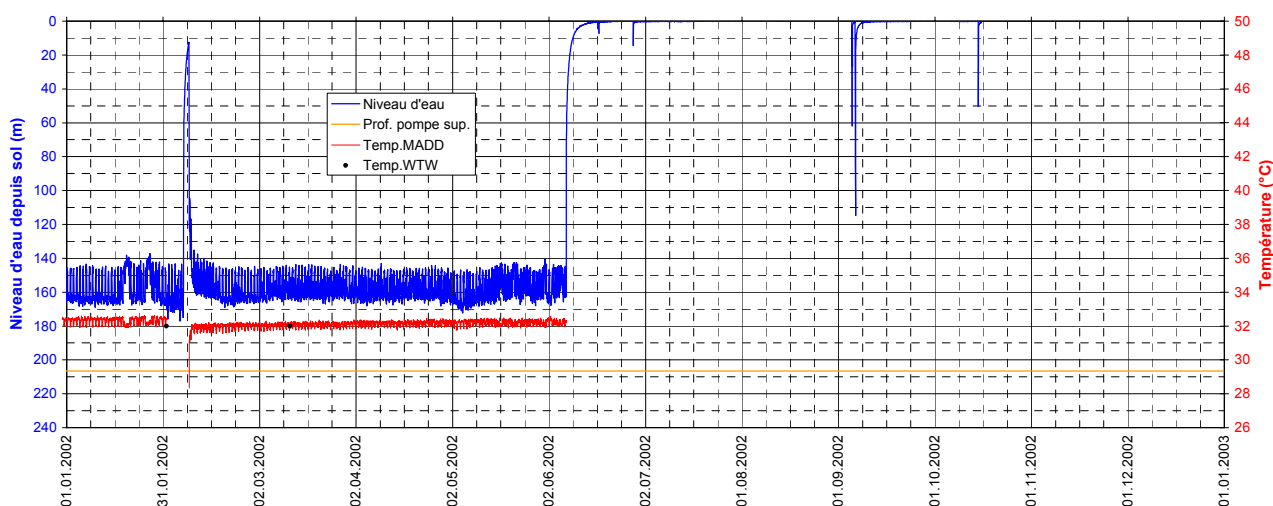


Commune de Saillon - Forage géothermique profond JAFE
ANNEXE 11 : Suivi hydrogéologique en 2002

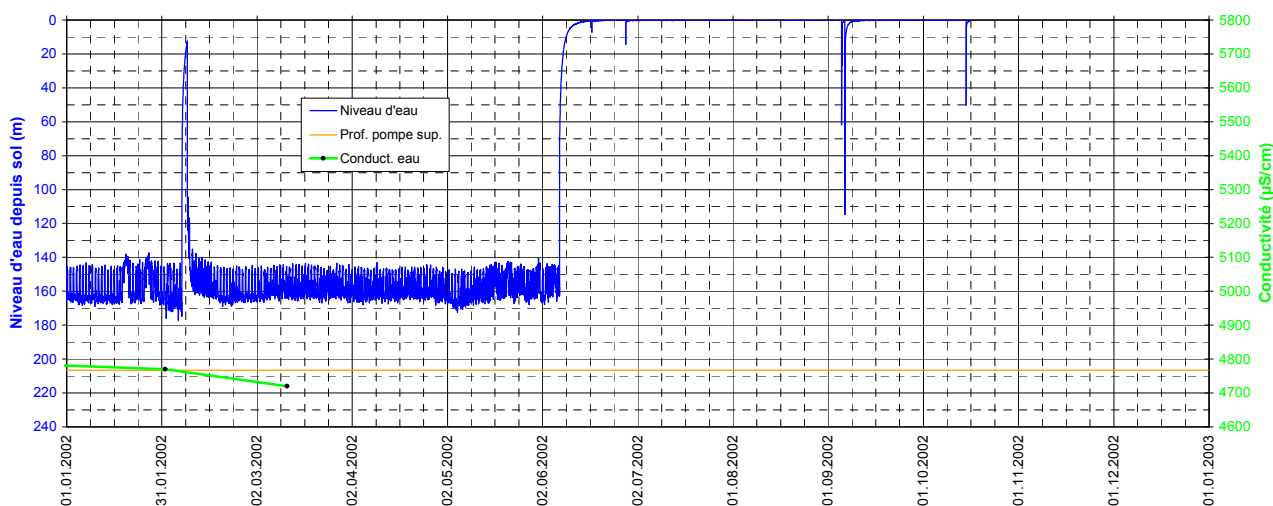
Evolution des niveaux d'eau et des débits



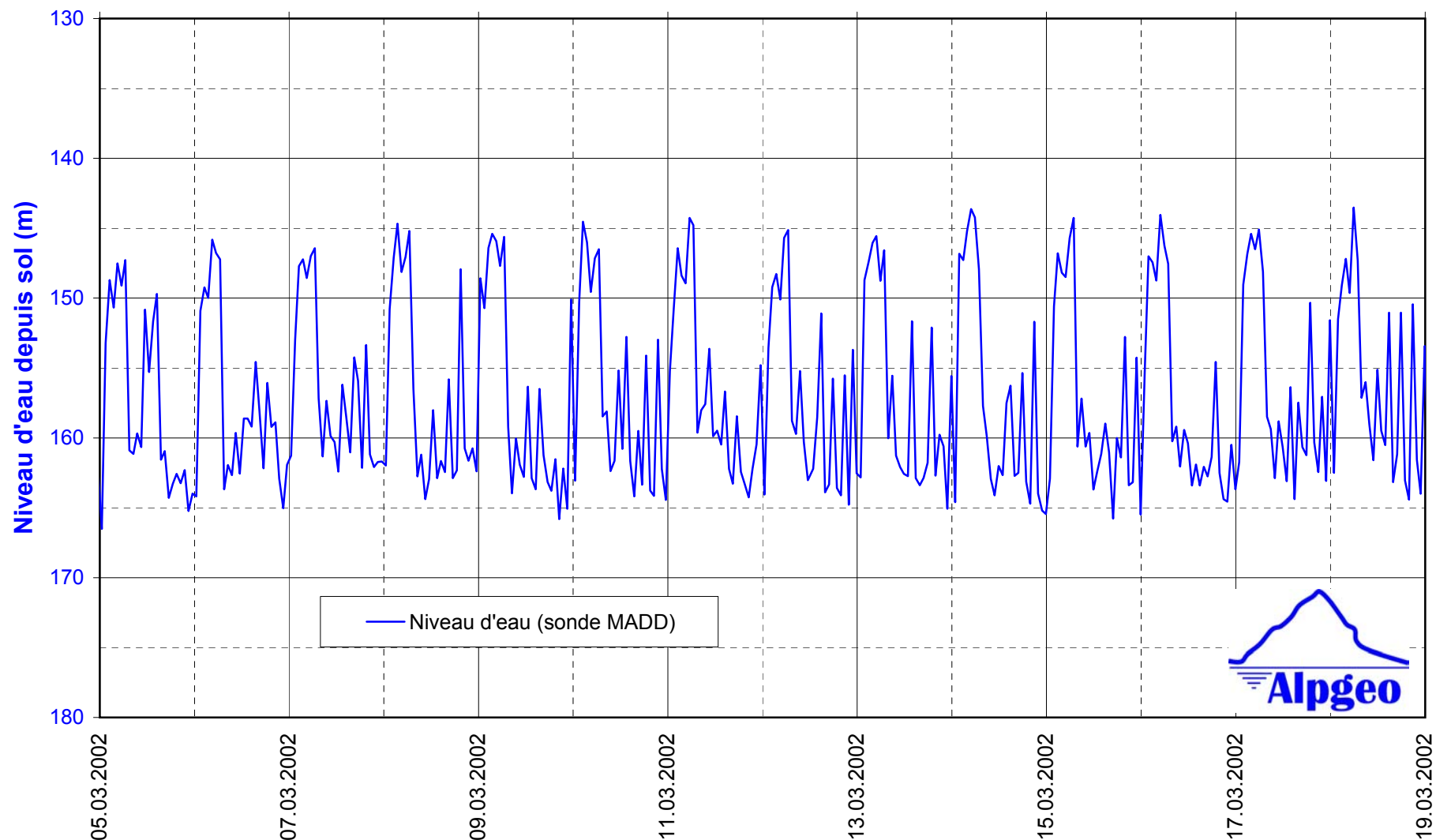
Evolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau



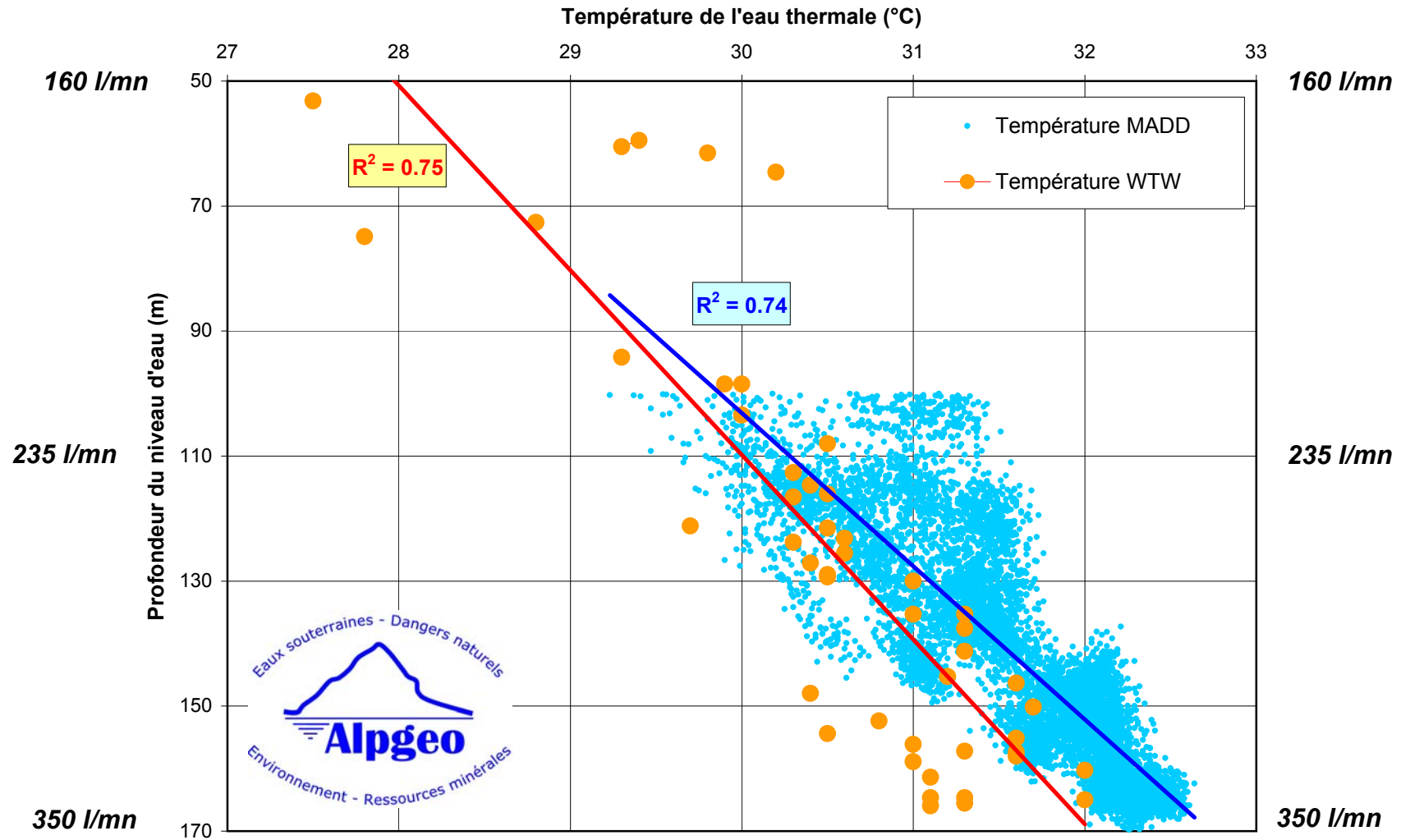
Evolution des niveaux d'eau et des conductivités de l'eau



ANNEXE 12 : Variations cycliques du niveau d'eau en fonction des besoins de la PAC



Forage géothermique profond JAFE
Relation entre niveau d'eau (débit) et température)



ANNEXE 13

Commune de Saillon - Exploitation du forage géothermique profond JAFE

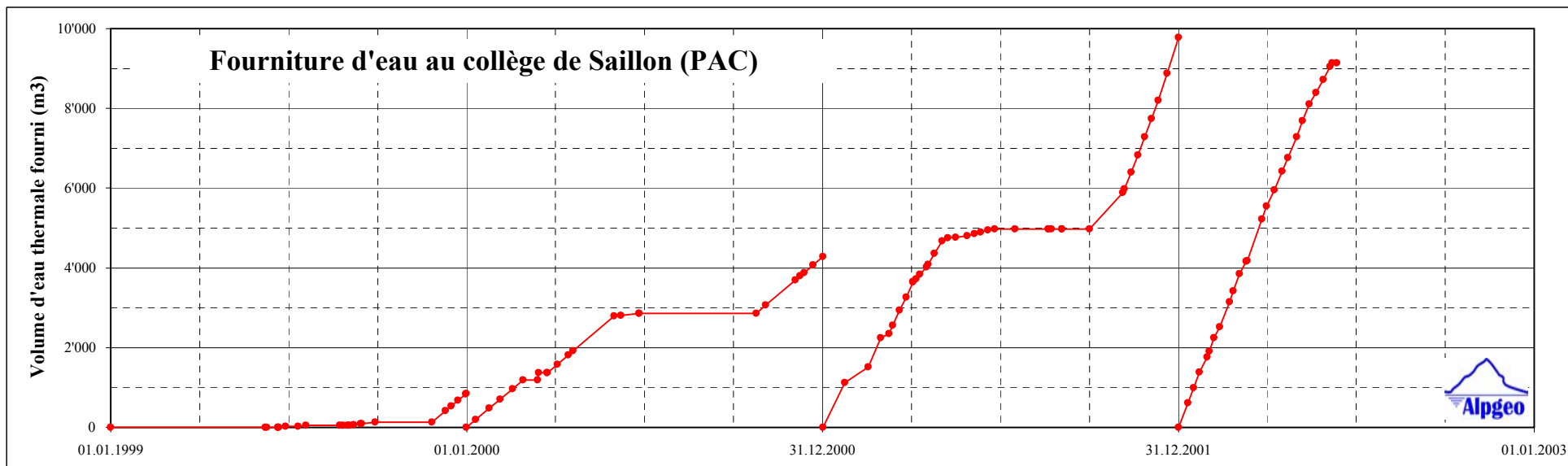
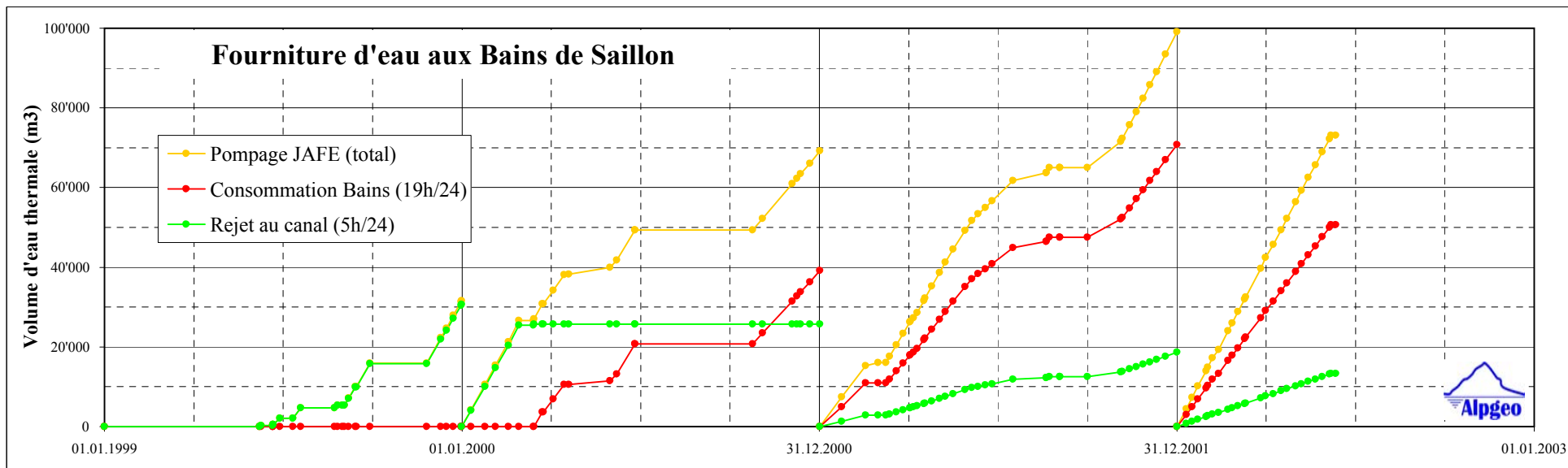
ANNEXE 14 : Gestion des pompages - Fourniture d'eau thermique et consommation électrique des pompes immergées

FOURNITURE EAU THERMALE			
Année	Bains de Saillon	Collège de Saillon	Total extrait du puits
1999	30'734 m3	486 m3	31'220 m3
2000	64'851 m3	2'444 m3	67'295 m3
2001	89'342 m3	9'777 m3	99'119 m3
2002	63'953 m3	9'134 m3	73'087 m3
Total 1999 - 2002	<u>248'880 m3</u>	<u>21'841 m3</u>	<u>270'721 m3</u>

CONSOMMATION ELECTRICITE' POMPES IMMERGEES					
Année	Pompe N° 1		Pompe N° 2		Total pompe N° 1 + 2
1999					<u>13'421 kWh</u>
2000					<u>23'897 kWh</u>
2001					<u>32'921 kWh</u>
2002					<u>27'720 kWh</u>
Total 1999 - 2002					<u>70'239 kWh</u>

DUREE DE FONCTIONNEMENT DES POMPES IMMERGEES					
Année	Pompe N° 1		Pompe N° 2		Total pompe N° 1 + 2
1999	26.8 jours	643 heures	72.8 jours	1'747 heures	100 jours
2000	93.2 jours	2'237 heures	136.7 jours	3'281 heures	230 jours
2001	47.5 jours	1'140 heures	225.8 jours	5'419 heures	273 jours
2002	5.6 jours	134 heures	150.4 jours	3'610 heures	156 jours
Total 1999 - 2002	<u>168 jours</u>	<u>4'020 heures</u>	<u>435 jours</u>	<u>10'447 heures</u>	<u>603 jours</u>

ANNEXE 15 : Eau pompée et fournie aux utilisateurs (1999-2002)



ANNEXE 16 : Volumes d'eau pompés, fourniture d'eau aux Bains et à l'Ecole, débits, niveaux d'eau, températures et conductivités de l'eau thermique

(1) 24 h / 24 h (2) fictif, 19 h / 24 h		Pompage forage Jafe					Fourniture eau thermique aux Bains de Saillon							Fourniture eau PAC école			Remarques
Date et heure	Volume soutiré (m3)	Q moy (l/mn)	Niv. (m)	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	Compteur (1) entrée (m3)	Qmes l/mn	Temp. (°C)	Compteur (2) bassins (m3)	Consommat. 19h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Rejet 5h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Compteur (m3)	Consommat. (m3)	Qmoy (l/mn)	
01.01.99 00:00	0	0				0			0	0	0	0	0	0	0	0	
08.06.99 14:00	0	0				0			0	0	0	0	0	0	0	0	Mise en service conduites vers Bains
10.06.99 05:30	287	121				283		26.0	0	0	0	283	119	4	4	1	
21.06.99 16:30	287	0				283			0	0	0	283	0	4	4	0	
22.06.99 07:00	549	302				544			0	0	0	544	300	5	5	2	
22.06.99 15:00	549	0				544			0	0	0	544	0	5	5	0	
29.06.99 07:30	2'113	162				2'087			0	0	0	2'087	160	26	26	2	
12.07.99 13:30	2'113	0				2'087			0	0	0	2'087	0	26	26	0	
20.07.99 08:00	4'722	233				4'673			0	0	0	4'673	231	49	49	2	
24.08.99 09:00	4'722	0				4'673			0	0	0	4'673	0	49	49	0	
27.08.99 09:30	5'351	145	-43	27.9	4'640	5'293	355	27.2	0	0	0	5'293	143	58	58	2	
01.09.99 08:00	5'351	0	-2			5'293	0		0	0	0	5'293	0	58	58	0	
03.09.99 09:30	5'351	0	-2			5'293	0		0	0	0	5'293	0	58	58	0	
07.09.99 13:45	7'156	300	-116	30.3	4'540	7'086	295	30.1	0	0	0	7'086	298	70	70	2	
14.09.99 09:30	10'044	294				9'956	295		0	0	0	9'956	292	88	88	2	
15.09.99 10:45	10'044	0	-2			9'956	0		0	0	0	9'956	0	88	88	0	
29.09.99 09:40	15'976	295		30.5	4'820	15'845	295		0	0	0	15'845	293	131	131	2	
26.11.99 11:00	15'976	0	-101	28.3		15'845			0	0	0	15'845	0	131	131	0	
10.12.99 17:00	22'301	308	-152	30.8	4'830	21'881	305	30.4	0	0	0	21'881	58	420	420	14	
16.12.99 08:30	24'737	300	-152	30.8	4'830	24'203	305	30.7	0	0	0	24'203	292	534	534	14	
23.12.99 12:45	27'876	304	-156	31.0	4'830	27'197	300	30.9	0	0	0	27'197	290	679	679	14	
31.12.99 08:45	31'303	304	-158	31.0	4'850	30'466	300	30.9	0	0	0	30'466	290	837	837	14	
01.01.00 00:00	31'585	310	-158	31.0	4'850	30'734	300		0	0	0	30'734	293	851	851	15	

ANNEXE 16 : Volumes d'eau pompés, fourniture d'eau aux Bains et à l'Ecole, débits, niveaux d'eau, températures et conductivités de l'eau thermique

(1) 24 h / 24 h (2) fictif, 19 h / 24 h		Pompage forage Jafe					Fourniture eau thermique aux Bains de Saillon								Fourniture eau PAC école			Remarques
Date et heure		Volume soutiré (m3)	Q moy (l/mn)	Niv. (m)	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	Compteur (1) entrée (m3)	Qmes l/mn	Temp. (°C)	Compteur (2) bassins (m3)	Consommat. 19h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Rejet 5h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Compteur (m3)	Consommat. (m3)	Qmoy (l/mn)	
01.01.00 00:00		0	310	-158	31.0	4'850	30'734	300		0	0	0	0	0	851	0	0	
10.01.00 10:45		4'183	307	-162	31.1	4'830	34'726	300	31.0	0	0	0	3'992	293	1'041	191	14	
24.01.00 16:30		10'532	310	-165	31.1	4'890	40'786	295	31.0	0	0	0	10'052	296	1'330	480	14	
04.02.00 16:15		15'438	310	-165	31.3	4'920	45'465	295	31.1	0	0	0	14'731	296	1'558	707	14	
17.02.00 16:30		21'285	312	-166	31.3	4'870	51'049	295	31.1	0	0	0	20'315	296	1'820	970	14	
28.02.00 07:40		26'644	350				56'190			0	0	0	25'456	315	2'039	1'188	14	
14.03.00 10:00		26'644	0				56'190			0	0	0	25'456	0	2'039	1'188	0	Système de déferrisation en place
15.03.00 00:00		27'077					56'438			0	0	0	25'704	295	2'223	1'373		Début facturation débit fourni aux B
23.03.00 17:00		30'775	295				60'137			3'699	3'699	295	25'704	0	2'223	1'372	0	
24.03.00 14:30		30'775	0				60'137			3'699	3'699	0	25'704	0	2'223	1'372	0	
03.04.00 11:00		34'209	242	-145	31.2	4'880	63'368	290	31.2	6'930	6'930	228	25'704	0	2'426	1'575	14	
14.04.00 15:30		38'120	243				67'044			10'606	10'606	228	25'704	0	2'660	1'810	15	
19.04.00 15:00		38'225	15				67'044			10'606	10'606	0	25'704	0	2'765	1'915	15	
31.05.00 18:15		39'927	28		29.9	4'850	67'871	190	29.9	11'433	11'433	14	25'704	0	3'640	2'790	14	
07.06.00 17:30		41'745	181		30.0	5'040	69'672	185	29.9	13'234	13'234	179	25'704	0	3'658	2'807	2	
26.06.00 06:00		49'322	284				77'196	0		20'758	20'758	282	25'704	0	3'710	2'860	2	
26.06.00 10:00		49'322	0	-4			77'196	0		20'758	20'758	0	25'704	0	3'710	2'860	0	
24.10.00 11:30		49'322	0	-2			77'196	190		20'758	20'758	0	25'704	0	3'710	2'860	0	
03.11.00 09:30		52'242	204	-131	30.4	4'930	79'906	200		23'468	23'468	190	25'704	0	3'920	3'070	15	
03.12.00 18:30		60'911	198	-137	30.6	4'880	87'945	185		31'507	31'507	184	25'704	0	4'550	3'700	14	
08.12.00 11:50		62'285	202	-122	30.6	4'920	89'223	180		32'785	32'785	188	25'704	0	4'646	3'796	14	
12.12.00 13:20		63'438	197	-113	30.5	4'910	90'289	190		33'851	33'851	182	25'704	0	4'734	3'883	15	
21.12.00 16:00		66'028	197	-135	31.0	4'900	92'695	190	30.2	36'257	36'257	183	25'704	0	4'918	4'067	14	
01.01.01 00:00		69'128	205	-135	31.0	4'900	95'585	190		39'147	39'147	194	25'704	0	5'128	4'277	14	

ANNEXE 16 : Volumes d'eau pompés, fourniture d'eau aux Bains et à l'Ecole, débits, niveaux d'eau, températures et conductivités de l'eau thermique

(1) 24 h / 24 h (2) fictif, 19 h / 24 h		Pompage forage Jafe					Fourniture eau thermique aux Bains de Saillon							Fourniture eau PAC école			Remarques
Date et heure	Volume soutiré (m3)	Q moy (l/mn)	Niv. (m)	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	Compteur (1) entrée (m3)	Qmes l/mn	Temp. (°C)	Compteur (2) bassins (m3)	Consommat. 19h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Rejet 5h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Compteur (m3)	Consommat. (m3)	Qmoy (l/mn)	
01.01.01 00:00	0	205	-135	31.0	4'900	95'585	190		39'147	0	0	0	0	5'128	0	0	
23.01.01 15:00	7'454	229	-141	31.3	4'920	101'913	250	31.1	44'157	5'010	154	1'318	40	6'254	1'126	35	
16.02.01 15:30	15'295	227	-109			109'361	0		50'053	10'906	170	2'870	45	6'647	1'519	11	
01.03.01 12:30	16'027	40	-2			109'361	0		50'053	10'906	0	2'870	0	7'379	2'251	21	
09.03.01 16:15	16'122	8	-2			109'361	0		50'053	10'906	0	2'870	0	7'474	2'346	27	Démarré pompe N° 2
13.03.01 10:00	17'627	279	-127	31.0	4'770	110'658	245	31.0	51'080	11'933	191	3'140	50	7'682	2'554	18	
20.03.01 09:15	20'523	289	-141	31.3	4'820	113'168	260	31.0	53'067	13'920	198	3'663	52	8'068	2'940	38	pH bassin 3 : 7.5 (pas d'oxygénation)
27.03.01 09:05	23'366	282	-135	31.3	4'890	115'683	260	31.2	55'058	15'911	198	4'187	52	8'396	3'268	33	pH bassin 3 : 7.62 (pas d'oxygénation)
03.04.01 07:30	26'273	291	-118			118'212	270	31.0	57'060	17'913	201	4'714	53	8'774	3'646	38	pH bassin 3 : 7.6 (pas d'oxygénation)
03.04.01 16:30	26'391	219	-86			118'320	155		57'146	17'999	158	4'736	42	8'784	3'656	19	Fuite conduite vers école. Baisse pressi
06.04.01 16:30	27'266	202	-89			119'124	220	30.0	57'782	18'635	147	4'904	39	8'855	3'727	16	Fuite conduite vers école pas encore ré
10.04.01 07:30	28'600	256	-94			120'350	160	30.0	58'753	19'606	186	5'159	49	8'963	3'835	21	Fuite conduite vers école pas encore ré
17.04.01 08:00	31'581	295	-154			123'142	280	31.0	60'963	21'816	219	5'741	58	9'152	4'024	19	Fuite conduite vers école réparée
18.04.01 17:30	32'192	304	-158	31.6	4'900	123'697	280	31.5	61'402	22'255	219	5'857	58	9'208	4'080	28	Mesures Bianchetti
25.04.01 11:45	35'196	309	-152			126'427	280	31.0	63'564	24'417	222	6'425	58	9'482	4'354	28	Mesures Bianchetti
03.05.01 07:15	38'679	310	-148			129'594	310	31.0	66'071	26'924	223	7'085	59	9'798	4'670	28	
09.05.01 09:30	41'247	293	-155			132'086	320	31.5	68'044	28'897	225	7'604	59	9'874	4'746	9	
17.05.01 08:00	44'501	285	-143			135'315	280	31.0	70'600	31'453	224	8'277	59	9'899	4'771	2	
29.05.01 07:30	49'157	270	-122			139'937	290	31.0	74'259	35'112	212	9'240	56	9'933	4'805	2	
05.06.01 07:30	51'717	254	-126			142'447	230	31.0	76'246	37'099	197	9'763	52	9'983	4'855	5	
11.06.01 18:30	53'338	174	-65	30.2	4'740	144'026	140	30.2	77'496	38'349	134	10'092	35	10'025	4'897	5	
19.06.01 07:30	54'963	150	-63			145'600	110	29.0	78'742	39'595	115	10'420	30	10'076	4'948	5	
26.06.01 09:30	56'631	164	-64			147'243	160	30.0	80'043	40'896	128	10'762	34	10'101	4'973	2	
17.07.01 07:30	61'685	168	-100			152'297	260	31.0	84'044	44'897	133	11'815	35	10'101	4'973	0	PAC arrêtée!
20.08.01 15:00	63'726	41	-2			154'336	0		85'658	46'511	33	12'240	9	10'103	4'975	0	Mesures juste avant remis en fonction p
20.08.01 16:20	63'750	300	-90			154'360	295		85'677	46'530	238	12'245	63	1'849	4'975	0	80 min après remis en fonction pompag

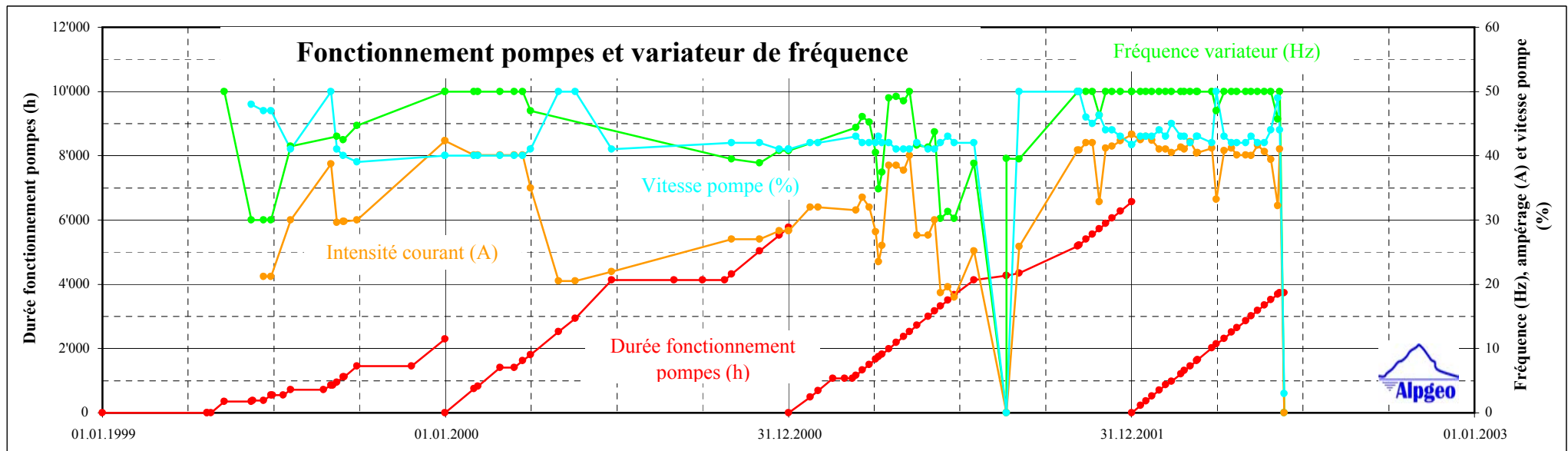
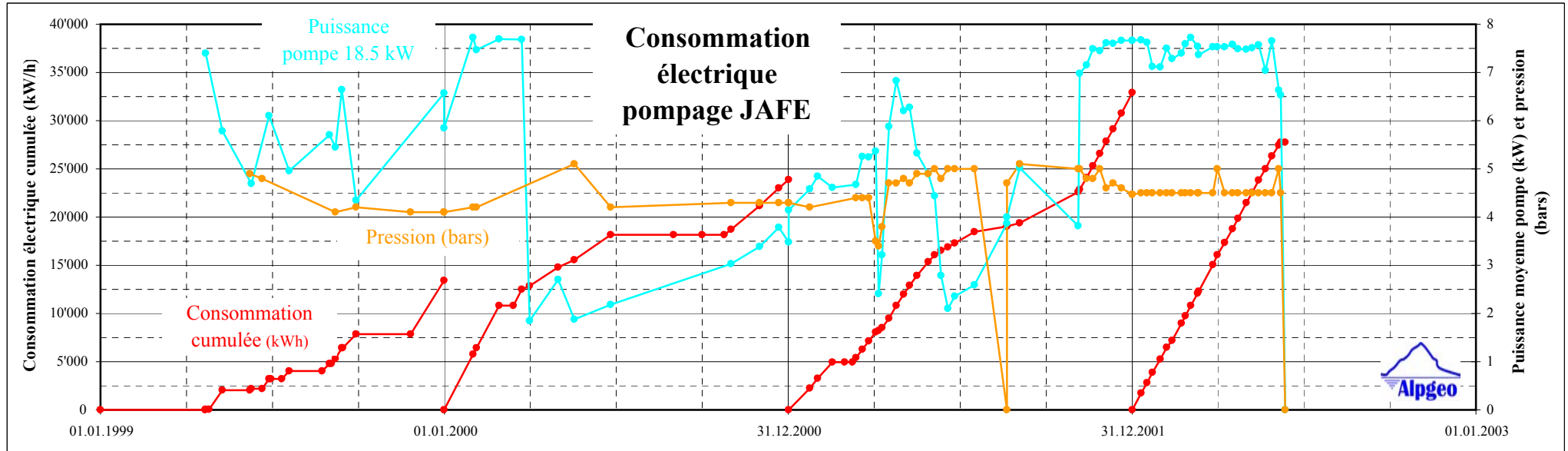
ANNEXE 16 : Volumes d'eau pompés, fourniture d'eau aux Bains et à l'Ecole, débits, niveaux d'eau, températures et conductivités de l'eau thermique

(1) 24 h / 24 h (2) fictif, 19 h / 24 h	Pompage forage Jafe					Fourniture eau thermique aux Bains de Saillon								Fourniture eau PAC école			
	Volume	Q moy	Niv.	Temp.	Cond.	Compteur (1)	Qmes	Temp.	Compteur (2)	Consommat.	Qmoy	Rejet	Qmoy	Compteur	Consommat.	Qmoy	
	Date et heure	soutiré (m3)	(l/mn)	(m)	(°C)	(µS/cm)	entrée (m3)	l/mn	(°C)	bassins (m3)	19h / 24h (m3)	(l/mn)	5h / 24h (m3)	(l/mn)	(m3)	(m3)	
23.08.01 14:00	64'988	296	-2			155'598	0		86'657	47'510	234	12'503	62	1'849	4'975	0	Pompage arrêté car piscine verte
03.09.01 08:00	64'988	0	-2			155'598	0		86'657	47'510	0	12'503	0	1'849	4'975	0	Mesures juste avant remis en fonction p
03.09.01 09:20	65'009	263	-2			155'619	0		86'674	47'527	208	12'507	55	1'849	4'975	0	70 min après remis en fonction pompag
01.10.01 13:30	65'009	0	-2			155'619	0		86'674	47'527	0	12'507	0	1'849	4'975	0	70 min après remis en fonction pompag
04.11.01 18:15	71'603	73	-155	31.7		161'305	280	31.5	91'175	52'028	50	13'692	13	2'757	5'883	18	Mesures Bianchetti
06.11.01 09:30	72'342	314	-146	31.6		161'953	290	31.0	91'688	52'541	218	13'827	57	2'848	5'974	39	
13.11.01 08:30	75'679	333	-158	31.6		164'873	310	31.0	94'000	54'853	231	14'435	61	3'265	6'391	42	
20.11.01 09:30	79'034	331	-159			167'791	280	32.0	96'310	57'163	228	15'043	60	3'702	6'828	43	
27.11.01 09:30	82'388	333	-160			170'690	300	32.0	98'605	59'458	228	15'647	60	4'157	7'283	45	Mesures Fernandez
04.12.01 09:00	85'731	333	-160			173'579	290	32.0	100'892	61'745	228	16'249	60	4'611	7'737	45	Mesures Fernandez
11.12.01 09:30	89'077	331	-160			176'469	290	32.0	103'180	64'033	226	16'851	60	5'067	8'193	45	Mesures Fernandez
20.12.01 08:15	93'438	338	-161	32.4		180'142	280	31.5	106'088	66'941	226	17'616	59	5'755	8'881	53	Mesures Bianchetti
01.01.02 00:00	99'119	205	-165			184'927	280	32.0	109'876	70'729	226	18'613	59	6'651	9'777	53	

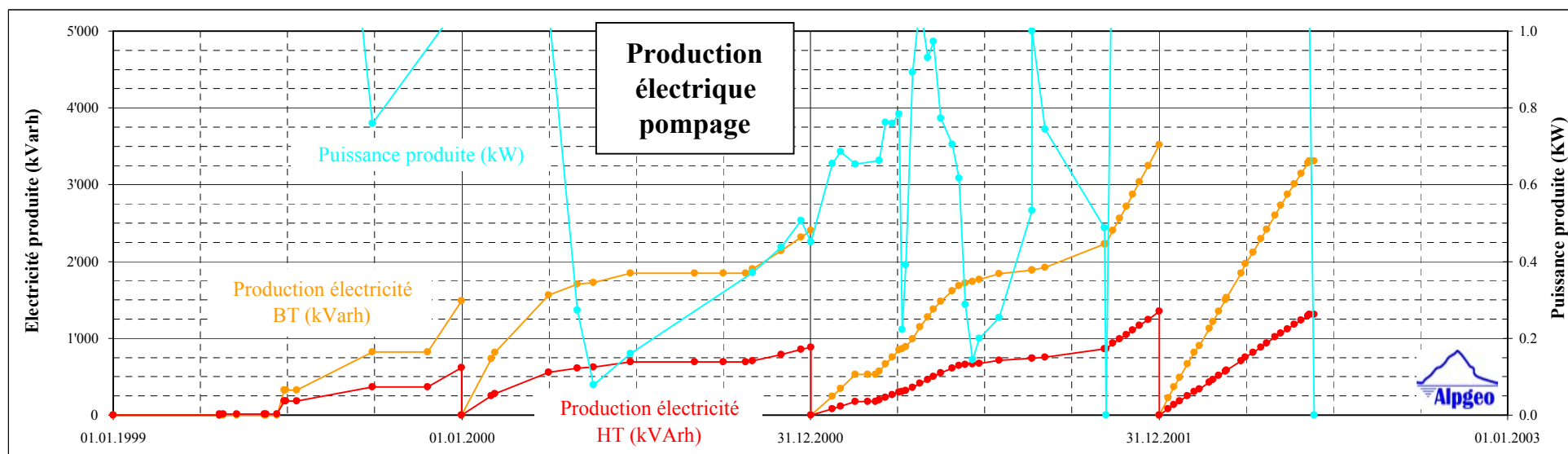
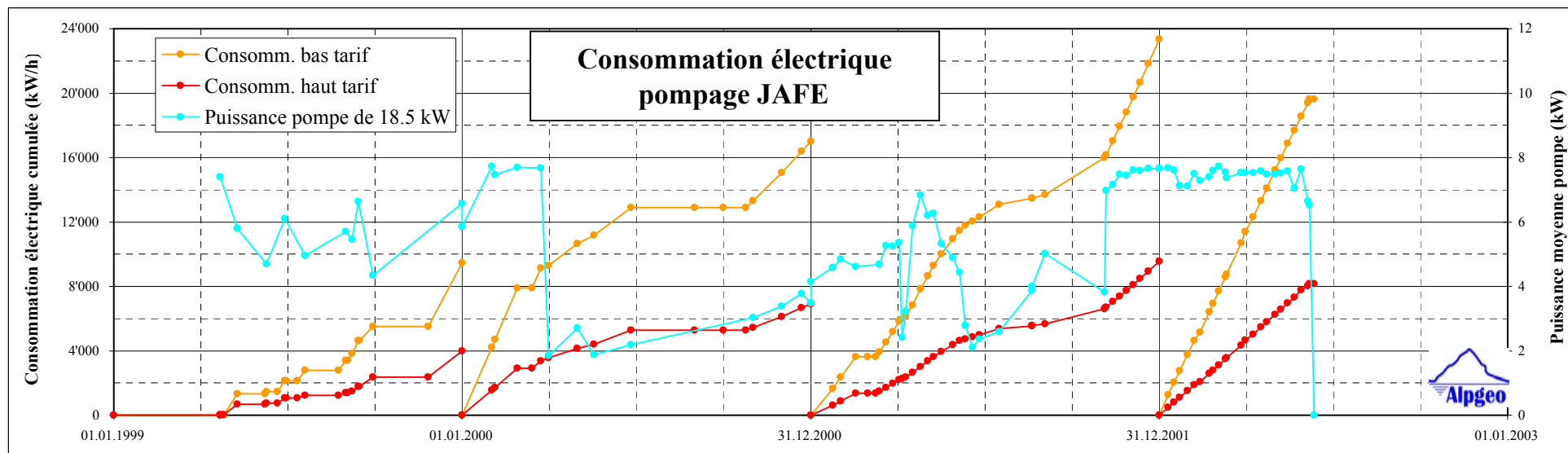
ANNEXE 16 : Volumes d'eau pompés, fourniture d'eau aux Bains et à l'Ecole, débits, niveaux d'eau, températures et conductivités de l'eau thermique

(1) 24 h / 24 h (2) fictif, 19 h / 24 h		Pompage forage Jafe					Fourniture eau thermique aux Bains de Saillon							Fourniture eau PAC école			Remarques
Date et heure	Volume soutiré (m3)	Q moy (l/mn)	Niv. (m)	Temp. (°C)	Cond. (µS/cm)	Compteur (1) entrée (m3)	Qmes l/mn	Temp. (°C)	Compteur (2) bassins (m3)	Consommat. 19h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Rejet 5h / 24h (m3)	Qmoy (l/mn)	Compteur (m3)	Consommat. (m3)	Qmoy (l/mn)	
01.01.02 00:00	0	205	-165			184'927	280	32.0	109'876	0		0	0	6'651	0		
10.01.02 10:30	4'466	329	-164	32.3		188'785	280	32.0	112'930	3'054	225	804	59	7'259	608	45	Mesures Fernandez
16.01.02 10:00	7'298	329	-163	32.4		191'231	280	32.0	114'867	4'991	225	1'313	59	7'645	994	45	Mesures Fernandez
22.01.02 10:00	10'182	334	-162	32.4		193'728	280	32.0	116'843	6'967	229	1'834	60	8'032	1'381	45	Mesures Fernandez
30.01.02 14:00	13'965	322	-163	32.5		197'128	280	32.0	119'535	9'659	229	2'542	60	8'415	1'764	33	Mesures Fernandez
01.02.02 12:00	14'895	337	-165	32.0	4'770	197'921	295	32.0	120'163	10'287	227	2'707	60	8'552	1'901	50	Mesures Bianchetti
06.02.02 11:00	17'232	327	-171			199'909	280	32.0	121'737	11'861	220	3'121	58	8'901	2'250	49	Mesures Fernandez
12.02.02 08:30	19'274	241	-161	32.0		201'683	280	32.0	123'141	13'265	165	3'491	44	9'169	2'518	32	Mesures Fernandez
22.02.02 09:00	24'059	332	-165	32.2		205'837	280	32.0	126'430	16'554	228	4'356	60	9'800	3'149	44	Mesures Fernandez
26.02.02 08:30	25'947	329	-163	32.1		207'457	280	32.0	127'712	17'836	224	4'694	59	10'068	3'417	47	Mesures Fernandez
04.03.02 08:30	28'817	332	-161	32.1		209'895	280	32.0	129'642	19'766	223	5'202	59	10'500	3'849	50	Mesures Fernandez
11.03.02 08:00	32'002	317	-158	32.0		212'760	280	32.0	131'910	22'034	226	5'799	59	10'820	4'169	32	Mesures Fernandez
12.03.02 10:30	32'472	296	-163	32.0	4'720	213'227	285	32.0	132'280	22'404	233	5'896	61	10'823	4'172	2	Mesures Bianchetti
27.03.02 15:30	39'751	332	-162	32.1		219'452	280	32.0	137'208	27'332	225	7'193	59	11'877	5'226	48	Mesures Fernandez
01.04.02 08:00	42'390	391	-162	32.2		221'769	280	32.0	139'042	29'167	272	7'675	72	12'199	5'548	48	Mesures Fernandez
09.04.02 09:00	45'671	283	-159	32.2		224'639	280	32.0	141'315	31'439	196	8'273	52	12'610	5'959	35	Mesures Fernandez
17.04.02 08:00	49'402	326	-155	32.2		227'910	280	32.0	143'904	34'028	226	8'955	59	13'070	6'419	40	Mesures Fernandez
23.04.02 09:00	52'220	324	-161	32.2		230'380	280	32.0	145'859	35'984	225	9'469	59	13'418	6'767	40	Mesures Fernandez
02.05.02 08:00	56'377	322	-166	32.3		234'025	280	32.0	148'745	38'869	224	10'229	59	13'930	7'279	40	Mesures Fernandez
08.05.02 08:30	59'247	331	-163	32.4		236'481	280	32.0	150'689	40'814	224	10'740	59	14'344	7'693	48	Mesures Fernandez
15.05.02 07:00	62'500	326	-162	32.3		239'320	280	32.0	152'937	43'061	225	11'332	59	14'758	8'107	41	Mesures Fernandez
22.05.02 07:30	65'682	315	-162	32.3		242'210	280	32.0	155'225	45'349	226	11'934	60	15'050	8'399	29	Mesures Fernandez
29.05.02 11:30	68'967	318	-149	32.1		245'171	280	32.0	157'569	47'693	227	12'551	60	15'374	8'723	31	Mesures Fernandez
05.06.02 15:30	72'242	317	-149	32.1		248'120	280	32.0	159'904	50'028	226	13'165	60	15'700	9'049	32	Mesures Fernandez
07.06.02 12:00	73'087	316				248'880	0	23.0	160'505	50'629	225	13'324	59	15'785	9'134	32	Mesures extrapolées!
12.06.02 09:00	73'087	0	-3			248'880	0	23.0	160'505	50'629	0	13'324	0	15'785	9'134	0	Mesures Fernandez

ANNEXE 17 : Consommation électrique et fonctionnement pompes (1999-02)



ANNEXE 18 : Consommation électrique pompes (1999-02)



ANNEXE 19 : Consommation électrique pompage, fonctionnement pompes et autres mesures

Date et heure	Type de pompe (puissance)	Compteur 8.1 (kWh)	Consommat. 8.1 (kWh)	Compteur 8.2 (kWh)	Consommat. 8.2 (kWh)	Consommation totale (kW/h)	Fonctionnement pompe P1 (h)	Fonctionnement pompe P2 (h)	Fonctionnement pompes (h)	Puissance calculée (kW)	Débit moy. JAFE (l/mn)	Pression (bars)	Fréquence (Hz)	Ampérage (A)	Vitesse pompe (%)
01.01.99 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	0	0	0	0	0	0	0	0		0				
22.04.99 11:15	SP17-33 (18.5 kW)	0	0	0	0	0	0	0	0		0				
22.04.99 16:35	SP17-33 (18.5 kW)	0	0	37	37	37	3	2	5	7.4	250				
26.04.99 10:25	SP17-33 (18.5 kW)	0	0	37	37	37	3	2	5		0				
10.05.99 16:10	SP17-33 (18.5 kW)	1'332	1'332	691	691	2'023	178	170	348	5.8	350		50.0		
08.06.99 14:00	SP17-33 (18.5 kW)	1'332	1'332	691	691	2'023	178	170	348		160	4.9	30.0		48
10.06.99 05:30	SP17-33 (18.5 kW)	1'445	1'445	747	747	2'192	178	206	384	4.7	0				
21.06.99 16:30	SP17-33 (18.5 kW)	1'445	1'445	747	747	2'192	178	209	387		160	4.8	30.0	21.2	47
29.06.99 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	2'129	2'129	1'082	1'082	3'211	264	290	554	6.1	160		30.0	21.2	47
01.07.99 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	2'129	2'129	1'082	1'082	3'211	264	290	554		0				
12.07.99 13:30	SP17-33 (18.5 kW)	2'129	2'129	1'082	1'082	3'211	264	290	554		0				
20.07.99 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	2'774	2'774	1'240	1'240	4'014	352	364	716	5.0	295		41.5	30.0	41
24.08.99 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	2'774	2'774	1'240	1'240	4'014	352	364	716		0				
01.09.99 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	3'388	3'388	1'390	1'390	4'778	409	441	850	5.7	355			38.7	50
03.09.99 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	3'388	3'388	1'390	1'390	4'778	409	441	850		0				
07.09.99 13:45	SP17-33 (18.5 kW)	3'826	3'826	1'497	1'497	5'323	409	541	950	5.5	295	4.1	43.0	29.6	41
14.09.99 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	4'634	4'634	1'779	1'779	6'413	409	705	1'114	6.6	295		42.5	29.8	40
15.09.99 10:45	SP17-33 (18.5 kW)	4'634	4'634	1'779	1'779	6'413	409	705	1'114		0			29.8	
29.09.99 09:40	SP17-33 (18.5 kW)	5'504	5'504	2'360	2'360	7'864	743	705	1'448	4.3	295	4.2	44.7	30.0	39
26.11.99 11:00	SP17-33 (18.5 kW)	5'504	5'504	2'360	2'360	7'864	743	705	1'448		0	4.1			
01.01.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	9'450	9'450	3'971	3'971	13'421	743	1'551	2'294	6.6	340	4.1	50.0	42.3	40

ANNEXE 19 : Consommation électrique pompage, fonctionnement pompes et autres mesures

Date et heure	Type de pompe (puissance)	Compteur 8.1 (kWh)	Consommat. 8.1 (kWh)	Compteur 8.2 (kWh)	Consommat. 8.2 (kWh)	Consommation totale (kW/h)	Fonctionnement pompe P1 (h)	Fonctionnement pompe P2 (h)	Fonctionnement pompes (h)	Puissance calculée (kW)	Débit moy. JAFE (l/mn)	Pression (bars)	Fréquence (Hz)	Ampérage (A)	Vitesse pompe (%)
01.01.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	9'450	0	3'971	0	0	743	1'551	0	5.9	340	4.1	50.0	42.3	40
01.02.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	13'667	4'217	5'519	1'548	5'765	743	2'297	746	7.7		4.2	50.0	40.1	40
04.02.00 16:15	SP17-33 (18.5 kW)	14'141	4'691	5'702	1'731	6'422	743	2'385	834	7.5		4.2	50.0	40.1	40
28.02.00 07:40	SP17-33 (18.5 kW)	17'339	7'889	6'882	2'911	10'800	743	2'954	1'403	7.7			50.0	40.1	40
14.03.00 10:00	SP17-33 (18.5 kW)	17'339	7'889	6'882	2'911	10'800	743	2'954	1'403				50.0	40.1	40
23.03.00 17:00	SP17-33 (18.5 kW)	18'588	9'138	7'346	3'375	12'513	743	3'177	1'626	7.7			50.0	40.1	40
01.04.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	18'739	9'289	7'529	3'558	12'847	743	3'358	1'807	1.8			47.0	35.0	41
01.05.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	20'092	10'642	8'125	4'154	14'796	743	4'078	2'527	2.7	40			20.5	50
18.05.00 11:30	SP17-33 (18.5 kW)	20'612	11'162	8'391	4'420	15'582	743	4'497	2'946	1.9	40	5.1		20.5	50
26.06.00 06:00	SP17-33 (18.5 kW)	22'344	12'894	9'250	5'279	18'173	1'609	4'816	4'131	2.2	40	4.2		22.0	41
01.09.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	22'344	12'894	9'250	5'279	18'173	1'609	4'816	4'131		0				
01.10.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	22'344	12'894	9'250	5'279	18'173	1'609	4'816	4'131		0				
24.10.00 11:30	SP17-33 (18.5 kW)	22'351	12'901	9'250	5'279	18'180	1'609	4'816	4'131		0				
01.11.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	22'752	13'302	9'403	5'432	18'734	1'792	4'816	4'314	3.0	190	4.3	39.5	27.0	42
01.12.00 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	24'513	15'063	10'077	6'106	21'169	2'511	4'816	5'033	3.4	190	4.3	38.9	27.0	42
21.12.00 16:00	SP17-33 (18.5 kW)	25'823	16'373	10'631	6'660	23'033	3'004	4'816	5'526	3.8	191	4.3	40.8	28.3	41
01.01.01 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	26'451	17'001	10'867	6'896	23'897	3'252	4'816	5'774	3.5	205	4.3	40.8	28.3	41

ANNEXE 19 : Consommation électrique pompage, fonctionnement pompes et autres mesures

Date et heure	Type de pompe (puissance)	Compteur 8.1 (kWh)	Consommat. 8.1 (kWh)	Compteur 8.2 (kWh)	Consommat. 8.2 (kWh)	Consommation totale (kW/h)	Fonctionnement pompe P1 (h)	Fonctionnement pompe P2 (h)	Fonctionnement pompes (h)	Puissance calculée (kW)	Débit moy. JAFE (l/mn)	Pression (bars)	Fréquence (Hz)	Ampérage (A)	Vitesse pompe (%)
01.01.01 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	26'451	0	10'867	0	0	3'252	4'816	0	4.1	205	4.3	40.8	28.3	41
23.01.01 15:00	SP17-33 (18.5 kW)	28'101	1'650	11'485	618	2'268	3'747	4'816	495	4.6	202	4.2		32.0	42
01.02.01 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	28'819	2'368	11'741	874	3'242	3'948	4'816	696	4.8				32.0	42
16.02.01 15:30	SP17-33 (18.5 kW)	30'068	3'617	12'222	1'355	4'972	4'323	4'816	1'071	4.6	218				
01.03.01 12:00	SP17-33 (18.5 kW)	30'068	3'617	12'222	1'355	4'972	4'323	4'816	1'071		8				
09.03.01 16:15	SP17-33 (18.5 kW)	30'068	3'617	12'222	1'355	4'972	4'323	4'816	1'071		2				
13.03.01 10:00	SP17-33 (18.5 kW)	30'362	3'911	12'344	1'477	5'388	4'323	4'905	1'160	4.7	249	4.4	44.4	31.5	43
20.03.01 09:15	SP17-33 (18.5 kW)	31'001	4'550	12'588	1'721	6'271	4'323	5'073	1'328	5.3	258	4.4	46.1	33.5	42
27.03.01 09:05	SP17-33 (18.5 kW)	31'632	5'181	12'827	1'960	7'141	4'323	5'239	1'494	5.2	257	4.4	45.2	32.0	42
03.04.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	32'278	5'827	13'077	2'210	8'037	4'323	5'406	1'661	5.4	261	3.5	40.5	28.2	42
06.04.01 16:30	SP17-33 (18.5 kW)	32'422	5'971	13'128	2'261	8'232	4'323	5'487	1'742	2.4	190	3.4	34.8	23.5	43
10.04.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	32'599	6'148	13'231	2'364	8'512	4'323	5'574	1'829	3.2	239	3.8	37.4	26.0	42
17.04.01 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	33'296	6'845	13'522	2'655	9'500	4'323	5'742	1'997	5.9	280	4.7	49.0	38.5	42
25.04.01 11:45	SP17-33 (18.5 kW)	34'273	7'822	13'883	3'016	10'838	4'323	5'938	2'193	6.8	286	4.7	49.2	38.5	41
03.05.01 07:15	SP17-33 (18.5 kW)	35'093	8'642	14'224	3'357	11'999	4'323	6'125	2'380	6.2	288	4.8	48.5	37.7	41
09.05.01 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	35'759	9'308	14'480	3'613	12'921	4'323	6'272	2'527	6.3	286	4.7	50.0	40.0	41
17.05.01 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	36'446	9'995	14'805	3'938	13'933	4'323	6'462	2'717	5.3	283	4.9	41.6	27.6	42
29.05.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	37'412	10'961	15'249	4'382	15'343	4'323	6'750	3'005	4.9	268	4.9	41.3	27.6	41
05.06.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	37'917	11'466	15'485	4'618	16'084	4'323	6'917	3'172	4.4	250	5.0	43.7	30.0	41
11.06.01 18:30	SP17-33 (18.5 kW)	38'234	11'783	15'602	4'735	16'518	4'323	7'073	3'328	2.8	171	4.8	30.2	18.7	42
19.06.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	38'491	12'040	15'725	4'858	16'898	4'323	7'254	3'509	2.1	146	5.0	31.3	19.6	43
26.06.01 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	38'763	12'312	15'854	4'987	17'299	4'323	7'424	3'679	2.4	162	5.0	30.2	18.0	42
17.07.01 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	39'542	13'091	16'251	5'384	18'475	4'323	7'877	4'132	2.6	168	5.0	38.8	25.2	42
20.08.01 15:00	SP17-33 (18.5 kW)	39'909	13'458	16'421	5'554	19'012	4'323	8'016	4'271	3.9	0	0.0	0.0	0.0	0
20.08.01 16:20	SP17-33 (18.5 kW)	39'912	13'461	16'422	5'555	19'016	4'323	8'017	4'272	4.0	335	4.7	39.6		

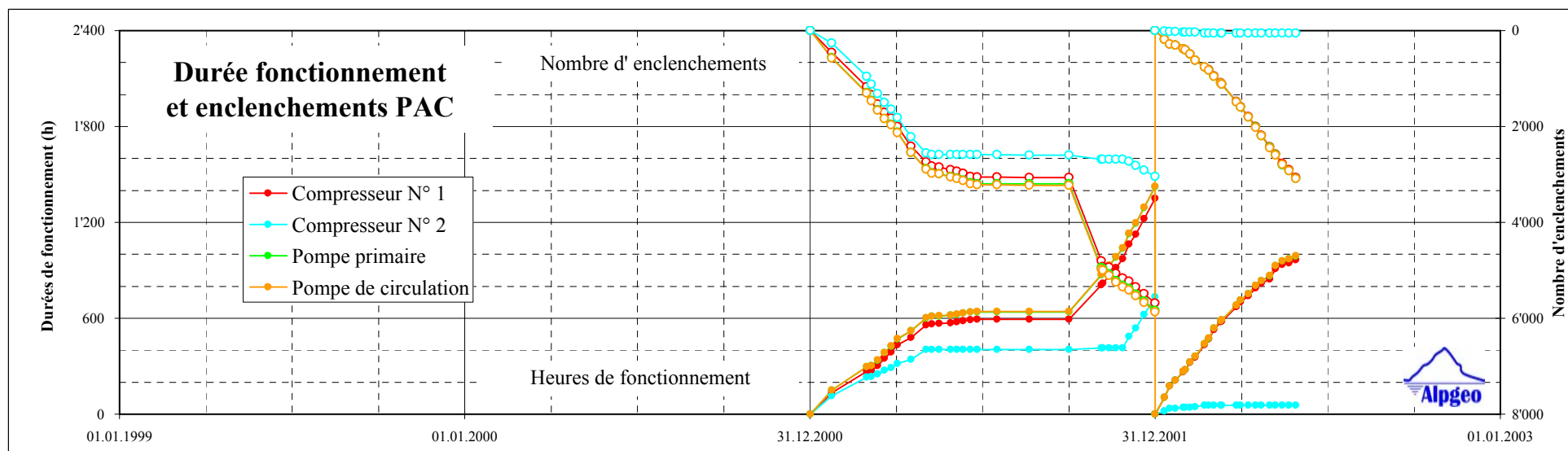
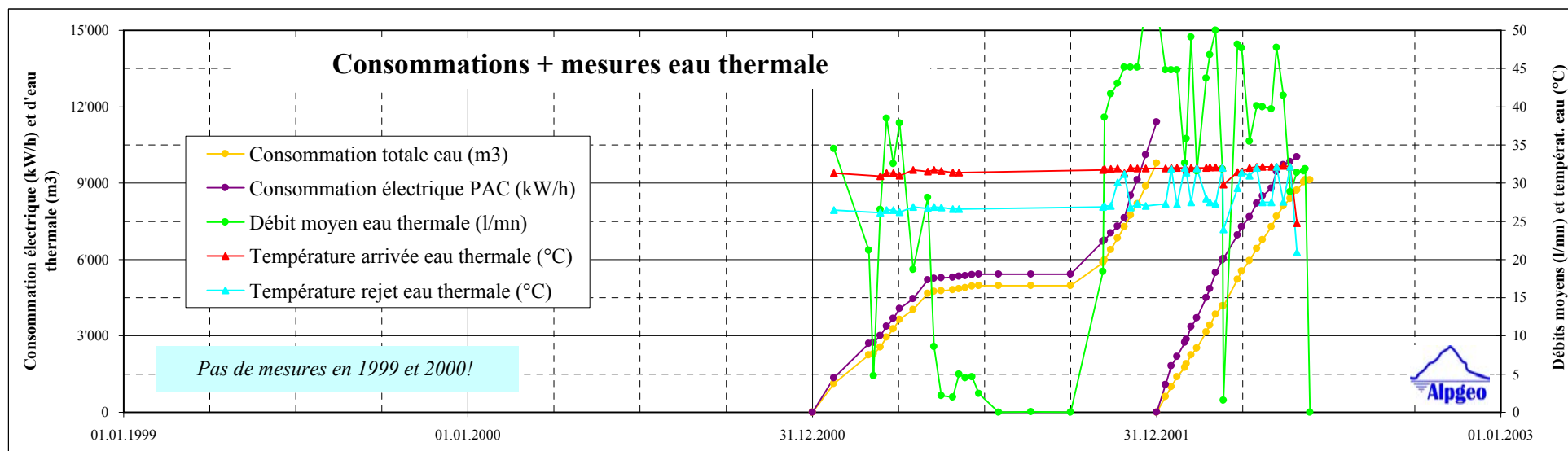
ANNEXE 19 : Consommation électrique pompage, fonctionnement pompes et autres mesures

Date et heure	Type de pompe (puissance)	Compteur 8.1 (kWh)	Consommat. 8.1 (kWh)	Compteur 8.2 (kWh)	Consommat. 8.2 (kWh)	Consommation totale (kW/h)	Fonctionnement pompe P1 (h)	Fonctionnement pompe P2 (h)	Fonctionnement pompes (h)	Puissance calculée (kW)	Débit moy. JAFE (l/mn)	Pression (bars)	Fréquence (Hz)	Ampérage (A)	Vitesse pompe (%)
03.09.01 09:20	SP17-33 (18.5 kW)	40'146	13'695	16'545	5'678	19'373	4'325	8'086	4'343	5.0		5.1	39.5	25.9	50
04.11.01 18:15	SP17-33 (18.5 kW)	42'442	15'991	17'475	6'608	22'599	4'347	8'908	5'188	3.8		5.0	50.0	40.9	50
06.11.01 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	42'611	16'160	17'568	6'701	22'861	4'347	8'946	5'225	7.0		5.0	50.0	40.9	50
13.11.01 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	43'485	17'034	17'918	7'051	24'085	4'347	9'117	5'396	7.2		4.8	50.0	42.0	46
20.11.01 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	44'382	17'931	18'256	7'389	25'320	4'347	9'282	5'561	7.5		4.8	50.0	42.0	45
27.11.01 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	45'285	18'834	18'612	7'745	26'579	4'347	9'451	5'730	7.4		5.0	46.3	32.8	46
04.12.01 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	46'195	19'744	18'974	8'107	27'851	4'347	9'618	5'897	7.6		4.6	50.0	41.2	44
11.12.01 09:30	SP17-33 (18.5 kW)	47'108	20'657	19'338	8'471	29'128	4'347	9'786	6'065	7.6		4.7	50.0	41.5	44
20.12.01 08:15	SP17-33 (18.5 kW)	48'281	21'830	19'812	8'945	30'775	4'347	10'001	6'280	7.7		4.6	50.0	42.3	43
01.01.02 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	49'809	23'358	20'429	9'562	32'921	4'347	10'281	6'560	7.7	205	4.5	50.0	43.3	42

ANNEXE 19 : Consommation électrique pompage, fonctionnement pompes et autres mesures

Date et heure	Type de pompe (puissance)	Compteur 8.1 (kWh)	Consommat. 8.1 (kWh)	Compteur 8.2 (kWh)	Consommat. 8.2 (kWh)	Consommation totale (kW/h)	Fonctionnement pompe P1 (h)	Fonctionnement pompe P2 (h)	Fonctionnement pompes (h)	Puissance calculée (kW)	Débit moy. JAFE (l/mn)	Pression (bars)	Fréquence (Hz)	Ampérage (A)	Vitesse pompe (%)
01.01.02 00:00	SP17-33 (18.5 kW)	49'809	0	20'429	0	0	4'347	10'281	0	7.7	205	4.5	50.0	43.3	41.7
10.01.02 10:30	SP17-33 (18.5 kW)	51'059	1'250	20'914	485	1'734	4'347	10'507	226	7.7		4.5	50.0	42.5	43
16.01.02 10:00	SP17-33 (18.5 kW)	51'841	2'032	21'229	800	2'831	4'347	10'651	370	7.6		4.5	50.0	43.0	43
22.01.02 10:00	SP17-33 (18.5 kW)	52'561	2'752	21'535	1'106	3'857	4'347	10'795	514	7.1		4.5	50.0	42.4	43
30.01.02 14:00	SP17-33 (18.5 kW)	53'550	3'741	21'940	1'511	5'251	4'347	10'991	710	7.1		4.5	50.0	41.0	44
06.02.02 11:00	SP17-33 (18.5 kW)	54'427	4'618	22'300	1'871	6'488	4'466	11'037	875	7.5		4.5	50.0	41.0	43
12.02.02 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	54'950	5'141	22'498	2'069	7'209	4'474	11'128	974	7.3		4.5	50.0	40.5	45
22.02.02 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	56'219	6'410	23'019	2'590	8'999	4'474	11'370	1'216	7.4		4.5	50.0	41.3	43
26.02.02 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	56'729	6'920	23'230	2'801	9'720	4'474	11'465	1'311	7.6		4.5	50.0	41.0	43
04.03.02 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	57'518	7'709	23'553	3'124	10'832	4'474	11'609	1'455	7.7		4.5	50.0	42.2	42
11.03.02 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	58'404	8'595	23'926	3'497	12'091	4'474	11'776	1'622	7.5		4.5	50.0	40.4	43
12.03.02 10:30	SP17-33 (18.5 kW)	58'552	8'743	23'980	3'551	12'293	4'474	11'803	1'649	7.4		4.5	50.0	40.5	43
27.03.02 15:30	SP17-33 (18.5 kW)	60'496	10'687	24'775	4'346	15'032	4'474	12'167	2'013	7.5		4.5	50.0	41.2	42
01.04.02 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	61'216	11'407	25'086	4'657	16'063	4'474	12'304	2'150	7.5		5.0	47.0	33.2	50
09.04.02 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	62'107	12'298	25'461	5'032	17'329	4'474	12'472	2'318	7.5		4.5	50.0	40.8	43
17.04.02 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	63'125	13'316	25'891	5'462	18'777	4'474	12'663	2'509	7.6		4.5	50.0	41.2	42
23.04.02 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	63'898	14'089	26'211	5'782	19'870	4'474	12'809	2'655	7.5		4.5	50.0	40.1	42
02.05.02 08:00	SP17-33 (18.5 kW)	65'017	15'208	26'693	6'264	21'471	4'474	13'023	2'869	7.5		4.5	50.0	40.1	42
08.05.02 08:30	SP17-33 (18.5 kW)	65'786	15'977	27'013	6'584	22'560	4'474	13'168	3'014	7.5		4.5	50.0	40.0	43
15.05.02 07:00	SP17-33 (18.5 kW)	66'671	16'862	27'385	6'956	23'817	4'474	13'334	3'180	7.6		4.5	50.0	41.6	42
22.05.02 07:30	SP17-33 (18.5 kW)	67'495	17'686	27'747	7'318	25'003	4'474	13'503	3'348	7.0		4.5	50.0	40.6	42
29.05.02 11:30	SP17-33 (18.5 kW)	68'363	18'554	28'195	7'766	26'319	4'474	13'675	3'520	7.7		4.5	50.0	39.4	44
05.06.02 15:30	SP17-33 (18.5 kW)	69'223	19'414	28'476	8'047	27'460	4'474	13'847	3'692	6.6		5.0	45.7	32.2	49
07.06.02 12:00	SP17-33 (18.5 kW)	69'430	19'621	28'579	8'150	27'770	4'474	13'894	3'740	6.5		4.5	50.0	41.0	44
12.06.02 09:00	SP17-33 (18.5 kW)	69'430	19'621	28'579	8'150	27'770	4'474	13'894	3'740	0.0	0	0.0	0.0	0.0	3

ANNEXE 20 : Fonctionnement pompe à chaleur du collège (1999-02)



ANNEXE 21 : Consommation électrique de la pompe à chaleur (PAC) du Collège, fonctionnement du compresseurs et des pompes



			Heures de fonctionnement				Nombre d'enclenchements				Puissance électr. consommée par PAC *		Eau thermique pour PAC				Eau thermique (total circulation)				Consommation totale eau thermale			
			Compteur électrique lampe	Consommation électrique lampe	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2	Compresseur N°1	Pompe primaire			Pompe de circulation	Compresseur N°2	Delta puissance	Index fictif débit eau thermique PAC (calcul **)	Consommation eau thermique pour PAC	Débit moyen eau thermique (seulement PAC)	Index débit eau thermique (compteur)	Delta débit consommé				
Date et heure	(kWh)	(kWh)	(h)	(h)	(h)	(h)	(nb)	(nb)	(nb)	(nb)	(kW)	(kW)	(m3)	(m3)	(l/mn)	(m3)	(m3)	l/mn	(l/mn)	(m3)	(°C)	(°C)	(°C)	
01.01.01 00:00	15'082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5'128			5'128	0			0				
23.01.01 15:00	15'121	39	134	149	149	115	457	570	572	256	1'346	1'346	5'691	563	17	6'254	1'126	~70	35	1'126	31.3	26.5	4.8	
01.03.01 12:00	15'150	68	268	298	298	230	1'174	1'297	1'301	959	2'693	1'346	6'254	1126	11	7'379	1'126	0	21	2'251				
06.03.01 09:15	15'150	68	272	303	304	234	1'333	1'457	1'462	1'116	2'736	44	6'270	1142	2	7'413	34	0	5	2'285				
13.03.01 10:00	15'160	78	304	337	338	252	1'531	1'656	1'661	1'315	3'010	273	6'405	1277	13	7'682	269	~70	27	2'554	30.9	26.1	4.8	
20.03.01 09:15	15'163	81	350	385	386	273	1'710	1'835	1'840	1'503	3'377	368	6'598	1470	19	8'068	386	~70	39	2'940	31.3	26.5	4.8	
27.03.01 09:05	15'164	82	389	425	427	291	1'830	1'957	1'965	1'640	3'690	313	6'762	1634	16	8'396	328	~70	33	3'268	31.3	26.5	4.8	
03.04.01 07:30	15'166	84	434	471	473	316	1'995	2'124	2'133	1'810	4'071	381	6'951	1823	19	8'774	378	~70	38	3'646	31.0	26.2	4.8	
17.04.01 08:00	15'171	89	479	521	523	342	2'408	2'539	2'548	2'212	4'460	389	7'140	2012	9	9'152	378	~70	19	4'024	31.7	26.9	4.8	
03.05.01 07:15	15'180	98	556	601	603	403	2'744	2'878	2'886	2'553	5'205	744	7'463	2335	14	9'798	647	~70	28	4'670	31.5	26.7	4.8	
09.05.01 09:30	15'182	100	565	612	613	405	2'830	2'965	2'973	2'592	5'267	62	7'501	2373	4	9'874	76	~70	9	4'746	31.7	26.9	4.8	
17.05.01 08:00	15'186	104	568	614	616	405	2'851	2'986	2'994	2'592	5'283	17	7'514	2386	1	9'899	25	~70	2	4'771	31.6	26.8	4.8	
29.05.01 07:30	15'193	111	572	619	621	405	2'903	3'039	3'049	2'592	5'307	23	7'530	2402	1	9'933	34	~70	2	4'805	31.4	26.6	4.8	
05.06.01 07:30	15'193	111	578	624	627	405	2'935	3'071	3'082	2'592	5'341	34	7'556	2428	2	9'983	50	~70	5	4'855	31.4	26.6	4.8	
11.06.01 18:30	15'194	112	583	631	633	405	2'983	3'120	3'134	2'592	5'370	29	7'577	2449	2	10'025	42	0	5	4'897				
19.06.01 07:30	15'195	113	589	638	640	405	3'040	3'177	3'191	2'592	5'405	35	7'602	2474	2	10'076	50	0	5	4'948				
26.06.01 09:30	15'195	113	592	640	642	405	3'059	3'196	3'213	2'592	5'421	16	7'614	2486	1	10'101	25	0	2	4'973				

ANNEXE 21 : Consommation électrique de la pompe à chaleur (PAC) du Collège, fonctionnement du compresseurs et des pompes



Date et heure	Compteur électrique lampe	Consommation électrique lampe	Heures de fonctionnement				Nombre d'enclenchements				Puissance électr. consommée par PAC *	Eau thermique pour PAC				Eau thermique (total circulation)				Consommation totale eau thermique	Température eau thermique (arrivée)	Température eau thermique (rejet)	Delta °T
	(kWh)	(kWh)	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2		Delta puissance	Index fictif débit eau thermique PAC (calcul **)	Consommation eau thermique pour PAC	Débit moyen eau thermique (seulement PAC)	Index débit eau thermique (compteur)	Delta débit consommé	Débit instantané	Débit moyen eau thermique (total circulation)				
	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(nb)	(nb)	(nb)	(nb)	(kW)	(kW)	(m3)	(m3)	(l/mn)	(m3)	(m3)	l/mn	(l/mn)	(m3)	(°C)	(°C)	(°C)
17.07.01 07:30	15'199	117	592	640	643	405	3'059	3'196	3'218	2'592	5'421	0	7'614	2486	0	10'101	0	0	0	4'973			
20.08.01 16:20	15'213	131	592	640	644	405	3'061	3'198	3'225	2'594	5'425	4	7'616	2488	0	10'103	3	0	0	4'975			
01.10.01 13:00	15'213	131	592	640	644	405	3'061	3'198	3'225	2'594	5'425	0	7'616	2488	0	1'849	0	0	0	4'975			
04.11.01 18:15	15'233	151	809	871	875	413	4'800	4'945	4'975	2'686	6'702	1'277	8'524	3396	8	2'757	908	71	18	5'883	31.7	26.9	4.8
06.11.01 09:30	15'233	151	819	882	885	413	4'926	4'971	5'001	2'686	6'763	61	8'569	3441	19	2'848	91	68	39	5'974	31.9	27.0	4.8
13.11.01 08:30			866	930	934	413	4'930	5'078	5'109	2'686	7'031	268	8'766	3638	20	3'265	418	68	42	6'391	31.9	27.0	4.8
20.11.01 09:30			915	980	984	413	5'062	5'214	5'246	2'686	7'308	277	8'971	3843	20	3'702	437	67	43	6'828	31.9	30.1	1.8
27.11.01 09:30			971	1'037	1'041	413	5'160	5'311	5'343	2'686	7'627	319	9'206	4078	23	4'157	455	70	45	7'283	31.3	31.2	0.1
04.12.01 09:00			1'062	1'128	1'133	487	5'226	5'377	5'409	2'732	8'514	887	9'588	4460	38	4'611	454	67	45	7'737	32.0	26.8	5.2
11.12.01 09:30			1'125	1'192	1'196	539	5'345	5'496	5'528	2'811	9'132	618	9'853	4725	26	5'067	456	67	45	8'193	31.9	27.3	4.7
20.12.01 08:15			1'223	1'291	1'296	624	5'494	5'645	5'677	2'912	10'113	981	10'263	5135	32	5'755	688	67	53	8'881	31.9	27.0	5.0
01.01.02 00:00			1'350	1'421	1'425	735	5'688	5'839	5'871	3'044	11'392	1'278	10'797	5669	32	6'650	896	68	53	9'776			

ANNEXE 21 : Consommation électrique de la pompe à chaleur (PAC) du Collège, fonctionnement du compresseurs et des pompes



Date et heure	Compteur électrique lampe	Consommation électrique lampe	Heures de fonctionnement				Nombre d'enclenchements				Puissance électr. consommée par PAC *	Eau thermique pour PAC				Eau thermique (total circulation)				Consommation totale eau thermique	Température eau thermique (arrivée)	Température eau thermique (rejet)	Delta °T
	(kWh)	(kWh)	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2		Delta puissance	Index fictif débit eau thermique PAC (calcul **)	Consommation eau thermique pour PAC	Débit moyen eau thermique (seulement PAC)	Index débit eau thermique (compteur)	Delta débit consommé	Débit instantané	Débit moyen eau thermique (total circulation)				
	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(nb)	(nb)	(nb)	(nb)	(kW)	(kW)	(m3)	(m3)	(l/mn)	(m3)	(m3)	l/mn	(l/mn)	(m3)	(°C)	(°C)	(°C)
01.01.02 00:00			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1'278	10'797	5669	32	6'650	0	68	53	0			
10.01.02 10:30			104	104	105	20	183	183	183	13	1'078	1'078	11'235	438	32	7'259	609	67	45	609	31.9	27.3	4.6
16.01.02 10:00			175	177	177	37	282	282	282	22	1'824	745	11'533	736	35	7'645	386	68	45	995	32.0	31.8	0.1
22.01.02 10:00			211	213	213	37	308	308	308	22	2'193	369	11'684	887	18	8'032	387	68	45	1'382	32.0	27.2	4.8
30.01.02 14:00			264	266	267	43	380	380	380	30	2'739	546	11'907	1110	19	8'415	383	68	33	1'765	32.0	32.0	0.0
01.02.02 12:00			276	279	278	43	401	401	401	30	2'863	670	11'957	1160	19	8'552	520	0	36	1'902	31.7	31.4	0.3
06.02.02 11:00			323	326	327	43	491	491	492	30	3'349	610	12'155	1358	25	8'901	486	68	49	2'251	32.0	27.5	4.5
12.02.02 08:30			356	360	361	47	621	622	624	35	3'694	345	12'293	1496	16	9'169	268	70	32	2'519	32.0	31.9	0.0
22.02.02 09:00			434	439	440	55	757	760	762	53	4'502	808	12'621	1824	23	9'800	631	69	44	3'150	32.0	28.0	4.0
26.02.02 08:30			468	474	475	55	819	822	827	53	4'856	354	12'764	1967	25	10'068	268	68	47	3'418	32.0	27.5	4.5
04.03.02 08:30			529	536	538	55	951	954	959	53	5'487	631	13'020	2223	30	10'500	432	68	50	3'850	32.1	27.3	4.8
11.03.02 08:00			576	583	584	55	1'092	1'096	1'100	53	5'968	482	13'217	2420	20	10'820	320	68	32	4'170	32.0	32.0	0.0
12.03.02 10:30			582	591	591	55	1'115	1'119	1'123	53	6'034	65	13'240	2443	15	10'823	3	0	2	4'172	29.8	23.9	5.9
27.03.02 15:30			670	681	682	55	1'483	1'489	1'493	53	6'953	919	13'612	2815	17	11'877	1'055	0	48	5'227	31.4	29.3	2.1
01.04.02 08:00			701	714	715	55	1'590	1'598	1'602	53	7'281	328	13'742	2945	19	12'199	322	70	48	5'549	31.5	31.4	0.1
09.04.02 09:00			739	753	754	55	1'795	1'803	1'807	53	7'676	395	13'902	3105	14	12'610	411	60	35	5'960	32.0	31.0	1.0
17.04.02 08:00			789	805	806	55	2'004	2'013	2'017	53	8'199	523	14'112	3315	18	13'070	460	67	40	6'420	32.1	32.0	0.1

ANNEXE 21 : Consommation électrique de la pompe à chaleur (PAC) du Collège, fonctionnement du compresseurs et des pompes



Date et heure	Compteur électrique lampe	Consommation électrique lampe	Heures de fonctionnement				Nombre d'enclenchements				Puissance électr. consommée par PAC *	Eau thermique pour PAC				Eau thermique (total circulation)				Consommation totale eau thermique	Température eau thermique (arrivée)	Température eau thermique (rejet)	Delta °T
	(kWh)	(kWh)	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2	Compresseur N°1	Pompe primaire	Pompe de circulation	Compresseur N°2		Delta puissance	Index fictif débit eau thermique PAC (calcul **)	Consommation eau thermique pour PAC	Débit moyen eau thermique (seulement PAC)	Index débit eau thermique (compteur)	Delta débit consommé	Débit instantané	Débit moyen eau thermique (total circulation)				
	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(nb)	(nb)	(nb)	(nb)	(kW)	(kW)	(m3)	(m3)	(l/mn)	(m3)	(m3)	l/mn	(l/mn)	(m3)	(°C)	(°C)	(°C)
23.04.02 09:00			817	834	835	55	2'183	2'193	2'197	53	8'491	292	14'230	3433	14	13'418	348	68	40	6'768	32.1	27.5	4.6
02.05.02 08:00			845	865	866	55	2'423	2'439	2'444	53	8'794	303	14'347	3550	9	13'930	512	67	40	7'280	32.1	27.5	4.6
08.05.02 08:30			909	930	931	55	2'571	2'588	2'593	53	9'455	661	14'616	3819	31	14'344	414	67	48	7'694	32.1	32.1	0.0
15.05.02 07:00			935	957	959	55	2'775	2'800	2'799	53	9'727	272	14'725	3928	11	14'758	414	67	41	8'108	32.3	27.6	4.7
22.05.02 07:30			946	970	971	55	2'904	2'924	2'929	53	9'850	123	14'771	3974	5	15'050	292	68	29	8'400	32.2	32.1	0.0
29.05.02 11:30			964	988	990	55	3'060	3'083	3'087	53	10'035	185	14'847	4050	7	15'374	324	0	31	8'724	24.8	20.9	3.9
05.06.02 15:30																15'700	326		32	9'050			
07.06.02 12:00																15'785	85	0	32	9'135			
12.06.02 09:00																15'785	0	0	0	9'135			
31.12.02 09:05																							

* Calcul effectué avec 5 kWh pour chaque compresseur (à confirmer!) + 0.25 kWh pour pompe primaire + 0.43 kWh pour pompe de circulation (données fournies par Olivier Buchard)

** Calcul effectué avec les heures de fonctionnement du compresseur N°1 et avec un débit d'eau thermique fourni de 70 l/mn

ANNEXE 22 : Analyses chimiques complètes

Analyses chimiques représentatives du fluide profond capté par le forage JAFE

GENERALITES	1	2	3	4	5	6
No. échantillon	Pompage N°1	Pompage N°1	Pompage N°2	Pompage N°4	Pompage-test	Production
Pompage / air-lift						
Date / heure prélèvement	12.juil.96 / 10 h 00	12.juil.96 / 18 h 30	03.oct.96 / 07 h 30	20.nov.96 / 10 h 00	06.mai.98 / 11 h 10	10.déc.99 / 17 h 00
MESURES IN SITU						
Température eau (°C)	30.1	30.5	25.5	31.4	23.1	30.4
Conductivité (µS/cm)	4550	4410	3510	4620	4840	4820
Débit (l/mn)	143	193	143	155	65	305
Niveau d'eau vertical (m)	-94.50	-145.40	-56.75	-169.55		-128.80
Rabatement (m)	89.50	140.40	54.22	165.98		128.80
Eh (mV)	-376	-330	-265	-263		
pH	7.9	7.2	7.4	6.6		
ANALYSE CHIMIQUE						
TSD (mg/l)	4705	4673	3145	4448	4693	4711
CATIONS	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l
Li	2.4 3.46E-04	2.6 3.75E-04	2.2 3.17E-04	2.2 3.17E-04	0.00E+00	0.00E+00
Na	943 4.10E-02	921 4.01E-02	457 1.99E-02	545 2.37E-02	612 2.66E-02	661 2.88E-02
K	12.2 3.12E-04	11.5 2.94E-04	9.3 2.38E-04	11.7 2.99E-04	13.0 3.32E-04	15.8 4.04E-04
Mg	107 4.40E-03	108 4.44E-03	84 3.46E-03	119 4.89E-03	143 5.86E-03	140 5.76E-03
Ca	544 1.36E-02	555 1.38E-02	416 1.04E-02	635 1.58E-02	617 1.54E-02	595 1.48E-02
Sr	10.3 1.18E-04	11.1 1.27E-04	8.6 9.82E-05	12.4 1.42E-04	12.9 1.47E-04	12.3 1.40E-04
Fe	0.94 1.68E-05	1.54 2.76E-05	1.46 2.61E-05	4.53 8.11E-05	17.60 3.15E-04	11.60 2.08E-04
Mn	0.034 6.19E-07	0.031 5.64E-07	0.337 6.13E-06	0.054 9.83E-07	0.152 2.77E-06	0.073 1.33E-06
ANIONS	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l
F	2.4 1.24E-04	2.4 1.26E-04	1.8 9.53E-05	2.0 1.05E-04	2.1 1.08E-04	2.3 1.21E-04
Cl	454 1.28E-02	440 1.24E-02	313 8.83E-03	447 1.26E-02	479 1.35E-02	462 1.30E-02
SO4	2286 2.38E-02	2326 2.42E-02	1516 1.58E-02	2483 2.59E-02	2441 2.54E-02	2429 2.53E-02
HCO3	330 5.41E-03	281 4.61E-03	323 5.29E-03	177 2.90E-03	374 6.13E-03	394 6.46E-03
NON DISSOCIES	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l	mg/l moles/l
SiO2	13.9 2.32E-04	14.4 2.40E-04	13.7 2.28E-04	14.1 2.35E-04	0.00E+00	0.00E+00
BALANCE IONIQUE						
Somme cations (méq/l)	77.87	77.59	48.33	66.16	70.06	70.85
Somme anions (méq/l)	65.93	65.57	45.78	67.31	70.57	70.18
Contrôle	8.3%	8.4%	2.7%	0.9%	0.4%	0.5%

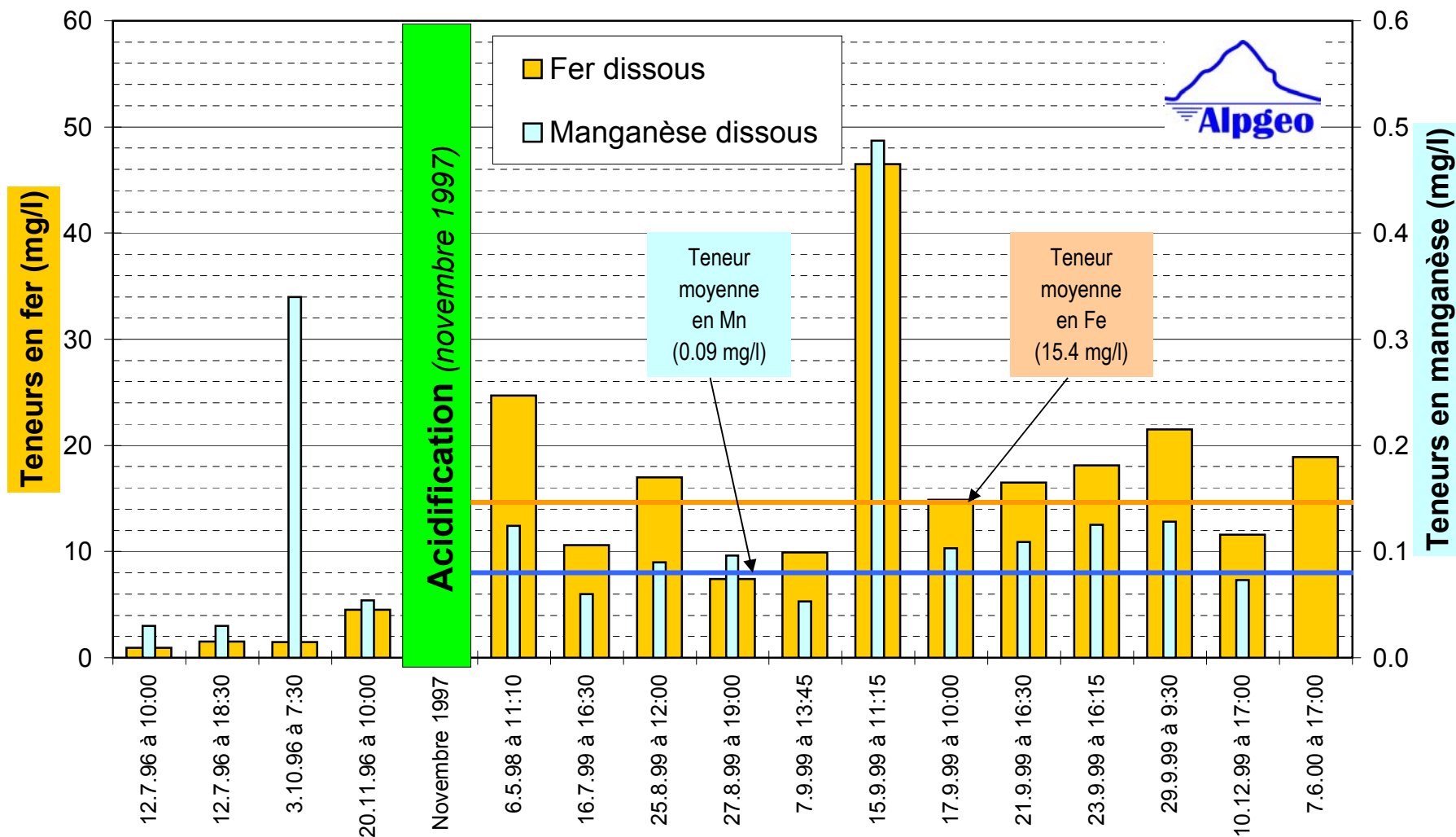


ANNEXE 23 : teneurs en fer et manganèse dans l'eau thermique

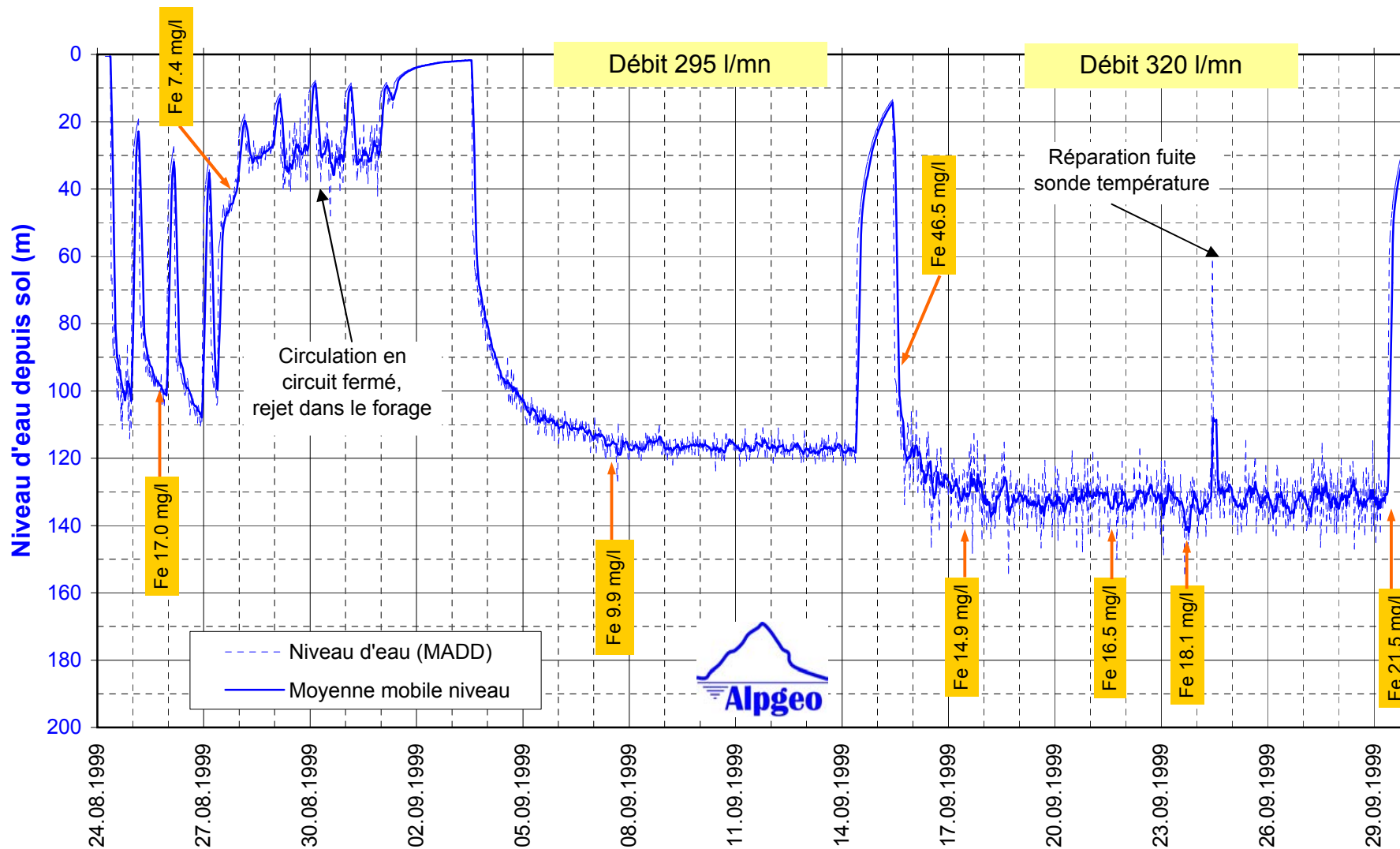
DATE	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	SITUATION	Q (l/mn)	°T (°C)	K20 (μS/cm)
12.7.96 à 10:00	(0.94)	(0.03)	Forage non équipé, prof. 828 m (1.er pompage)	150	30.1	4530
12.7.96 à 18:30	(1.54)	(0.03)	Forage non équipé, prof. 828 m	198	30.5	4440
3.10.96 à 7:30	(1.5)	(0.34)	Forage équipé, mélange avec l'eau de la nappe phréatique!	144	25.5	3550
20.11.96 à 10:00	4.5	0.05	Forage équipé	156	31.4	4520
MOYENNE	4.5	0.05				
ACIDIFICATION (novembre 1997)						
6.5.98 à 11:10	(24.7)	(0.124)	Forage équipé, petit pompage	65	23.1	4840
16.7.99 à 16:30	10.6	0.06	Forage équipé, pompage intermittent	300	30.0	4780
25.8.99 à 12:00	17.0	0.09	Forage équipé, pompage intermittent	295	29.3	4670
27.8.99 à 19:00	(7.4)	(0.096)	Forage équipé, pompage intermittent, court-circuit hydraulique	295	27.9	4640
7.9.99 à 13:45	9.9	0.05	Forage équipé, pompage en continu (prélèv. 2 l pour Raymond)	295	30.3	4540
15.9.99 à 11:15	(46.5)	(0.487)	Forage équipé, pompage en continu	295	24.7	4380
17.9.99 à 10:00	14.9	0.10	Forage équipé, pompage en continu	295	30.3	4620
21.9.99 à 16:30	16.5	0.11	Forage équipé, pompage en continu	295	30.5	4500
23.9.99 à 16:15	18.1	0.13	Forage équipé, pompage en continu	295	30.5	4610
29.9.99 à 9:30	21.5	0.13	Forage équipé, pompage en continu	295	30.5	4520
10.12.99 à 17:00	11.6	0.07	Forage équipé, pompage en continu	305	30.4	4820
7.6.00 à 17:00	18.9		Tête du puits (armoire hydraulique)	185	30.0	5040
MOYENNE	15.4	0.09				

Les valeurs entre parenthèses n'ont pas été considérées pour le calcul de la moyenne (valeurs peu fiables, conditions d'exploitation particulières, à savoir : forage sans équipement, faible débit de pompage, circulation en circuit fermé et début de pompage)

ANNEXE 24 : Evolution des teneurs en fer et manganèse dissous dans l'eau



ANNEXE 25 : Teneurs en fer durant les pompages de août et septembre 1999



		Eau thermale en tête de puits	Eau thermal après oxygénation, rejet au canal
		N° 1 7.6.2000 17:30	N° 3 7.6.2000 17:30
		µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹
Lithium	Li	2881	3319
Aluminium	Al	4	6
Phosphorus	P	10	8
Vanadium	V	2	3
Chromium	Cr	6	3
Iron	Fe	20620	15811
Manganese	Mn	124	119
Nickel	Ni	100	87
Cobalt	Co	1	1
Zinc	Zn	8	6
Copper	Cu	3	3
Rubidium	Rb	49	59
Strontium	Sr	12717	19216
Molybdenum	Mo	2	1
Cadmium	Cd	1	1
Tin	Sn	< 1	< 1
Antimony	Sb	< 1	< 1
Caesium	Cs	33	43
Barium	Ba	12	14
Lanthanum	La	< 1	< 1
Tungsten	W	3	4
Lead	Pb	5	6
Uranium	U	1	1

Analyses semi-quantitatives par ICP-MS effectuée par GEOLEP – Laboratoire de géologie (EPFL)

RAPPORT D'ANALYSE CHIMIQUE

Echantillon(s) prélevé(s) par vous-même

Date de prélèvement : 08.06.00 Date d'analyse : 09.06.00

Désignation

Eau potable

EA-12034

Safe 1 : Tête puits

EA-12035

Safe 2 : ~~Après~~ oxygénation (avant entrée dans dégazeur)

EA-12036

Safe 3A : Après oxygénation (après injection d'oxygène)

EA-12037

Safe 3B : Après oxygénation + filtration (après passage dans filtre à sable)

Numéro d'analyse

EA-12034

EA-12035

EA-12036

EA-12037

308 Fer

mg/l

18.9

18.6

17.4

1.8

*350 Cuivre

mg/l

< 10 ppb

< 10 ppb

< 10 ppb

< 10 ppb

Analyses de fer et cuivre effectuées par la Laboratoire cantonal

GEMEINDE SAILLON

Zusammenfassung

October

Die Pumpenanlage Jafe wurde zwischen dem 28. und 31. ~~November~~ 2002 ausgebaut. Bei der Untersuchung der Pumpenanlage Jafe konnten Schäden festgestellt werden, die teil eine genauere Untersuchungen bedingungen. Zusammenfassend können die Schäden eruiert werden und mit den folgenden Massnahmen behoben werden:

Pumpe Nr. ² (unten)

- Der Elektromotor ist beschädigt (blockiert) und ist auszuwechseln.
- Der Pumpenteil ist zu revidieren; bei Verschleiss Spuren ist die Unterwasserpumpe als ganzes zu ersetzen. *traces d'usure pas étanche*
- Das Flachkabel mit Steckverbindung und Hauptstromkabel ist undicht und am unteren Teil mit Wasser getränkt und unterschreitet die Isolationswerte. Beide Kabel sind zu ersetzen.
- Die Verbindung zwischen dem Flachkabel und Hauptstromkabel ist durch den Lieferanten (bei Grundfos oder im Kabelwerk) zusammenzubauen.

Pumpe Nr. ¹ (oben)

- Beim Elektromotor ist die Wicklung und die Lagerung zu überprüfen und wenn nötig auszuwechseln. *bobinage assise*
- Der Pumpenteil ist revidieren; bei Verschleiss Spuren ist die Unterwasserpumpe als ganzes zu ersetzen.
- Die Elektrokabel (Flachkabel und Hauptstromkabel 4x50 mm²) hatte keine Wasserspuren, jedoch reduzierte Isolationswerte. Aus Sicherheitsgründen sind alle Elektrokabel, anlog der Pumpe Nr. 1 auszuwechseln. *raison de sécurité*

cependant

Pumpeneinbau und Druckmesssonde

- Die Pumpen-Montagevorrichtungen zeigten keine Beschädigungen oder Verschleiss. *les dispositifs de montage (by-pass?) dommages ou usure*
- Die Verbindungen der oberen Pumpe (Straub-Kupplung) ist korrodiert und zu ersetzen.
- Die Druckmesssonde arbeitet einwandfrei und kann wieder eingebaut werden.

Steigleitung *colonne montante*

- An der Steigleitung konnte keine Beschädigungen oder Verschleiss festgestellt werden.
- Für den Wiedereinbau sind alle Dichtungen und Kabelbinder zu ersetzen. Beschädigte oder verloren Schraubverbindungen zu ergänzen.
- Die Abstützung der Pumpen im Bohrkeller ist erneuern. *doit être revue soit repédés*
- Die Durchführung der Kabel zu verbessern, sodass die zulässigen Biegeradien eingehalten werden können. *Suspension admissibles rayons de courbure*

Elektro-Steuerung *Commandes électriques*

- Die Sicherheitseinrichtungen (Überlastschutz, Frequenzumformer) und Verbrauchs-Steuerung (Einschaltdauer) der Pumpen ist zu überprüfen. *tester*
- Längere Pumpeneinschaltzeiten (Vergrößerung des Einschaltbereichs der Heizung oder Bau von Warmwassertanks) könnte die Lebensdauer der Pumpen verbessert werden.

GEOthermie BOHRUNG JAFE SAILLON
Detaillierter Bericht zum Pumpenausbau
1. Brunnenanlage
a) Bohrung

Im Rahmen des Programms zur Erforschung von potentiellen Lagerstätten wurde von 1997 bis 1998 von der Firma Stump Bohr AG, Tiefbohrbereich in Saillon eine Geothermiebohrung abgeteuft:

Spül-Bohrung:	Totale Länge: 929. m		Neigung 25° (variable zwischen 22° - 28°)	
Tiefe im Meter	Bohrdurchmesser		Verrohrung	
000.0 – 021.4	14 3/4"	375 mm	13 3/8"	340/323 mm
021.4 – 110.0	12 1/4"	311 mm	10 3/4"	273/256 mm 9 5/8" 244/235mm
110.0 – 409.0	9 7/8"	250 mm	8 5/8"	219/203 mm
409.0 – 929.0	7 7/8"	200 mm	6 5/8"	168/157 mm 680 – 857 m. Filter
			5 1/2"	140/127 mm 857 – 924.5 m. Filter

Während den Bohrarbeiten wurde die Spülbohrung in einer Tiefe von 409 m unterbrochen und die Geologie mit einer Seilkernbohrung erkundet. Da die erwartete Formation angetroffen wurde, musste die Kernbohrstrecke bis 409 m aufzementiert werden. Mit Hilfe einer Bohrlochturnine wurde die Bohrungen abgelenkt (ab 466.5 um zirka 30°) und anschliessend in der gleichen Bohrrichtung versetzt mit dem Rotarybohrverfahren bis auf eine Endtiefe von 924.5 m gebracht. Nach einer längeren Testphase (Pump- und Temperaturversuche) wurde die Bohrung der Gemeinde Saillon zur Gewinnung von Erdwärme übergeben.

b) Pumpenanlage

Die Gemeinde beschloss die Nutzung der Geothermischen Wärme primär für den Betrieb der Heizung der Schulhausanlage und ev. weiteren Anlagen zu benutzen. Die überschüssige Kapazität wurde dem Bains de Saillon zur Verfügung gestellt. Im Jahre 1998 wurde die Firma Stump Bohr AG beauftragt in die bestehende Bohrung eine doppelte Unterwasserpumpenanlage einzubauen.

Pumpen:	17 - 33				
	Pumpe 1 unten:	Grundfos SP 16-40 N	Länge	3.20 m	Ansaugen 2.35 m
	Pumpe 2 oben:	Grundfos SP 16-40 N	Länge	4.85 m	Ansaugen 3.10 m
17 - 33					
Steigleitung:	geschweisste Cr-Stahlrohre 3" (76 mm) Länge 37 Stk. @ 6 m = 222.00 m				
	Flansche R-182 - 40 mit je 6 Schrauben und 2 (50x40mm) Kabelausschnitte				

Ansauglänge: Pumpe 1 unten 229.20 m Pumpe 2 oben: 225.10 m Total: 230.05 m

Mit einem Ruhewasserspiegel auf der Höhe der Sohle des Schachts und ohne Einbezug der Tiefe des Pumpenschachts müssen für die Dimensionierung die folgende Druckverhältnisse berücksichtigt werden::

	Leitung	Ansaug	Total	Korrigiert 25°	Druck
Pumpe 1 oben:	222.00	3.10	225.10	204.00	2.04 MPa
Pumpe 2 unten:	222.00	7.20	229.20	207.70	2.07 MPa

GEOTHERMIE BOHRUNG JAFE SAILLON

Die Pumpen wurden aus Platzgründen übereinander eingebaut. Die Untere fördert das Wasser über einen Bypass an die oberer Pumpe vorbei. Die obere Pumpe liegt im Bypass und wurde zusammen an die Steigleitung angeschlossen. Beide Pumpen waren werkseitig mit Rückschlagsventilen bestückt und erlauben einen unabhängigen alternativen Betrieb.

Die Pumpen wurden mit je mit einem GDV Elektrokabel (PUR 4x 50 mm²) gespiesen. Im Vorfeld der Erstinstallation hat die Firma Stump Bohr AG für den Pumpenantrieb je ein EUCAHYDRO (4x16 mm²) Kabel vorgeschlagen. Während den Offertverhandlungen wurde dieser Vorschlag von der lokalen Elektrizitätsversorgung SEIC abgelehnt und ein Kabelquerschnitt von je 4 x 50 mm² verlangt. Die EUROHYDRO Kabel konnten damals von der Stump Bohr AG nicht in den gewünschten Dimension beschafft werden. Im Einverständnis aller Beteiligten (Ingenieurs A. Hadorn, SEIC, Bruchez (Elektro-Konzessionär) hat die Firma Stump Bohr AG je zwei 4x 50 mm² PUR GDV – Kabel geliefert. Diese Kabel wurden mit den Flachkabel (mit Steckverbindungen) verbunden und vom Lieferant (Grundfos) vergossen. Die Verbindungen wurden vergossen und mit einem Schrumpfschlauch geschützt.

Die Pumpen-Anlage wurde im Dezember 1998 installiert. Am letzten Steigrohr wurde eine Druckmessdose als Trockenlaufschutz eingebaut. Alle Flanschenverbindungen wurden mit einer Dichtung und sechs Schrauben gesichert. Die restlichen zwei Schraubenlöcher wurden auf 50 mm ausgeschnitten, um die Elektro- und Steuerungskabel zuführen und vor Beschädigung zu schützen. Die Kabel wurden mehrfach mit Kabelbinder an den Steigrohren befestigt. Am letzten Steigrohr wurde zusätzlich ein 2" PE-Rohr zur Rückführung von Wasser installiert. Die komplette Pumpeneinrichtung wurde auf der Verrohrung des Brunnens abgestützt. Für die Durchführung der Elektrokabel wurde die Brunnenverrohrung beidseitig ausgeschnitten. Die Steigrohre und die Rückaufleitung wurden an die horizontal verlegten Rohre angeschlossen.

Die Schaltkasten der Pumpenanlage liegt 10 m nördlich des Pumpenschachts. Der Anlauf der Pumpen erfolgt über einen Frequenzumformer. Die Druckmesssonde schützt die Pumpen gegen einen Trockenlauf. Die weiteren Details sind dem Bericht A. Hadorns zu entnehmen.

Seit der Inbetriebnahme (1998) bis zum Sommer 2002 konnte die Heizungsanlage geothermisch ohne bekannten Störungen betrieben werden. Die Versorgung der Bains de Saillon wurde durch den grossen Anteil von Mineralien (insbesondere Eisen) beeinträchtigt und nur beschränkt genutzt.

2. Pumpenstörung und Ausbau

Mitte 2002 wurde der Betrieb wegen eines Pumpenschadens eingestellt. Die Anlage wurde durch den Elektriker Bruchez und der Firma Grundfos kontrolliert:

- Pumpe Nr. 1 unten: Kurzschluss. Totalausfall,
Ursache: Winklungsschluss (?)
- Pumpe Nr.2 oben: Betrieb zirka 15 min, Anlage wird durch Überwachungssteuerung
automatisch abgeschaltet.
Ursache: Zu grosse Stromaufnahme

Die Gemeinde Saillon beauftragte den Projektbegleitenden Geologen mit dem Ausbau der Pumpen zur Abklärung des Schadens und zur Reparatur der Anlage. Die Drilltec Consulting evaluierte das Ausbaurverfahren. Die Gemeinde Saillon beauftragte die Firma TECFOR mit dem Ausbau der Pumpen unter der Aufsicht der DRILLTEC Consulting aus.

28/30. Oktober 2002

GEOTHERMIE BOHRUNG JAFE SAILLON

Montag 28. Oktober 2002:	Mobilisation der Gerätschaften. Installation der Bohranlage. Demontage der Leitungen und Kabel im Brunnenschacht.
Dienstag 29. Oktober 2002	Ausbau von 30 Stück Steigleitung und Elektrokabel Aufsicht Drilltec
Mittwoch, 30. Oktober 2002	Ausbau der restlichen 7 Steigrohre und beider Pumpen. Aufsicht Drilltec, Gemeinde Saillon, Allianzversicherung. Prüfung und Sicherstellung der beschädigten Teile Testen der Kabel und Motoren durch den Elektriker + Drilltec Information der Vertreter der Gemeinde Saillon + Geologen
Donnerstag, 31 Oktober 2002	Prüfen der ausgebauten Pumpen mit den Vertretern der Gemeinde Saillon, SEIC, Grundfos, Elektriker und Drilltec
Montag, 4. November 2002	Erstellen des Pumpenberichts. Versand der Pumpen an Grundfos. Abklärung zur Beschaffung neuer Elektrokabel

Der Ausbau der Pumpen verlief reibungslos. Die Auszugskraft wurde kontinuierlich mit einer mobilen Waage überwacht. Die Auszugskraft entsprach weitgehend dem Gewicht der Pumpeninstallation (max. 3400kg). Es sind keine Widerstände irgendwelcher Art aufgetreten.

Während des Ausbaus wurde die Installation und der Zustand der Steigleitung und Pumpen geprüft:

- Abstützung der Pumpenanlage (Montage, Zustand, Beschädigungen)
- Steigleitung (Montage, Lecks, Beschädigungen, Ablagerungen)
- Elektrokabel (Montage, Beschädigungen, Isolation, Brandspuren)
- Pumpen (Zustand, Einlassöffnungen, Befestigung, Beschädigungen, Ablagerungen)
- Bypass (Lecks, Beschädigungen, Abnützungen, Ablagerungen)

Gesucht wurde nach mechanischen Beschädigungen oder Verschleisserscheinungen. Störungen an der elektrischen Steuerung oder Kabel können nur abgeschätzt werden und sind durch Elektrofachleute zu untersuchen.

3. Beurteilung des Zustandes

Beim Ausbau der Pumpen wurde die Installation und der Zustand kontrolliert. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Pumpen korrekt eingebaut worden sind.

Bei der Abstützung der Steigleitung auf der Verrohrung des Brunnens waren die Ausschnitte für die Durchführung der Elektrokabel zu eng dimensioniert. Dies führte zur Stauung der Kabel. Eine leichte Beschädigung der Isolation konnte festgestellt werden. Ein Kurzschluss oder eine Beeinträchtigung des Betriebs kann ausgeschlossen werden. Die Auflage der Steigrohre am Brunnenkopf war die Verrohrungen korrodiert. (Abnutzung des unedleren Materials) Dadurch wurde die Auflagefläche reduziert und ist beim Wiedereinbau neu zu dimensionieren.

Bei der Demontage der Steigleitung konnte keine Schäden festgestellt werden. Alle Schrauben waren korrekt angezogen und die Verbindungen dicht. Die Flansche konnten ohne grösseren Aufwand gelöst werden. Weder an den Rohren noch an den Flanschen Beschädigungen oder Abnützungen festgestellt werden. Auf den Rohren und Flanschen haben sich teilweise grössere schwarze gelartige Feststoffe abgelagert. Nach Aussagen des Geologen handelt es sich um Eisen

GEOTHERMIE BOHRUNG JAFE SAILLON
manganèse

und ~~Magnesium~~ Ausscheidungen, die im Thermalwasser in Saillon in einer erhöhten Konzentration auftreten.

Die Elektrokabel waren korrekt mit Plastikbinder an der Steigleitung montiert. Durch die engen Platzverhältnisse bedingt, überragte die Elektrokabel die Aussparungen an den Flanschen leicht. Trotz orientiertem Einbau der Kabel im seitlichen Bereich konnten bei verschiedenen Stellen, ohne Durchdringung der orangen Schutzisolation, leichte Reibungsstellen festgestellt werden. Die Verbindung der PUR Kabel mit den Flachkabel der Pumpen zeigte deutliche Druckstellen an der Ummantellungen aus, die auf die Druckverhältnisse (2 MPa) im Brunnen oder durch Erhitzung der Kabel zurückzuführen

Beim Durchtrennen des Elektrokabels der unteren Pumpe Nr. 1 (oberhalb der Verbindung zum Flachkabel) spritzte Wasser aus dem Inneren heraus. Die Isolation war an allen Leiter durchtränkt. Anschliessend wurde die gegossene Verbindung zwischen den Elektrokabel und dem Flachkabel geschnitten. Hier konnten keine visuelle Wasserrückstände festgestellt werden. Die Widerstandskontrolle des Elektriker zeigte in allen Kabel zu tiefe Isolationswerte.

Beim Durchtrennen des Kabel der oberen Pumpe Nr. 2 wurden keine Wasser festgestellt. Die Widerstandsmessung zeigte jedoch zu tiefe Widerstandswerte. Alle Kabel wurden vorsorglich zur weiteren Untersuchung durch die Gemeinde Saillon gelagert.

Die Druckmesssonde war korrekt montiert. Bei jedem Flansch wurde das Kable separat mit einem Plastikbinder gesichert.

Die obere Pumpe Nr. 2 war korrekt in den Bypass eingebaut. Auffallend war ein Stück Plastik das sich einseitig im Ansaugbereich befand. Die gegenüberliegende Ansaugöffnung war frei und hat die Ansaugung nur bedingt beeinträchtigt. Die Pumpe war fest montiert und konnte ohne Aufwand gelöst werden. Die STRAUB – Verbindung zeigte Korrosionsspuren an der Verbindungsschrauben.

Die untere Pumpe war korrekt an den Bypass festgeschraubt. Die Ansaugöffnungen waren frei von Feststoffen. Die Flanschverbindung konnte gut gelöst werden.

Beide Pumpen und der Bypass waren mit den oben erwähnten Anlagerungen beschlagen, jedoch wiesen sie keine äussere mechanischen Abnützungen oder Beschädigungen auf. Die Pumpen wurde an die Herstellerfirma GRUNFOS zur weiteren Untersuchung gesandt.

4. Schadensursachen

Die im Feld unternommen Untersuchungen beschränken sich auf visuellen Kontrolle der Pumpeninstallation. Während des Pumpenausbaus konnten keine wesentliche äusserliche Beeinträchtigung (ev. ausser der Plastikfolie) als Ursache für einen Schaden in Betracht gezogen werden. Die Anlage war über drei Jahre in Betrieb und somit kann ein Schaden durch eine unsachgemässer Installation ausgeschlossen werden. Ebenso kann eine Übernutzung der Anlage durch Trockenlauf als Schadenursache ausgeschlossen werden. Die Druckmesssonde arbeitet einwandfrei.

Die Schadensuche konzentrierte sich daher auf den Bereich des Betrieb der Pumpen. Die Möglichkeit einer Verkettung von Umständen die zu einem Schaden führten ist wahrscheinlich und daher vor dem Wiedereinbau zu untersuchen.

Grundsätzlich können Schäden einzelner Anlagenteile anderer Teile beeinträchtigen. Im Bereich von elektrischen Anlagenteile ist eine Schadenanalyse im nachhinein äusserst schwierig. Im stromlosen

GEOthermie BohrUNG JAFÉ SAILLON

Zustand kann der Schadenverursacher nicht mehr eindeutig festgestellt werden kann. Die einzelnen Anlageteile sind durch eine detaillierte Abklärung zu überprüfen:

- Pumpen (mechanische Bruch, Abnützung, Verstopfung, Überlast, Dimension)
Untersuchung durch GRUNDFOS
- Elektromotor (Kurschluss, Isolationsverlust, Lagerung, Kabelverbindung)
Untersuchung durch GRUNDFOS
- Elektrokabel motorseitig (Steckerverbindung, Verbindung zu Elektrokabel, Dimension)
Untersuchung durch ELEKTROINGENIEUR
- PUR Elektrokabel (Beschädigung, Stauchung, Isolationsverlust, Wasseraufnahme)
Untersuchung durch KABELEXPERTE
- Steuerung (Stromversorgung, Überströme, Blitzschlag, Blindstrom, Dimension, Konstruktion)
Untersuchung durch ELEKTROINGENIEUR

Erst nach dem Vorliegen dieser Untersuchungen kann ein abschliessendes Urteil über die Schadenursache abgegeben werden.

5. Voruntersuchung

Die Schadenbeurteilung durch eine Voruntersuchung ist für die Wiederinbetriebnahme der Pumpenanlage nötig, damit eventuelle Schadenverursacher eliminiert werden können.

a) Unterwasserpumpen

Die Elektromotor der Unterwasserpumpe Nr. 1 (unten) ist blockiert und hat einen Wicklungsschluss. Die Ursache kann durch eine Beschädigung der Motoren-Wicklung, durch Blockieren der Pumpe oder durch einen Kurschluss in der Versorgungsleitung verursacht worden sein.

Das Vorhandensein von Wasser in der Steckverbindung weist auf einen Bruch der Isolation hin. Abzuklären ist, ob dieses Eindringen von der Seite Motor oder Kabel herrührt. Ein Wicklungsschluss auf Grund eines Kurschluss im Kabel sollte durch die Elektrosteuerung im Schaltkasten abgesichert sein. Daher kann die Schadenursache im Bereich des Elektromotors vermutet werden. Die Ursache als Überlast sollte durch die Steuerung im Schaltkasten abgesichert sein.

Die Unterwasserpumpe Nr. 2 (oben) konnte vor dem Ausbau nur kurzfristig in Betrieb (zirka 5 min) genommen werden und war daher bedingt betriebsfähig. Nach dem Durchtrennen der elektrischen Hauptkabel konnte kein Wasser festgestellt werden. Die gemessenen (zu tiefen) Isolationswerte deuten auf einen Schaden durch Eindringen von Feuchtigkeit hin. Ob dies durch die Isolation der Kabel, der Verbindung der Kabel (Vergiess-Muffe) oder durch die Steckverbindung am Pumpenmotor ist zu untersuchen. Der Verdacht, dass veringerte Isolationswerte durch die Begrenzung der Stromaufnahme nicht erkannt werden oder andere Phänomene auftreten, ist von den Elektrofachleuten abzuklären.

b) Elektrokabel und Druckmesssonde

Die eingebauten G-PUR Kabel (4 x 50 mm²) wurde nach den Angaben der Stromversorgers eingebaut. Gemäss des Lieferanten ISOMET sind G-PUR Kabel nur für eine Einbautiefe von 100 m zugelassen. Die ausgebauten Kabel sind daher zu untersuchen. Insbesondere ist die Frage

GEOTHERMIE BOHRUNG JAFE SAILLON

abzuklären, warum beim einem Eindringen von Feuchtigkeit (Isolationsverminderung) die Sicherheitseinrichtungen die Anlage nicht ausgeschaltet haben.

Die ausgebauten Kabel können wegen den zu tiefen Isolationswiderstände nicht mehr einbaut werden und sind durch druckdichten Unterwasserkabel zu ersetzen, die einen Dauereinsatz im Wasser bis zu einem Druck von minimal 20 bar (2 MPa) gewährleisten. Die Verbindung zwischen dem Flachkabel mit Steckverbindung und dem Unterwasser ist druckdicht zu vergiessen; vorzugsweise durch den Lieferant der Kabel oder Pumpen

Die Druckmesssonde ist zusammen mit den Elektrokabel zu versetzen. Das Messkabel ist zusammen mit den Elektrokabel bei jeder Flanschverbindung doppelt mit Kabelverbinder an den Rohren zu befestigten. Um eine Durchhang der Kabel zu vermeiden ist in der Mitte von jedem Rohr (3m) ein zusätzlicher Kabelbinder zu installieren.

c) Steigleitung

Die Steigleitungen weisen keinen Verschleiss oder Beschädigung auf. Für den Wiedereinbau sind die Dichtungen zu ersetzen. Die Schraubverbindungen sind zu überprüfen und wenn nötig zu ersetzen.

d) Steuerung

An Hand des Schadens im Elektromotor ist die Steuerung und der elektrische Schutz zu untersuchen. Bei einem Defekt der Elektrokabel (z. B. Wasseraufnahme) sollte die Steuerung mit einer automatische Abschaltung ein Wicklungsschluss verhindern. Andererseits sollte eine erhöhte Stromausnahme (Überlastung) eine automatische Abschaltung bewirken. Der Frequenzumformer (für den Anlauf mit beschränkter Stromaufnahme) reduziert den Strom und eine Überlast kann gar nicht erkannt werden. Dies kann soweit führen, dass die Steuerung bei kleinen Stromverluste die Anlage nicht abschaltet. Diese Zusammenspiel der erwähnten Faktoren sind vor Wiedereinbetriebnahme sind zu prüfen.

6. Versicherung

Für die Pumpenanlage hat die Gemeinde eine Maschinenbruchversicherung abgeschlossen. An Hand der versicherten Summe von Fr. 90'000, beinhaltet diese nicht nur die Pumpen, sondern auch die elektrischen Leitungen, die Steigrohre und die Steuerung. Der Schaden kann sowohl als Wicklungsschaden in der Pumpe Nr. 1 und durch eine Obstruktion bei der Pumpe Nr. 2 mit einem Plastik verursacht worden sein. Andererseits könnten die Schäden an den Kabel durch Wasserzutritt oder wegen Aufheizen (kontinuierlicher Stromfluss) herrühren. Daher ist die Versicherung bei der Schaden unverzüglich zu melden und diese in den Ermittlungen bei zuziehen

Für den Ausbau, Transport und Wiedereinbau wurde von der Firma TECFOR eine Manipulationsversicherung (Montageversicherung) abgeschlossen. Diese deckt die Schäden während des Aus- und Einbaus und des Transportes.

GEOTHERMIE BOHRUNG JAFE SAILLON

7. Wiedereinbau

Der Wiedereinbau der Pumpenanlage sollte nicht nur die Behebung des Schadens vorausgehen, sondern auch der langfristige Betrieb gewährleistet werden. Sollte die Untersuchung der Pumpen im Werk der Grundfos zeigen, dass die Kosten einer Reparatur nur unwesentlich unter den Kosten von neuen Pumpen liegt, so sind diese zu ersetzen.

Bei der Pumpenmontage ist die Verbindung (3" Straub Kupplung) der oberen Pumpe mit dem Steigrohr mit Cr-Stahl Ausführung zu ersetzen.

Beide Elektrokabel sind durch neue zu ersetzen. Das Vergiessen mit den Flachkabeln ist fachgerecht in einem geeigneten Raum auszuführen. Die Pumpen sind auf der Baustelle mit den Steckverbindungen an die Kabel anzuschliessen. Die Druckmesssonde ist elektrisch zu überprüfen und kann wieder installiert werden.

Die Ablagerungen an den Steigrohren durch eine Grobreinigung mit Bürsten oder Dampfreinigen sind nur auszuführen, wenn eine Abnützung in den Pumpenrädern festgestellt worden ist. Auf eine Reinigung durch Sandstrahlen oder chemische Entfernung ist wegen einer Beeinträchtigung der bestehenden Korrosionsschutzes der Cr-Stahlrohre abzuraten..

Der Einbau der Pumpen erfolgt nach dem Einbauschema von 1999. Die Schraubenverbindungen sind zu reinigen und der Korrosionsschutz wiederherzustellen. Fehlende Schraube sind zu ersetzen. Alle Dichtungen sind aus Sicherheitsgründen zu ersetzen. Alle Schraubverbindungen sind mit dem gleichen Drehmoment anzuziehen. Die Elektro- und das der Druckmesssonde sind mit Kabelbinder zu befestigen.

Die obere Abstützung der Steigleitung zu modifizieren. Die Cr-Stahlrohre und die Brunnenrohre sind wegen den unterschiedlichen metallurgischen Zusammensetzungen galvanisch zu trennen. Die Durchführungen der Elektrokabel sind in der neuen Abstützung zu integrieren, sodass die zulässigen Biegeradien eingehalten werden können und eine Stauchung verhindert wird.

8. Material und Kosten

Die nachstehenden Materialkosten sind in Einbezug eines Ersatzes der kompletten Pumpen wurden wie folgt abgeschätzt:

Beschrieb	Fr.
Unterwasserpumpen GRUNDFOS SP 17-33 N 2 Stk @ 17'595.00	35'190.00
Elektrokabel Neoprene H07 RN-F (Gdv) 4 x 35 mm ² 490 m @ 67.00	32'860.00
Verbinden der Kabel mit Flachkabel	1'904.00
Total Offerte Grundfos	69'954.00
 Alternativ	
Elektrokabel Tauchflex-R 4 x 50 mm ² bis 50 bar 500 m @ 50.40	25'200.00
Verbinden der Kabel mit Flachkabel	1'500.00
 Ersparnis trotz grösserem Querschnitt	8'064.00

28/30. Oktober 2002

GEOthermie BOHRUNG JAFE SAILLON

Kleinmaterial

Straubkupplung GRIP-L Inox 76.1 mm		96.20
Dichtungen DN 65	40 Stk @ 3.00	120.00
Schraubensatz	3 Satz @ 29.40	88.20
Kabelbinder mittel und gross		50.00
Abstützkravatte Inox		1200.00
Reinigen der Rohre vor Einbau (geschätzt)		600.00
Demontage und Transport Pumpen zu Grundfos (geschätzt)		600.00
Aufrollen der Kabel durch SEIC		

Die Ein- und Ausbaurkosten sind in der Offerte TECFOR enthalten. Die Kosten für die Schadenabklärung und des Geologen werden nach Aufwand direkt der Gemeinde Saillon verrechnet.

9. Schlussfolgerung

An Hand des Schadenbilds wird dringend empfohlen die Funktion der Steuerung der Pumpen zu prüfen. Die Schaltintervalle für Heizung sind zur Reduzierung des Verschleiss zu minimalisieren, indem die Pumpzeiten für die Wärmepumpe wenn möglich verlängert werden und dadurch weniger Intervalle nötig sind. Sollte dies nicht möglich sein, ist ein Einbau einer kleineren Pumpe zu prüfen die eine längere Pumpzeit haben und so einem kleineren Verschleiss unterliegen.

Biel, 5. November 2002

DRILLTEC consulting



Heinz Rüfenacht

ALPGEO Sàrl
A l'att. de M. Bianchetti
Rue du Bourg 49
3960 Sierre

N/Réf. : Ce/lr

Vernayaz, le 3 mars 2003

FORAGE JAFE / SAILLON

Monsieur,

Lors du démontage des câbles d'alimentation des pompes immergées le 31 octobre 2002, nous avons constaté la présence d'eau à l'intérieur de ces câbles près des raccordements des pompes, sans signe apparent de courts-circuits.

Les câbles ont une isolation garantie à 10 atmosphères et par conséquent, ne sont pas adaptés à la profondeur du puits. La pénétration d'eau ne garantit pas la sécurité nécessaire à de telles installations.

Nous restons à votre disposition pour de plus amples renseignements et vous présentons, Monsieur, nos salutations les meilleures.

S E I C
Service électrique intercommunal SA

BE > THINK > INNOVATE



GRUNDFOS POMPES SA
Boveresses 52 CP 13
1000 Lausanne21

2003
Boveresse, le 5 mars 2002

Gabriele Bianchetti
ALPGEO sàrl
Hydrogéologues conseils
Rue du Bourg 49
3960 Sierre

Concerne : Commune de Saillon pompage JAFE

Le 16.10.2002, il a été procédé au contrôle des deux pompes immergées type SP 17-33N modèle A- 12C00033 N°9846

Les mesures suivantes ont été effectuées :

Résistance des enroulements pompe : 1 R1= 0,83Ω R2=0,84Ω R3=1Ω

Résistance d'isolation par rapport à la terre : R1- masse= 1,3 KΩ R2-masse= 1,4 KΩ R3- masse= 1,4 KΩ

Mesures effectuées sur la pompe 2 : R1= 0,97Ω R2= 0,95Ω R3= 0,95Ω

Résistance d'isolation par rapport à la terre : R1-masse= 10,3KΩ R2-masse= 10,9 KΩ R3- masse= 11,7KΩ

On peut constater que les deux pompes sont irrémédiablement défectueuses.

La société DRILTEC Consulting s'est chargée de sortir les deux pompes, j'ai procédé au contrôle visuel des moteurs, les axes étaient totalement bloqués, suite à un échauffement anormal, les câbles avaient gonflé et étaient remplis d'eau.

Je tiens à préciser que ce dernier point n'est certainement pas la cause de la défectuosité des moteurs.

Après mesure de la tension aux bornes de l'armoire électrique, et après m'être renseigné auprès de M. Ceccarelli de la société SEIC SA, celui-ci me confirme que la station est éloignée du transformateur, ajouté à la longueur des câbles la chute de tension aux bornes peut jouer un rôle dans l'échauffement des enroulements des moteurs.

Une couche de matière noire enveloppe les deux pompes ce qui crée une isolation supplémentaire, et augmente la température interne, ajouté à cela une température du fluide de 31°C, la marge de sécurité s'en trouve fortement diminuée. En effet si l'on prend une vitesse d'écoulement au niveau du moteur 0,15 m/s la température du liquide ne devrait jamais dépasser 40°C, avec une vitesse réduite à 0,08 m/s cette température n'est plus que de 30°C. La profondeur des pompes n'est pas un problème, car les moteurs Grundfos 6 ' ' supportent une pression de 60 bar.

Une des solutions serait de sur dimensionner les moteurs pour diminuer la température de service, pour autant que la chute de tension aux bornes ne dépasse pas 10%

Je me tiens à votre disposition pour de plus amples renseignements et vous présente,
Monsieur, mes meilleures salutations.

Bernard Fontannaz

Pompes GRUNDFOS SA
Boveresses 52
Case postale 13
CH-1000 Lausanne 21

téléphone: 021/653 49 36
téléfax: 021/653 49 37



Bureau - atelier : Chemin du Rionzi 54 – 1052 Le Mont-sur-Lausanne – Tél. 021/ 646 25 87 – Fax 021/ 646 51 82

M. Gabriele Bianchetti
ALPGEO sàrl
Hydrogéologues conseils
Rue du Bourg 49

3960 Sierre

N/réf. : MA.
V/réf. : M. Bianchetti

E-mail : bianchetti@alpgeo.ch

Epalinges, le 25 février 2003

Concerne : Commune de Saillon - Forage géothermique JAFE
Réf. 10974A

Messieurs,

Après la séance de coordination du 26 novembre 2002 à la quelle nous avons participé avec M. Schaepli du Groupe Schneider Electric Télémécanique, nous vous confirmons les points suivants :

- 1) Le variateur a réagit correctement aux défauts des 2 pompes selon les relevés des paramètres pannes sur le terminal d'exploitation :
Pompe no 1 court-circuit terre – Pompe no 2 court-circuit terre.
- 2) Suite aux explications données par M. Rufenacht après le constat de l'état mécanique et électrique des pompes, le variateur n'est pas la cause des dommages survenus aux pompes.
- 3) Nous vous envoyons à titre d'information une copie de la lettre du 24.11.1998 transmise à la maison Siemens Building Technologies - 1066 Epalinges concernant les demandes du SEIC et de M. Hadorn, la lettre de Schneider Electric du 19.11.1998 avec les spécifications de l'altivar 66 et réponses aux questions.

En restant à votre entière disposition pour tous renseignements complémentaires, nous vous prions d'agréer, Messieurs, nos meilleures salutations.

M. Maibach

Nous vous remercions de votre confiance.

Paiement à 10 jours 2% - 30 jours net (date de la facture) – Banque BCV Epalinges

marcel maibach & fils SA

Etude et construction d'équipements
électriques et électroniques

CH-1066 Epalinges

021/784 05 47 - Raidillon 36

Bureau - atelier : Chemin du Rionzi 54 – 1052 Le Mont-sur-Lausanne – Tél. 021/ 646 25 87 – Fax 021/ 646 51 82

**Siemens Building
Technologies (Schweiz) AG
Landis et Staefa Division
Rte de la Croix-Blanche 1**

1066 Epalinges

Fax : 021 / 784 88 89

N/réf : Ma.
V/réf : M. Conus

N0 de réf : 10974A

Epalinges, le 24 novembre 1998

**Concerne : Saillon / Géothermie
Régulation des pompes**

Messieurs,

Suite à votre demande du 12.11.98, nous avons l'avantage de vous confirmer les points suivants :

Réponse à la lettre SEIC du 5.11.98

- 1) La section du câble à poser doit être de 50mm² non blindé pour une longueur de 250m. maximum.
- 2) L'installation d'une batterie de compensation n'est pas nécessaire avec un variateur de vitesse selon réponse chapitre 1 de la maison Schneider Electric (Suisse) SA.

Protection CEM et respect de la recommandation UCS 2.72. f97 selon chapitre 4 de la maison Schneider Electric (Suisse) SA.

- 3) La cabine est prévue avec 2 compartiments séparés, 1 x comptage, 1 x variateur avec commande, fermeture à clé Kaba 5000.

Réponse au fax du 12.11.98 de M. Hadorn

- 1) La protection Grundfos CU3 est remplacée par les protections et sécurités de l'Altivar 66 comme décrit dans la lettre de la maison Schneider Electric (Suisse) SA.
- 2) Délai de livraison : 4 semaines à partir de la commande.
- 3) La plage de réglage de la variation de vitesse pour les deux pompes type SP 16-40 se situera entre 30 à 60Hz. selon données de la maison Grundfos.

Nous vous remercions pour l'intérêt que vos porterez à nos travaux et nous vous offrons toute garantie pour une livraison impeccable lors d'une éventuelle commande.

En restant à votre entière disposition pour tous renseignements complémentaires, nous vous prions d'agréer, Messieurs, nos meilleures salutations.

M. Maibach

Schneider Electric (Suisse) SA
Agence Commerciale Le Mont-sur-Lausanne
Administration des ventes
Direction Technique - Engineering

de / from : Manuel Florez
tel : 021 / 653 07 00
fax : 021 / 653 10 07
e-mail Internet : Manuel_Florez@mail.schneider.fr

date : 19 novembre 1998
n.réf. / o.ref. : MF

à / to : MARCEL MAIBACH ET FILS SA
021-6465182

page : 1/2

pour info/copy to : Daniel Grandjean

v.réf. / y.ref. : M. Marcel Maibach

objet / subject : ALTIVAR 66 et $\cos \varphi$ / protection moteur / filtres

Monsieur,

Suite à votre demande, nous pouvons vous transmettre les réponses suivantes :

- Bien que la tension d'alimentation soit sinusoïdale, le courant absorbé par un convertisseur de fréquence à MLI (PWM) n'est pas sinusoïdal. La forme de l'onde de courant est imposée par le principe électrotechnique de l'alimentation de l'étage d'entrée du variateur. Cet étage est constitué d'un pont redresseur à diodes triphasé qui alimentent les condensateurs de filtrage du bus continu dont la charge équivalente est une résistance absorbant une puissance égale à la puissance électrique du moteur correspondant.

La forme de ce courant est due à la charge des condensateurs de filtrage sur la crête de la tension du réseau (tension entre phase).

Le courant n'étant pas sinusoïdal contient donc des harmoniques, et l'on peut définir le facteur de puissance qui est également tributaire de l'impédance de la ligne de distribution. A noter que ce facteur de puissance n'est dû qu'à la forme du courant, mais pas à son déphasage par rapport à la tension, comme c'est le cas pour un moteur alimenté en direct sur le réseau.

Les pointes de courant étant toujours situées au sommet de la sinusoïde de tension, le déphasage du courant avec la tension reste constant et proche de zéro.

En conclusion : Le fondamental du courant est en phase avec la tension d'où l'expression $\cos \varphi = 1$. En réalité : $\cos \varphi \approx 0.97$.

- Principales protections et sécurités de l'ALTIVAR 66

Schneider Electric (Suisse) SA	Siège et Agence Ittigen: Schermenwaldstrasse 11 CH-3063 Ittigen Tél.: 41 (31) 917 33 33 Fax: 41 (31) 917 33 30	Agence Le Mont/Lausanne En Budron H14 CH-1052 Le Mont/Lausanne Tél.: 41 (21) 653 07 00 Fax: 41 (21) 653 10 07	Agence Opfikon Zunstrasse 11 CH-8152 Opfikon-Glattbrugg Tél.: 41 (1) 809 74 74 Fax: 41 (1) 809 74 44
--------------------------------	---	--	---



- Protections contre les courts-circuits entre les phases de sortie
 - Protections contre les courts-circuits entre les phases de sortie et la terre
 - Protections contre les courts-circuits sur les sorties des sources internes
 - Protections contre les courts-circuits sur les sorties logiques et analogiques
 - Protection thermique contre les échauffements excessifs
 - Sécurités de surtension et de sous-tension du réseau
 - Sécurité en cas de coupure de phase réseau
- Protection du moteur assurée par l'ALTIVAR 66
- Protection thermique intégrée dans le variateur par calcul permanent du I_{2t} avec prise en compte de la vitesse
 - Mémorisation de l'état thermique du moteur
 - Fonctions de protection modifiables par le terminal
 - Protection contre les coupures de phase moteur
- ALTIVAR 66 et protection CEM
- Filtre d'entrée montage « Foot print »
- Afin d'assurer la CEM nous vous proposons un filtre d'entrée atténuateur de radio-perturbations pour le respect des normes d'émissions conduites (classe B). Ce filtre se place sous le variateur (entre le variateur et le fond de l'armoire).
- Type du filtre : VW3 GB 66 131 F1 pour ATV66 D33 N4
- Filtre sinus de sortie
- Afin d'assurer le prolongement du câble moteur jusqu'à max. 250m. Besoin de réduction du bruit moteur lissage du sinus de la tension entre phases. Limitation des phénomènes transitoires tension ($du/dt < 500 \text{ V}/\mu\text{s}$).
- Type du filtre de sortie : VW3 SKSF 400 I066 pour ATV66 D33 N4
- Pour cette application, nous conseillons également l'utilisation d'un câble de section 50mm^2 non blindé.

Tout en restant à votre entière disposition pour tout complément d'information, nous vous prions de croire, Messieurs, à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Schneider Electric (Suisse) SA

Manuel Florez
Conseiller technique
Variation de vitesse / API

Schneider Electric (Suisse) SA	Siège et Agence Ittigen:	Agence Le Mont/Lausanne	Agence Opfikon
	Schermerwaldstrasse 11 CH-3063 Ittigen Tél.: 41 (31) 917 33 33 Fax: 41 (31) 917 33 30	En Budron H14 CH-1052 Le Mont/Lausanne Tél.: 41 (21) 653 07 00 Fax: 41 (21) 653 10 07	Zunstrasse 11 CH-8152 Opfikon-Glattbrugg Tél.: 41 (1) 809 74 74 Fax: 41 (1) 809 74 44