

## 2. Retour d'expérience des travaux de vidange de la poche d'eau du glacier de Tête Rousse (Juillet 2010) – Alison EVANS et Vincent TAIRRAZ (Service RTM 74)

Alison Evans rappelle le contexte de la découverte en 2010 de la présence d'une nouvelle poche d'eau dans le glacier de Tête Rousse [*en réponse aux questions de la discussion précédente relatives à la mémoire du risque, cf. p. 14*]. Le service RTM garde en mémoire l'événement de 1892 à travers l'entretien annuel d'une galerie creusée en 1904 pour évacuer une crevasse remplie d'eau sur le glacier de Tête Rousse [*cf. présentation de C. Vincent*]. Comme ce tunnel est percé dans le rocher et que de la glace se forme à l'intérieur, le service RTM intervient régulièrement depuis son percement pour déglacer la galerie. En 2005-2006 de gros travaux devaient être réalisés pour permettre de poursuivre ces actions d'entretien en toute sécurité, et la question s'est donc posée de réinvestir ou non de l'argent dans cette galerie. Cette question en appelait deux autres fondamentales. Le service RTM s'est alors rapproché des laboratoires scientifiques pour répondre aux deux questions évoquées par Christian Vincent : (i) cette galerie est-elle encore utile dans le contexte actuel ? (ii) comment fonctionne le glacier ?

À la question de l'intérêt de réinvestir dans l'entretien de cette galerie, les laboratoires ont pu répondre assez rapidement qu'elle avait aujourd'hui peu d'utilité du fait de sa position topographique, dans la configuration que les premières études avaient permis d'identifier. Par contre, la présence d'une anomalie détectée par les méthodes radar a suscité l'interrogation. Et face à l'incertitude sur la nature de cette anomalie (eau ? roche ? ...), « il fallait continuer à se poser des questions ».

Un des rôles du service RTM est aussi d'être en lien avec les collectivités et l'information a donc été immédiatement communiquée à la mairie de Saint-Gervais, pour partager les questions et pour que les réponses soient apportées ensemble. La proposition des scientifiques était alors d'approfondir leurs recherches pour établir les causes de cette anomalie, avec le problème de financement évoqué précédemment [*cf. présentation de C. Vincent*] ; à ce moment-là personne n'avait en tête la question de l'urgence puisque l'eau était une hypothèse, mais ce n'était pas la seule, donc « on avait un peu de temps ». Néanmoins, l'information était connue de tous.

Il était donc important de chercher à en savoir un peu plus sur cette anomalie. Les laboratoires ont continué leurs recherches et dès lors qu'ils ont émis les premières hypothèses, à savoir « il se pourrait qu'il y ait 65 000 m<sup>3</sup> d'eau dans ce glacier », ils ont communiqué l'information au service RTM.

A partir de ce moment s'est mise en place tout un processus, dans lequel les laboratoires recueillaient et analysaient les données et la communiquaient au service RTM ; le RTM, situé dans cette gestion des risques entre la recherche et l'opérationnel, était bien sûr en lien constant avec les services de la préfecture. Toute la réflexion qui s'est enclenchée en 2010 a été alimentée par des éléments amenés petit à petit. Elle a ainsi dû s'adapter au mieux, aux échelles de temps de chacun : les laboratoires avaient besoin de temps pour recueillir les données et les interpréter, le service RTM devait envisager différentes solutions d'intervention en fonction d'hypothèses en attente de vérification, la collectivité devait répondre rapidement aux questions et aux inquiétudes de la population. D'où l'importance du groupe de réflexion et d'anticipation qui a été mis en place.

Le service RTM a essayé d'anticiper et de travailler, en appui aux services de l'Etat (préfecture) et aux collectivités, pour pouvoir intervenir rapidement au cas où l'hypothèse la plus défavorable se réalise, ce qui a été le cas. Ainsi seulement deux jours après les résultats officiels des laboratoires, les travaux ont pu être enclenchés [*cf. calendrier des opérations présenté ci-après par Vincent Tairraz*]. Grâce au travail réalisé en amont, le service RTM a pu envisager son intervention dans de bonnes conditions : la poche d'eau était localisée, le volume approximatif était évalué.

« Mais c'est déjà le début de l'été. A 3200 m d'altitude, l'été est relativement court, donc s'il faut intervenir, c'est tout de suite ! ».

Vincent Tairraz (technicien secteur) présente ensuite la partie opérationnelle des travaux de purge qui ont été réalisés pendant l'été 2010.

### Situation initiale

Pour rappel, les données de base du problème étaient les suivantes :

- le risque était avéré et localisé à partir du 13 juillet ;
- le temps de travail était restreint en considérant :
  - l'urgence de la situation ;
  - la localisation du chantier en altitude ;
  - les obligations réglementaires de respect du code des marchés publics pour le maître d'ouvrage – la commune de Saint-Gervais – imposant de faire un appel d'offres ;
- les travaux de vidange du glacier constituaient une première technique dans les Alpes.

### Phase de consultation des entreprises

- Le service RTM en groupement avec EDF ont assuré une mission d'ATDO [*Assistance Technique à Donneur d'Ordre, type de marché utilisé pour les services aux collectivités*] pour la commune de Saint Gervais.
- L'élaboration d'un marché de services s'est achevée dans la 3<sup>ème</sup> semaine de juillet, avec un délai de réponse pour les entreprises jusqu'au 12 août ; « même si on ne savait pas trop où on allait, nous avions quand même l'espoir de trouver un entrepreneur expérimenté, qui proposerait une solution technique adaptée. Donc nous avons respecté la procédure réglementaire, avec un marché de base assez cadré mais laissé ouvert aux variantes, justement pour essayer de trouver quelque chose ». La couverture médiatique a fait une bonne publicité.
- Remise des offres le jeudi 12 août.

### Phase de jugement des offres

- Critères de jugement :
  - 75% valeur technique : nous avons malgré tout dans le marché essayé de cibler des critères techniques de manière à écarter les offres farfelues ; en effet, malheureusement ou heureusement, le montant de l'enveloppe a été indiqué dans l'annonce médiatique, ce qui pouvait nous faire craindre des réponses de petits malins se disant « en 2 mois je peux faire tant de chiffre d'affaire, je prends, on verra bien »... ;
  - 20 % prix : il fallait trouver des financements, et vis-à-vis du contribuable il fallait rendre des comptes ;
  - 5 % performances environnementales : Tête Rousse se situe en site classé du Mont-Blanc, donc il fallait que les offres respectent ce site, nous devions tout mettre en œuvre pour ne pas être pris en défaut sur ce point.

La commission d'appel d'offre du 12 août s'est terminée à 2h du matin... L'examen des offres nous a plutôt surpris : sur les 6 offres reçues, une était farfelue (elle était là « pour l'argent »), les autres étaient véritablement réfléchies dans l'axe dans lequel nous avons orienté le marché ; pourtant « il n'y avait pas de solution miracle ».

- Samedi 14 août : Le MOA retient le groupement BOMA/BAZ/GRAMARI : un groupement d'entreprises locales du Génie Civil, un entrepreneur à pelle araignée et une entreprise faisant de l'électricité, de l'énergie... Rappelons que pour ce chantier « on est en altitude, la plupart des travaux se font par hélicoptage, mais on avait un timing très serré et il fallait qu'on s'affranchisse des conditions météo défavorables ». L'entreprise retenue proposait d'abandonner l'hélicoptage d'une partie du matériel et de monter sur le glacier avec sa pelle araignée (ce que personne n'avait jamais fait) et nous disait « moi dans une semaine je suis là haut, je travaille ». Nous avons demandé à être autonome sur site, donc il nous fallait des capacités de levage importantes. Les autres entreprises proposaient de démonter, remonter l'assemblage sur place, avec des contraintes d'hydrocarbures, de fluides, etc. La proposition de cette variante a beaucoup pesé dans le choix pour retenir ce groupement.

- Lundi 16 août : Réunion de préparation en Mairie. Ce délai d'un mois depuis le 13 juillet peut paraître long, mais globalement, en travaux classiques, « on n'arrive jamais à faire ça... ».



Fig. 15. Transport de la pelle araignée et ascension du couloir du Bossonnet

### La montée au glacier de Tête Rousse

Après son transport par le train jusqu'au Nid d'Aigle, la pelle araignée a traversé un pierrier pour ensuite atteindre le pied du couloir du Bossonnet (Fig. 15), sorte de gorge par lequel sort le glacier (le nom est celui d'un des ouvriers du percement de la galerie en 1904, qui a glissé et est décédé dans ce couloir). Il s'agissait du passage le plus délicat, en forte pente, soumis aux chutes de pierres : « ça faisait un peu partie du pari... ».

A 16h, la pelle s'arrête pour une parenthèse particulière. En effet sur ce chantier, il y avait la partie technique, la partie communication médiatique, et tout ce qui commençait à graviter autour (nous sommes au mois d'août, dans une vallée très touristique) : quelqu'un avec un pendule avait annoncé « la poche d'eau va lâcher le mercredi 18 août entre 16h et 18h ». Nous « on n'y croyait pas », mais nous ne pouvions pas prendre le risque de nous entendre dire « on vous l'avait dit ! ». Donc la pelle araignée s'est arrêtée là, on l'a mise de côté et attendu pendant 2 heures... que rien ne se passe ! Donc rien ne s'est passé, sauf du temps perdu (la pelle a dû passer la nuit sur place). En termes de retour d'expérience, cela a fait partie des éléments qu'il faut gérer en annexe, et « si maintenant on en rigole, sur le moment on ne rigolait pas trop... ».

Donc le jeudi matin le conducteur se remet en route avec sa pelle, avec une seule chose en tête, passer le couloir – nous, responsable du chantier, nous avons déjà beaucoup d'autres interrogations... À 10h il était dans le couloir ; l'ascension de la pelle est aidée par un câble sur un treuil (Fig. 16), ancré à l'amont. Il ne fallait pas non plus déclencher le système de détection en faisant monter la pelle mécanique, il a fallu débrancher un câble.

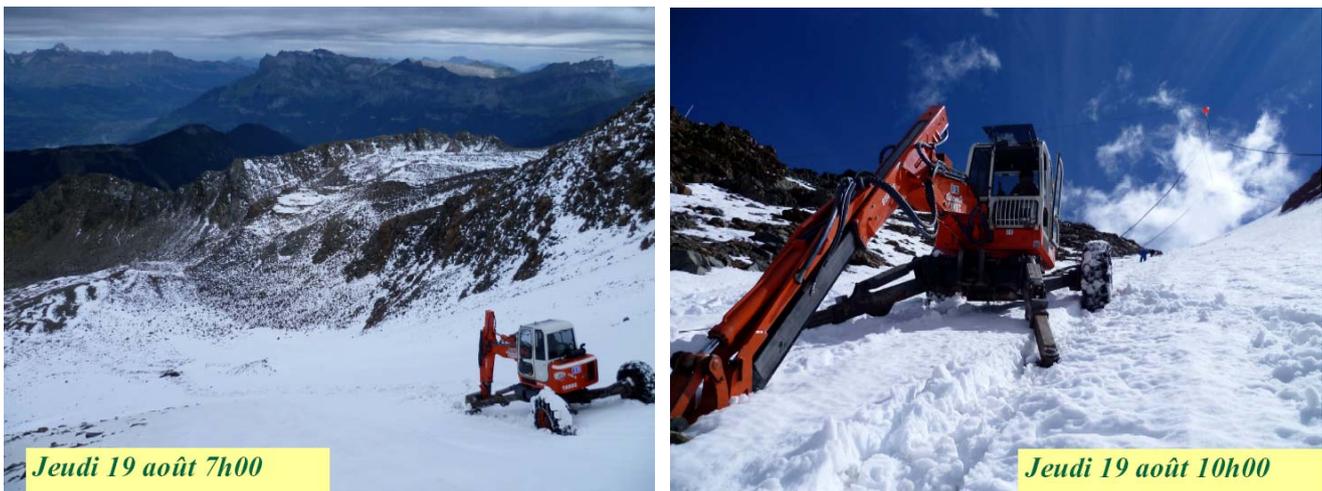


Fig. 16. L'ascension sur le glacier + le système de détection

A 14h, « soulagement ! la pelle est en haut » (Fig. 17).



Fig. 17. Arrivée de la pelle araignée sur le glacier (assistée par un câble) et montage des installations du chantier dès 17h00

### Le chantier

Tout le long, ce chantier va être une course contre la montre : le même soir à partir de 17h, les entrepreneurs sont déjà en train de mettre en place les installations de chantier, de manière à ne pas perdre de temps (Fig. 17). Ensuite, une grande partie des nuits ont été travaillées pour tenir les délais. De plus une veille 24h sur 24 était assurée.

Dans l'acte d'engagement du marché, nous avons imposé un délai de trois semaines pour réaliser un premier puits dans la cavité et la mise en service d'une pompe permettant de faire baisser la pression de 2 à 3 bars. C'était une obligation contractuelle pour que l'entreprise mette tout en œuvre pour tenir les délais.

Au niveau des installations de chantier, une vraie base de vie a été prévue... Par rapport au respect du site classé, l'option choisie a été une plateforme avec un bac étanche qui permettait de récupérer toute fuite accidentelle d'hydrocarbure : toute la partie énergie (groupes électrogènes) a été réalisée sur cette zone-là (Fig. 18). Par obligations réglementaires, nous avons demandé d'assurer en énergie la puissance maximale de l'ensemble des pompes + 25%, ce qui obligeait à sur dimensionner un peu par rapport aux besoins réels. Cette mesure c'est avérée payante car « sur les quatre groupes électrogènes il y en avait toujours un qui était en panne ou en entretien ». Cette partie groupe / énergie était abritée sous une tente et deux algecos.



Fig. 18. Plateforme pour les groupes électrogènes

Nous disposions à proximité d'un refuge, le refuge de Tête Rousse : c'était une chance, mais en terme d'utilisation, nous n'avions pas du tout les mêmes postes de travail que les alpinistes, « on était complètement décalé avec l'activité du site ». L'utilisation du refuge était bien adaptée pour la partie intendance, les repas, mais on ne peut pas faire dormir côte à côte des alpinistes qui partent à 1h du matin et des ouvriers qui arrivent à minuit... Sur ce genre de site il y a donc vraiment intérêt à avoir une base de vie forte (Fig. 19), qui paraît être un élément de réussite important. (cf. mauvais temps...).



Fig. 19. La base de vie

### Les forages

Pour choisir l'option de forage, nous avons eu la chance d'avoir la confiance des services de la préfecture et du maire de Saint-Gervais pour pouvoir travailler en amont et réfléchir, anticiper, « parce qu'on ne va pas se lancer comme ça dans l'inconnu ». Dès le mois de mars, nous nous sommes imaginés tout de suite dans la situation la plus défavorable, pour trouver la technique la plus appropriée. Le temps passant, on se rapprochait effectivement de ces conditions les plus défavorables.

Choix de la technique de forage :

- Forage mécanique rejeté compte-tenu délais :
  - nécessite un compresseur de grande capacité ;
  - faible expérience à ce jour dans la glace ;
- Carottage mécanique bien connu mais difficile pour des glaces tempérées (nécessité d'adapter les carottiers et lenteur de progression) ;

- Technique retenue : forage thermique à l'eau sous pression, en s'inspirant des forages fait précédemment par le CNRS à plus grande échelle : il s'agit d'une technique rapide, qui permet, si l'on tombe sur un caillou, de se déplacer rapidement et de faire un autre forage à côté. « Nous avons quand même envisagé l'hypothèse de rencontrer un horizon de cailloux, donc nous avons prévu la possibilité de faire un forage mécanique, en espérant ne pas avoir à recourir à cette technique ».

Nous nous sommes donc inspirés de la technique de forage à la vapeur du CNRS, mais l'entreprise BOMA a quand même vérifié qu'aucun brevet n'était déposé sur le forage à l'eau chaude. Ils ont fait une recherche d'antériorité de brevet sur cette technique de forage. Suite à cette recherche, négative, ils ont imaginé une tête avec un cylindre lesté, avec trois flexibles dans lesquels de l'eau chaude est envoyée sous pression. La tête est suspendue sur une tour de levage (Fig. 20) et descendue au fur et à mesure que la glace fond pour réaliser le puits. L'eau est refoulée à la surface du glacier. Le procédé a fait l'objet d'un dépôt de brevet par la société BOMA.



Fig. 20. Le forage à l'eau chaude sous pression (brevet BOMA)

L'eau chaude était fournie par trois centrales à eau chaude installées à proximité du trou et délivrant 21 l/min, à 80°C et 200 bars. Ces données n'ont été calées qu'après de nombreux tâtonnements. L'expérience a montré qu'à cause de l'altitude il faut absolument que ce matériel fragile soit stocké pour le protéger du froid et des intempéries : il était donc stocké dans un container chauffé en permanence, pour éviter le gel sur des périodes d'arrêt la nuit...



La vitesse d'avancement était de 5 à 10 m/heure, pour un puits de 50 cm de diamètre (Fig. 21). Le premier puits a atteint la cavité mercredi 25 août à 21h30.

Fig. 21. Puits de forage

Comment sait-on qu'on a atteint la cavité ? Tant que l'on fore, l'eau injectée pour percer la glace refoule en surface, mais au moment où on atteint la cavité, la pression du puits s'équilibre avec la pression de la cavité. Nous avons toutes les informations du CNRS, qui nous disait « ces puits-là ont refoulé », donc nous nous sommes placés dans un contexte assez haut sur le glacier, de manière à ce que sur notre premier puits, l'équilibre ne se fasse pas et qu'on n'ait pas un refoulement. À première vue, le niveau d'artésianisme n'était pas énorme, et dès l'instant qu'on a atteint la cavité le niveau d'eau s'est stabilisé à -1,80 m de la surface du glacier, « donc là on était soulagé ».

En tout, 12 forages ont été réalisés jusqu'à 70 m de glace et 7 ont pu être utilisés :

- 5 forages utilisés pour le pompage ;
- 2 forages faits latéralement sur le glacier pour équilibrer les pressions : l'objectif était, lors des opérations de pompage, de toujours rester en équilibre avec la pression atmosphérique, d'éviter qu'une dépression ne se fasse, pour ne pas risquer d'augmenter les contraintes sur le plafond de glace.



Fig. 22. Installation de tours de levage pour réaliser les forages

### Le pompage

Nous avons percé, ce qui était une bonne chose ; désormais il fallait pomper. Même si nous avons toujours des inconnues, nous étions plus sereins.

Les pompes retenues : il y avait 75 m de colonne d'eau, donc pour pouvoir vider la cavité en entier, il fallait des pompes de refoulement de 15 m<sup>3</sup>/h et 80 m<sup>3</sup>/h pour avoir une capacité de relevage 80m. Dans une telle configuration, on ne peut pas prévoir d'aspiration, il s'agit forcément de refoulement. Donc les pompes, avec le moteur dessous, la crépine au milieu, et au-dessus les étages de mise en pression de l'eau, ont été descendues au fond du puits. Ensuite, pour permettre à l'eau refoulée de remonter jusqu'à la surface – où les températures baissent – il a fallu chauffer les canalisations de sortie pour éviter tout gel dans les conduites d'exhaure (Fig. 23).



Fig. 23. La pompe

La première pompe a été mise en service le 26 août à 16h00 (Fig. 24), soit 12 jours après la notification du marché. Là, nous nous sommes dit « c'est gagné ! ». Mais non, ce n'était pas gagné !



Fig. 24. Mise en œuvre du pompage

### Arrêt du pompage

Le 7 septembre, après avoir diminué de 3 bars la pression dans la cavité, nous avons dû stopper le pompage à cause des questionnements quant à la stabilité du plafond de la cavité. Cela a été très difficile pour l'équipe, qui s'est investie pendant longtemps jour et nuit ; la réaction a été « non, ce n'est pas possible, on n'a pas fait tout ça pour arrêter maintenant ! ».

Durant le temps pendant lequel le CNRS a modélisé la stabilité du plafond de la cavité, les ouvriers ont fait autre chose, de l'entretien, d'autres trous, mais « c'était assez dur quand même ».

Entre temps, ce qui était demandé était de mettre en place un suivi topographique, d'intégrer la mesure sonar. Donc il a fallu mettre à disposition du matériel pour faire la mesure sonar. Or pour nous sur un chantier, après chaque phase d'arrêt, au redémarrage il y a toujours des problèmes. Et pendant ce temps là – mais ce n'est pas une critique – « les modèles tournent, les chercheurs cherchent et ils modélisent le risque d'effondrement » [cf. *présentation de C. Vincent*].

Modélisation du risque d'effondrement du toit de la cavité :

- analyse du suivi topographique de surface ;
- exploitation de la mesure Sonar ;
- modélisation du risque d'effondrement du toit de la cavité.

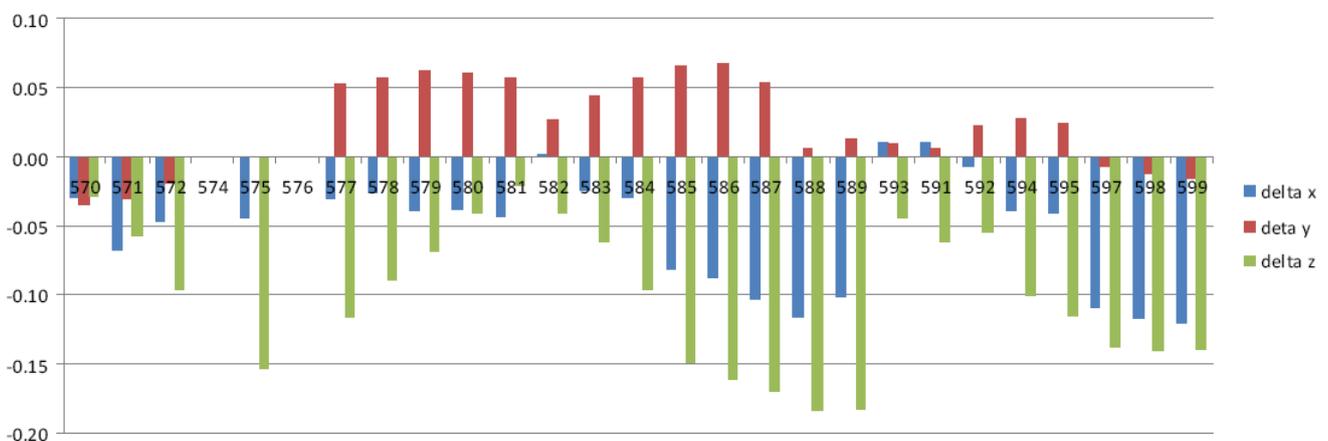


Fig. 25. Déplacement des balises à la surface du glacier entre le 14/09 et le 06/10/2010

Avant le redémarrage du pompage, il importait de suivre la déformation du glacier en surface. Des mesures ont été faites quotidiennement sur la partie sensible, qui permettaient de voir le déplacement en x y et en altitude de la surface du glacier ainsi que les vitesses d'affaissement à l'aplomb de la cavité (Fig. 25) : au maximum nous étions en dessous d'1 cm/jour, c'est-à-dire sur la période de pompage 20 cm d'enfoncement maximum. Globalement, « depuis la surface on ne voit pas grand-chose ».

La modélisation réalisée par la société Flodim (Fig. 26), qui a été faite pendant la période d'arrêt des pompages, nous a surtout aidés à nous faire une nouvelle idée de la cavité. Nous étions partis avec des a priori, basés sur les photos et les graphiques de 1892, puis sur la représentation des premiers forages du LGGE qui montraient la présence d'eau sur tel et tel forage : pour nous la poche d'eau était circulaire. L'image sonar au moins nous a éclairés, même si elle est imparfaite : la cavité était tout en longueur, faisait 30 m de large et 100 m de long. Nous avons compris que lorsqu'on butait sur un forage et qu'on se disait « non il ne faut pas aller trop à droite parce qu'il y a des rochers », en fait c'est là que ça allait bien.

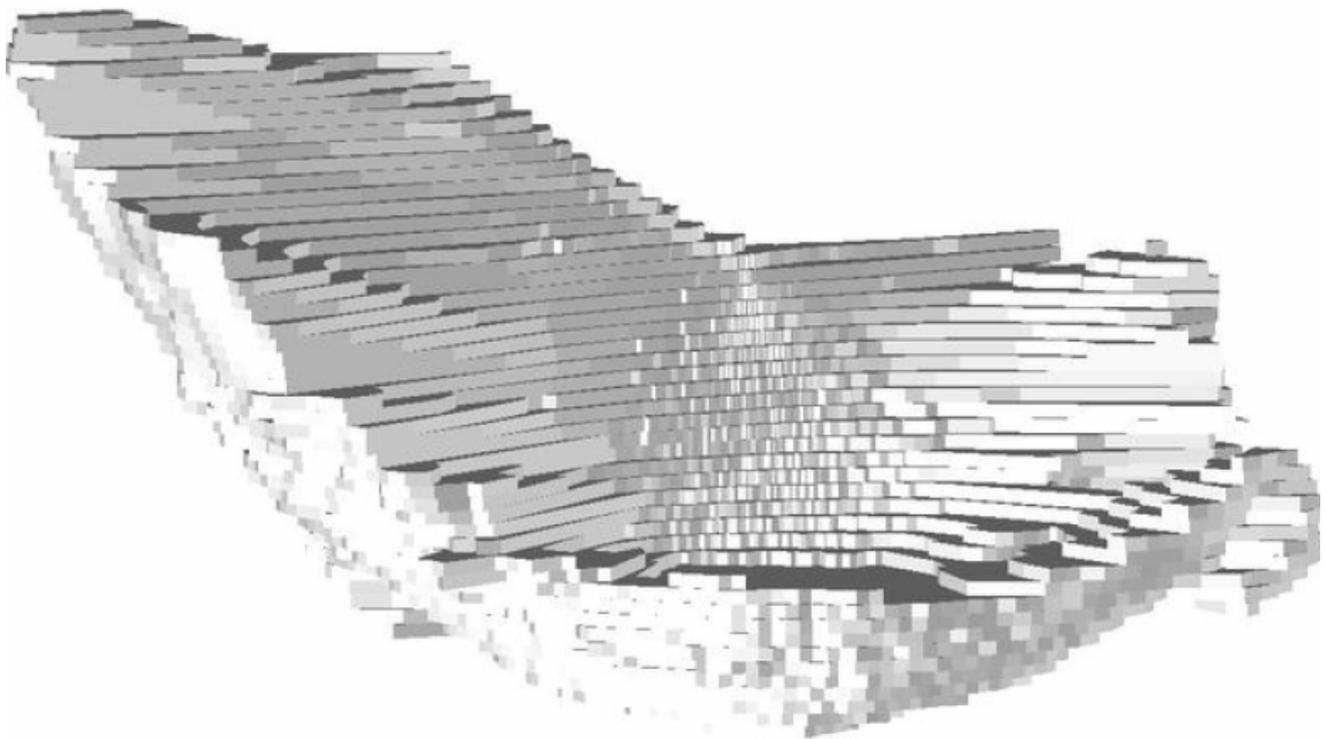


Fig. 26. Image 3D de la cavité obtenue par mesure sonar

Enfin, le 17 septembre nous avons reçu le feu vert : moyennant le suivi topographique, la surveillance de signes en surface et les lignes de vie, nous avons eu l'autorisation de remettre en route le pompage. Evidemment toutes les pompes n'ont pas redémarré tout de suite (« ça ne redémarre pas comme ça là-haut ») ; mais rapidement nous avons pu atteindre les débits qui étaient prévus au marché, soit 2 000 m<sup>3</sup>/j, avec comme objectif de vider le plus rapidement possible la cavité.

### Suivi

Le graphique ci-dessous montre l'ensemble des données recueillies : le volume d'eau pompé, mesuré par des compteurs sur toutes les sorties d'eau, et la diminution de pression (correspondant à la diminution de niveau d'eau constatée), avec les arrêts jusqu'au 17 septembre...

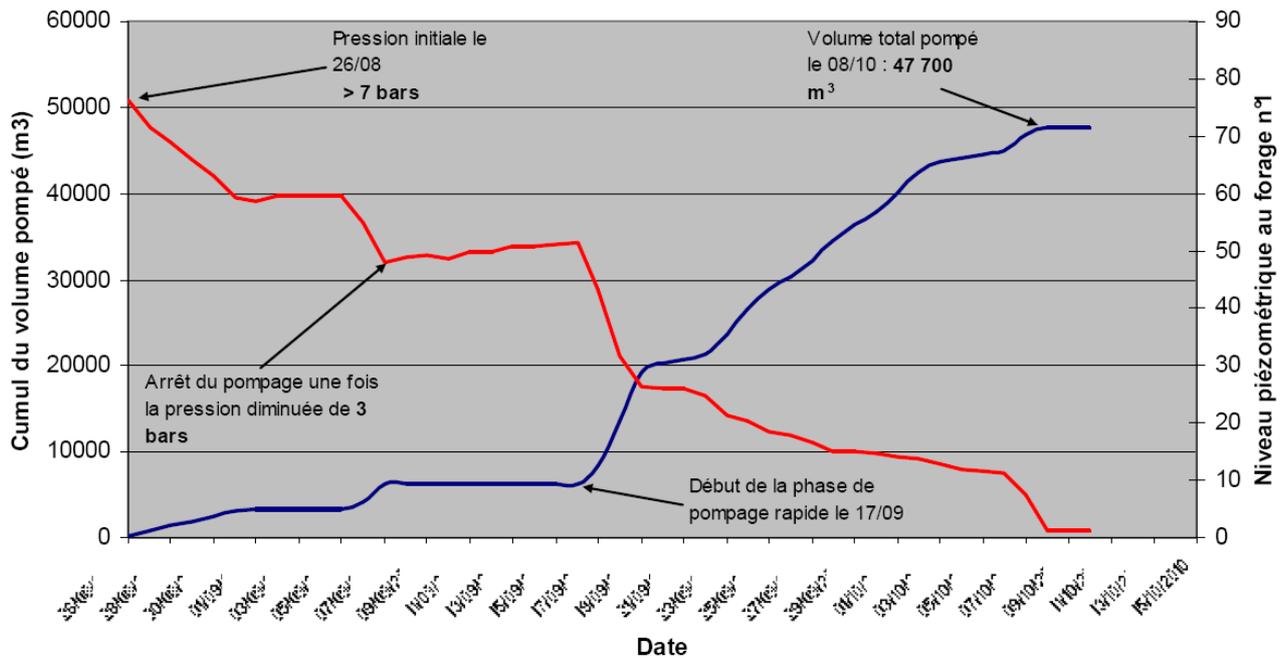


Fig. 27. Suivi des volumes pompés et du niveau piézométrique

Au final, le volume total pompé a été de 47 700 m<sup>3</sup> et la pression dans la cavité était redevenue normale, c'est à dire atmosphérique.

### Un chantier particulier :

Quelques exemples illustrent les particularités de ce chantier hors norme (photos en fin de présentation) :

- Un matin difficile : Contraintes de gel : ex. température de démarrage à -10°C.
- Une nuit de beau temps : le chantier a aussi avancé de nuit. La plus grosse contrainte de nuit était le levé topographique : pour éviter de faire directement les levés topo sur la partie du glacier au-dessus de la cavité, les déformations de surface étaient relevées par des cibles réfléchissantes sur des pieux enfoncés ; ces cibles brillent la nuit.
- La plus grosse contrainte générale a été liée à la gestion des alpinistes en route pour le Mont Blanc : dans la journée, nous arrivions encore à leur faire comprendre des choses, en particulier d'éviter avec leurs crampons les tuyaux d'exhaure, qui sont en plastique ; mais la nuit ce n'est pas gérable... De 1h à 3h du matin un ou deux guides sur place ne faisaient que ça ! Pour beaucoup, la montagne c'est un espace libre, donc « on fait comme on veut » : nous avons aménagé des passages spéciaux, mais pour ne pas avoir à enlever les crampons en restant dans la neige, ils passaient sur les tuyaux....
- Le brouillard était souvent au rendez-vous l'après midi, ce qui empêchait tout hélicoptage : nombreux sont ceux qui, venus visiter ou intervenir sur le chantier, sont redescendus à pieds de nuit à Saint-Gervais, parce que l'hélicoptère ne revenait pas...
- Pour terminer, ce genre d'opération ne peut réussir que si l'équipe est soudée, si tout se passe bien entre les hommes ; pour cette raison il y a eu parfois des accrochages avec les scientifiques ou les extérieurs, qui nous demandaient d'interrompre, alors que, là-haut, nous n'étions pas du tout dans cette logique là...

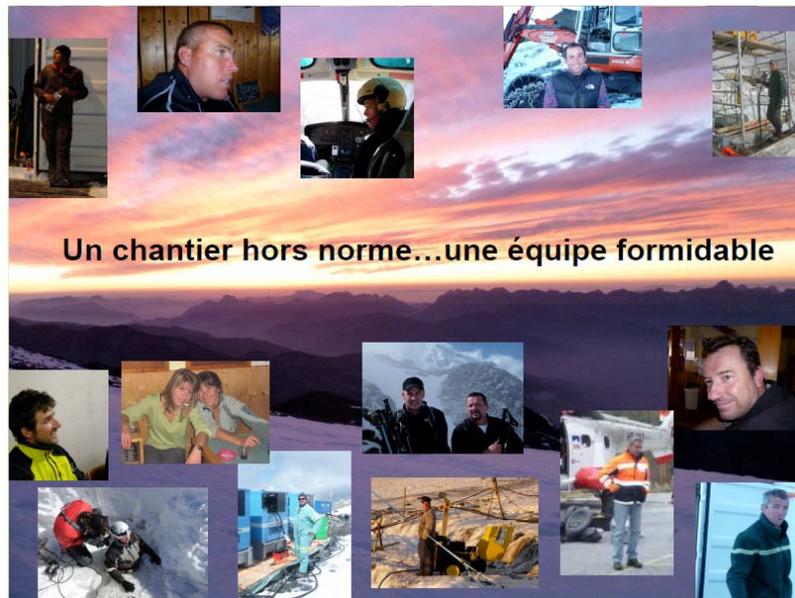


Fig. 28. L'équipe qui a participé au chantier de Tête Rousse

## Discussion

P. Ostian : Merci d'avoir terminé sur cette photo (Fig. 28), parce qu'un chantier ce sont d'abord des hommes, qui maîtrisent les techniques. On peut maintenant engager la discussion sur ce chantier, « sur les Shadocks des temps modernes ».

Un participant (Bourg-Saint-Maurice) : Tout d'abord, félicitations pour ce chantier impressionnant ! Peut-on avoir une idée du montant des travaux – pouvez-vous communiquer là-dessus ? – et peut-on avoir des précisions sur les modalités du financement ?

V. Tairraz : On peut aujourd'hui communiquer sur le montant des travaux, c'est avant les travaux qu'on n'a pas le droit... L'enveloppe des travaux était estimée à un peu plus de 2 millions d'euros, et le coût final s'est monté à environ 1 780 000 €, donc sans dépassement ; certains postes n'ont pas eu à être utilisés, par exemple le marteau fond de trou (forage mécanique) parce qu'on n'a pas rencontré de rocher. Concernant les financements, la collectivité a été aidée, « ce chantier a été fait en urgence, la médiatisation a peut-être aidé, mais pour obtenir les financements je n'étais pas au charbon tout le temps, ça m'a paru assez facile à trouver » ; il faut dire que la collectivité en question (Mr le maire de Saint-Gervais) est très performante dans ce genre de démarche. Au final, la charge effective pour la collectivité est de moins de 20% ; le reste vient du FEDER, du Ministère (MEDDTL), du Conseil Régional Rhône-Alpes et du Conseil Général de Haute-Savoie, qui ont financé ces travaux [cf. p. 48].

V. Boudières : Tout d'abord, félicitation également pour cette entreprise technique et humaine assez exposée et rondement menée. À côté de ça, j'ai noté un vocable que vous utilisez souvent : « on était sous la pression, on n'était pas tranquille, on était soulagé, ou non... ». Est-ce que suffisamment d'éléments vous faisaient penser à une véritable crise imminente pour se « pressuriser » autant sur les délais que vous avez imposés dans le marché public, dans les techniques et dans le déploiement ? Evidemment, il y avait la contrainte de l'hiver, mais si vous aviez arrêté au début de l'hiver, à votre avis actuellement, était-on sûr que ça aurait vidangé naturellement pendant l'hiver ? Cela m'amène à une autre série de questions, très globale, que votre propos me semble souligner : finalement, comme vous le montrez très bien, technologiquement vous étiez sur de l'innovation, trouver le marché public et la personne adapté était aléatoire - mais heureusement il y a du savoir faire dans la vallée - mais s'il y avait eu un grain de sable, si la pelle mécanique était tombée parce que le conducteur n'était pas capable de la faire monter, comment auriez-vous géré cette catastrophe à l'intérieur de la catastrophe ? La question du brevet montre aussi les problèmes qui se posent au jour le jour et c'est incroyable de

voir la quantité d'incertitudes que vous avez eu à gérer, qui se sont bien passées, donc chapeau ! Mais aujourd'hui, dans le cadre du retour d'expérience, cette expérience de la précipitation - que vous avez manifestement bien gérée -, de toutes ces contraintes-là et surtout l'aspect scientifique qui revient et qui vous dit « attendez, il faut qu'on revoie, manifestement la cavité si on la prend en 3D ça peut modifier des choses », m'amène à demander : est-ce qu'il n'aurait pas fallu plus d'introspection scientifique au départ pour bien cerner le problème, et les moyens affectés à cette introspection, pour ensuite « gabariser » l'approche technique ?

V. Tairraz : Oui dans l'idéal ça aurait été super !

Pour ce qui est du risque avéré, même si je suis sur le glacier depuis 1999, j'entretiens la galerie, au moment des premières investigations avec Christian Vincent, « des trucs radar tout flous », je n'y connaissais rien ; jusqu'au 29 juin où je suis monté, j'ai vu l'eau qui sortait par les puits forés par Christian, les images sur la petite caméra à côté, et là nous nous sommes dit « y'a pas photo ». Les échanges que nous avons eu dans cette première phase avec Christian Vincent nous ont au moins permis d'établir une confiance mutuelle ; par la suite quand il nous a dit « là il faut arrêter parce que je ne le sens pas, il faut que j'approfondisse », ça a été dur à expliquer à l'équipe, mais je savais que s'il nous le demandait il avait une bonne raison.

Pour ce qui est des grains de sable, normalement dans une présentation, on les évite, même si c'est un retour d'expérience... Même si les grands principes ont fonctionné, des grains de sables, des embêtements, il y en a eu tous les jours : des rotations d'hélicoptère pour faire monter une fois une personne qui réglait les karchers, une autre fois un soudeur pour réparer la tête de forage qui était tombé et avait cassé le premier jour (il était parti « comme ça » et il est finalement resté 3 jours là-haut...). Globalement, ce genre de tâtonnements et d'imprévus, sur un chantier d'altitude peu commun comme celui-là, ça me paraît inévitable et je ne sais pas si en ayant eu plus de temps, en s'étant posé plus de questions, l'approche n'aurait pas été malgré tout à peu près la même, mais on aurait peut-être encore plus douté... L'inexpérience nécessite d'avoir une grande capacité de réactivité, mais c'est vrai que c'est vraiment basé sur une équipe et sur du relationnel là-haut. Si finalement la technique de forage choisie n'avait pas fonctionné et qu'il avait fallu se réorienter sur autre chose, on aurait vidangé une partie de la poche mais on n'aurait peut-être pas tenu tous les délais ; si un jour il y a un nouveau chantier de cet ordre, je ne suis pas sûr qu'on procède par pompage depuis la surface, il y a peut-être d'autres techniques éventuellement à mettre en œuvre, et peut-être qu'économiquement, venir tous les 2 ans pomper un petit peu maintenant qu'on est rôdé... S'il y a un nouveau marché de travaux, il serait sûrement fait un peu différemment, de façon plus légère. Mais la partie capacités techniques et gestion de l'imprévu sur ce genre de chantier qui n'est pas vraiment un ouvrage, avec beaucoup de reconnaissances, on ne pourra jamais vraiment l'éviter.

Florent Charles (Chef de service, RTM 74) : Pour prolonger la réponse à la question de V. Boudières, je reprends ce que disait Christian Vincent dans sa présentation. Il y a vraiment 2 temps dans ce genre d'opération : (1) le temps de la recherche et de la réflexion pour caractériser l'aléa, et on a compris que pour le faire il fallait des financements qui étaient difficiles à trouver, et puis (2) finalement en très peu de temps, parce qu'on voit de l'eau jaillir et parce que le scientifique a acquis quelques certitudes, on bascule dans un autre monde, celui où l'on va alerter le maire, le préfet, et là tout s'accélère totalement. Parallèlement, ça permet aussi de débloquent des financements de manière très rapide. Le montant total de l'opération avoisine les 3 millions d'euros, avec des financements assurés grâce à la préfecture. On bascule donc dans un temps très court, et avec des contraintes qui sont tout autres, c'est-à-dire que s'il avait fallu dire au maire de Saint-Gervais le 7 septembre « finalement on a fait baisser la pression de 3 bars, c'est suffisant, on peut attendre l'été prochain pour reprendre tout ça », j'ai une petite idée de sa réponse... Dans une certaine mesure, le risque de vidange appartient à la population, il y a l'image d'une poche d'eau, il y a la réalité de 1892 et puis tout l'imaginaire qui se développe autour, qui font que ça nous échappe complètement.

P. Ostian : Ce que je trouve formidable, c'est que vous gérez le rationnel, mais l'irrationnel également : l'histoire du pendule, ça il fallait le gérer aussi...

F. Gillet : Il n'est pas du tout impossible que l'eau continue à arriver et donc que la poche se reconstitue. A partir des mesures radar et autres qui seront faites cet été vous verrez effectivement quel est le volume en question, mais le problème est que vous risquez d'avoir chaque année à peu près à refaire des opérations de même nature. Comment voyez-vous le problème ? Si l'arrivée d'eau se poursuit de la même manière, allez-vous intervenir selon les mêmes modalités ou selon d'autres modalités ; est-ce qu'il ne faut pas réfléchir à des solutions plus pérennes, notamment du type galerie ?

V. Tairraz : L'accumulation d'eau dans la cavité existante paraît en effet inévitable. Comme évoqué précédemment, nous allons maintenant vérifier si c'est plus robuste comme système de travailler avec davantage de réflexion, puisque nous ne sommes plus dans l'urgence. L'aléa est connu et va « se recapitaliser » progressivement. Le processus de décision devrait continuer sur la même base avec l'équipe en place scientifiques/gestionnaires du risque/techniciens sur place pour trouver des solutions. Les solutions pérennes vont dépendre des résultats des recherches que pourront nous apporter les différents laboratoires. En terme de réflexion, je pense qu'il y a tout un système à établir pour écarter les mauvaises idées, enfin les idées qui nous paraissent un peu farfelues : quand nous avons commencé à pomper, les gens nous ont dit « non mais attendez, moi j'ai la solution, il n'y a qu'à faire geler l'eau ! », il faut avoir en réserve un discours pour répondre « oui mais si elle s'est formée, l'eau va peut-être dégeler... ». Donc je pense qu'il y a une action à mener pour explorer ces pistes-là, démontrer que techniquement ou financièrement on ne sait pas faire, et ensuite mener une réflexion sur l'opportunité des différents scénarios possibles, par exemple venir pomper tous les ans, ou tous les 2 ans, ou tous les 5 ans, en fonction du volume de la cavité et de son remplissage, parce qu'éventuellement, dans 5 ans elle aura complètement disparue. Il y a quand même eu trois cavités (une poche d'eau, une crevasse remplie d'eau et une nouvelle poche d'eau) sur le glacier de Tête Rousse en un siècle, qui n'ont jamais été situées au même endroit, donc ce n'est pas simple. La solution galerie peut s'inspirer du modèle de la galerie existante ; elle était trop haute, mais on pourrait faire une galerie plus basse avec une chambre, pourquoi pas... Ces différentes possibilités doivent être étudiées, chiffrées, et leur opportunité évaluée, mais tout cela devra être mené en lien avec les résultats de la recherche, en fonction du régime thermique, du positionnement de la cavité, de sa capacité à se remplir à nouveau, ou peut-être de la vitesse à laquelle cette poche d'eau va disparaître.

Un participant : Pour compléter, ce débat est en pleine actualité, puisque ces discussions ont toujours cours avec le maire et le préfet. L'ensemble du comité de pilotage constitué pour conduire l'opération 2010 est resté actif, et actuellement il y a des réunions pour essayer d'envisager ce qu'on pourrait faire en 2011 et quel type de réflexion pourrait continuer à être financé – il y a notamment un aspect évidemment financier – ; il est aussi prévu, comme cela vient d'être dit, de profiter du peu de temps qu'on a pour se poser quelques questions qu'on n'a pas eu le temps de se poser en 2010. Tout ceci grâce au fait que le maire de Saint-Gervais a accepté de prendre la maîtrise d'ouvrage des opérations en 2010 et continue de le faire, notamment en 2011.

P. Ostian : Restons peut-être sur le retour d'expérience avant d'aborder la discussion sur la suite des opérations...

Tony Loipensberger (Ministère Bavarois de l'Environnement) : C'est plus une remarque qu'une question. Selon mon expérience, la décision de ce qui doit être fait, et de quand il faut le faire ne peut pas être prise uniquement par les scientifiques ou par les experts. C'est très important que la population locale soit associée à ces décisions...

A. Evans : Nous avons parlé des laboratoires et du service d'appui que le service RTM représente. Bien entendu la population est aussi au cœur des décisions qui sont prises sur le terrain, notamment en termes de délais. En France la préfecture est effectivement le lien entre les collectivités et les autres services. Même si on ne demande pas directement leur avis aux habitants, on n'agit évidemment pas comme s'ils n'étaient pas là ; globalement le calendrier qui a été défini l'a été aussi par rapport à ce

que les gens vivent en dessous, à leurs angoisses, et Mr le maire répond également à ces préoccupations quand il demande que l'on intervienne rapidement. Il aurait été mal vu de suspendre le chantier en septembre, c'est aussi parce qu'il a une pression de ses concitoyens. Donc bien entendu ce volet-là doit être intégré dans les décisions qui sont prises.

Un participant : Et ce n'est pas aussi simple puisque, d'après ce que j'ai compris depuis mon arrivée – le maire m'a parlé à plusieurs reprises –, à son niveau, bien qu'élus de la population locale directement concernée, il a dû recevoir de nombreuses critiques. L'opération est loin d'être complètement acceptée et partagée par tout le monde dans la vallée, je ne sais pas dans quelles proportions, mais en tant que maire il a témoigné à plusieurs reprises du fait qu'il était attaqué régulièrement sur cette opération, sur son intérêt à la mener, sur la façon dont c'est fait, etc. Il semble donc que ce volet participatif n'est pas tous à fait complet : il n'y a pas une vraie participation locale ou démocratie participative autour de ce genre de chose, ou peut-être pas suffisamment au goût de certains dans la vallée.

P. Ostian : La pression de la population sur les élus, sur le maire et sur les services (préfecture, gendarmerie, SDIS, etc.) est sans doute aussi une pression importante pour vous qui travaillez là haut. Vous avez dit qu'il y avait beaucoup d'alpinistes et beaucoup de journalistes qui sont passés aux différentes étapes de cette purge du glacier. Est-ce que ces gens-là de retour dans la vallée écrivaient, parlaient à la radio ou à la télévision ? Est-ce que tout cela vous a aidé ou au contraire a contrarié vos projets ? Quels retours avez-vous eu sur la diffusion de l'information dans la vallée et dans la France entière ?

V. Tairraz : L'information a été très bien maîtrisée, [Cf. *présentation Laurent Lenoble, p. 39-41*], et cela nous a plutôt aidés. Je pense que les gens qui sont venus sur le site n'ont pas raconté de bêtises – en général ceux qui en racontent sont ceux qui ne viennent pas. Nous sommes resté deux mois là-haut mais nous avons gardé le lien avec la vallée, nous avons des échos lors des changements de personnel. En redescendant ou lorsque des gens remontaient ils nous disaient : « alors il s'est passé ça... » et nous n'étions même pas au courant ! Globalement, **le choix d'entreprises locales avec des ancrages locaux nous a permis d'avoir un réseau d'information**, et les retours nous ont montré que dans l'ensemble, seules les informations confirmées par la partie communication ont été diffusées, donc le recoupage des informations était bon. Par contre, malgré la sensibilisation, certaines personnes ont toujours une perception différente et trouvent l'opération inutile, mais ces gens-là on ne peut pas les convaincre. Des rumeurs ont aussi circulé de toute part : « il y a tant d'eau, ils ont pompé tant, ils ont arrêté, la pression remonte, tout est perdu... ». Par exemple, un dimanche « on » a annoncé que les pompes avaient gelé et que tout était arrêté et il a fallu monter en hélicoptère tout de suite sur une phase de surveillance, alors qu'en fait il y avait une interruption sur un groupe électrogène et rien n'était joué, mais la rumeur avait vite fait d'enfler. Globalement là-haut l'avantage du site est qu'on est assez isolé et qu'on est moins influencé par la rumeur du bas.

L'information a été parfaitement maîtrisée : les interruptions ont été faites en journée, lorsque ça pose le moins de problèmes, et lorsqu'il y avait des journalistes les ouvriers faisaient semblant de forer alors qu'on n'était pas en période de forage, pour avoir de bonnes séquences d'images à la télévision... Une fois ils ont même demandé d'arrêter les groupes électrogènes parce que ça faisait trop de bruit pour la prise de son ! Là ça allait trop loin.