

# Le journal d'informations municipales des Saint-Gervolains // SPÉCIAL N°2

# PROJECTIONS

## NUMÉRO SPÉCIAL DU GLACIER DE TÊTE ROUSSE - OCTOBRE 2010

### ÉDITORIAL



**D**epuis 10 ans, ma charge de Maire m'a amené à gérer des dossiers de grande importance, la Commune de Saint-Gervais-les-Bains étant riche de projets mais surtout de réalisations. Je n'imaginai cependant pas avoir un jour la responsabilité de tout mettre en œuvre pour préserver la vie de plusieurs milliers d'habitants.

#### Une dimension différente

L'importance de cet enjeu efface d'abord le jugement des autres et repousse loin les sarcasmes colportés par les habitués amateurs de polémiques en mal d'écoute, les vendeurs de doute ou quelques politiciens à la recherche d'électeurs. Montrer du doigt ceux qui mettent tout en œuvre pour préserver des vies humaines est irresponsable et mérite simplement le mépris. Ils auront prouvé à tous leur incapacité à gérer une situation de crise.

#### Un exercice de grande solitude

J'ai rencontré la solitude et croisé l'angoisse du choix à effectuer même si à aucun moment je n'ai eu la moindre hésitation, seules les options permettant de protéger la vie des habitants pouvant être à mes yeux retenues.

Bien sûr, il m'a fallu expliquer, justifier, rappeler l'histoire de la catastrophe de 1892 et être encore plus disponible et à l'écoute. Douze permanences ont été tenues chaque fois avec la présence appréciée des représentants de la sécurité civile, de la gendarmerie et des pompiers, permettant à la population de notre Commune, aux résidents secondaires, aux touristes de passage mais aussi aux habitants de Domancy et de Passy concernés par cette situation de risque, de se tenir informés et de partager ensemble craintes et doutes. Bien évidemment j'ai tenu informé, dès le 28 avril, des risques et des conséquences pour leur population mes collègues maires des Communes limitrophes, ceux de Domancy, Léonard Brondex, et de Passy, Gilles Petit-Jean Genaz, ainsi que Jean-Louis Mollard, maire des Contamines. Ils ont tous trois été conviés aux réunions publiques.

Il m'a fallu taire mes angoisses car chaque seconde qui passait augmentait le risque de rupture du glacier par l'élévation de la pression. Quand enfin le risque a commencé à s'éloigner, dès le pompage des premiers mètres cubes, d'autres craintes sont apparues, rythmant chaque journée. Récemment encore nous étions confrontés à une nouvelle interrogation, quelles conséquences pourraient entraîner le pompage de l'eau et son remplacement par de l'air ? N'allions-nous pas provoquer nous-mêmes la catastrophe ?

Il a donc fallu prendre des précautions supplémentaires, telle la présence d'une vigie humaine sur le glacier, 24 h/24, pendant les opérations de pompage, rôle confié aux gendarmes du PGHM, afin de pouvoir réagir immédiatement au moindre signe

d'affaissement du glacier. Merci aux personnels de la gendarmerie pour leur implication supplémentaire dans ce dossier.

Aujourd'hui le temps joue en notre faveur, nous permettant de retrouver un peu de sérénité.

#### L'effet médiatique

La conduite réussie de ce dossier est aussi le résultat de la volonté partagée avec Monsieur le Préfet d'agir dans la plus grande transparence avec la population mais aussi avec les médias.

Même si de rares journalistes suspicieux ont recherché la polémique, considérant certainement inimaginable que des responsables politiques et de l'administration puissent agir avec honnêteté, les médias ont permis de relayer une information objective et réelle montrant ainsi que ce risque naturel et ce danger étaient traités avec responsabilité et sang-froid. Bravo à eux pour cette belle expression de leur professionnalisme.

Le « buzz » s'est fait naturellement sans aucun besoin de communiqué de presse. Il est d'ailleurs surprenant que cette problématique de risque maintienne l'attention des médias du monde entier depuis près de 2 mois. Il est vrai que plusieurs pays, dont le Japon, pourtant habitué à gérer des risques naturels, considèrent comme exemplaire le dispositif que nous avons mis en place pour protéger la population.

#### Dès aujourd'hui les responsables politiques doivent gérer différemment les risques naturels

Le traitement du risque du glacier de Tête Rousse de Saint-Gervais doit « faire jurisprudence » et forcer les comportements à changer. L'humain doit être replacé au centre des préoccupations et des dispositifs en se substituant à la volonté caractérielle de protection des valeurs et des biens. La nature doit retrouver sa dimension et sa place. Son évolution et ses réactions doivent être respectées. Ainsi, chaque fois qu'il est impossible d'éradiquer un risque connu, il faudra humblement accepter notre infériorité et arrêter le bras de fer.

#### Maintenir notre vigilance

Si le risque de catastrophe sur le glacier de Tête Rousse s'est éloigné, personne ne doit oublier que la montagne et ses glaciers dictent en silence leurs lois. À quelle vitesse cette poche d'eau va-t-elle se reformer, comment lui permettra-t-on de s'écouler sans créer les mêmes angoisses et sans faire planer le risque d'une catastrophe ? Tels sont les enjeux qui vont faire rapidement l'objet du troisième acte.

Votre Maire,  
**Jean-Marc Peilleux**

#### CE QUE J'AI AIMÉ

- La lucidité et la responsabilité des habitants qui vivent dans les zones de risque,
- l'écoute de Monsieur Jean-Louis Borloo, ministre d'État, la réactivité de Monsieur Jean-Luc Videlaïne, préfet, de Monsieur Régis Castro, directeur de cabinet, de Monsieur Gérard Derouin, sous-préfet de Bonneville, de Monsieur Laurent Lenoble, chef de service de la protection civile, de Madame Chantal Bouchet, son adjointe, et de tous leurs collaborateurs,
- l'accompagnement de Christian Monteil, président du Conseil général de la Haute-Savoie, et de mes collègues conseillers généraux, celui de Jean-Jacques Queyranne, président du Conseil régional, et d'Alain Chabrolle, vice-président en charge de l'environnement,
- les études et l'aide à la décision des chercheurs des laboratoires LGGE, LGIT et LTHE, du CNRS, et de leur chef de file, le glaciologue Christian Vincent,
- le professionnalisme de tous les services communaux, de ceux de l'État, en particulier de Nicolas Karr et de Vincent Tairraz du RTM, de la gendarmerie et des pompiers,
- la réactivité et la qualité de travail des entreprises qui ont travaillé nuit et jour sur le chantier, avec un accessit particulier à Christel Bottollier et à Pascal Mabboux de l'entreprise BOMA, à Jean-Marc Baz et à son fils, à l'entreprise Gramari et à leurs équipes, au cabinet Arpentage et aux pilotes de Chamonix Mont-Blanc hélicoptères,
- la gentillesse et la compréhension de Patricia Tuveri et de tout le personnel du refuge de Tête Rousse.

Glacier de Bionnassay - Cavité inférieure - Juillet 1893 - Collection privée Raymonde Godeau

#### CE QUE J'AI REGRETTÉ

- Simplement la rareté des marques de solidarité de la part des élus nationaux et de ceux des collectivités locales. Face à une situation d'exception, les théories de l'entraide et de l'intercommunalité auraient dû laisser la place à la pratique. À l'échelle de ce dossier, cela n'a bien sûr que peu d'importance.
- Avoir pris rapidement plus de cheveux blancs.



Directeur de la publication : Jean-Marc Peilleux  
Administration : Elsa Riche  
Rédaction : Nicolas Karr, Jean-Marc Peilleux, Elsa Riche, Christian Vincent  
Crédits photo : Mairie de Saint-Gervais, ONF-RTM, Pascal Tournaire, Raymonde Godeau, X  
Impression : Imprimerie Plancher - Réalisation : Scoop Communication  
Informations légales : ISSN : 1266-6866 - Dépôt légal à parution - 8 000 exemplaires

Mairie de Saint-Gervais  
50, avenue du Mont d'Arbois - 74170 Saint-Gervais  
Tél. +33 (0)4 50 47 75 66 Fax +33 (0)4 50 47 75 73  
[www.saintgervaislesbains.fr](http://www.saintgervaislesbains.fr)

## CHRONOLOGIE

**04/08/2008** : présentation d'une étude CNRS basée sur des campagnes de mesures radar de l'automne 2007 : détection d'une anomalie dans le glacier, sans savoir si elle était constituée d'eau.

**24/03/2010** : présentation d'une deuxième étude CNRS basée sur des mesures de Résonance Magnétique des Protons (RMP) de l'automne 2009. L'anomalie correspond à un volume d'eau liquide de 65 000 m<sup>3</sup>. La répartition de cette eau n'est pas déterminée : cavité unique, cavités multiples, milieu poreux, eau piégée dans des éboulis sous le glacier ?

**13/07/2010** : présentation d'une troisième étude CNRS basée sur des mesures radar, RMP et des forages, qui confirme la présence d'un volume de 65 000 m<sup>3</sup>, dont 25 000 m<sup>3</sup> dans une unique cavité localisée.

**13/08/2010** : notification par la commune du marché de travaux à l'entreprise BOMA.

**17/08/2010** : début des installations de chantier.

**25/08/2010** : le premier forage atteint la cavité.

**26/08/2010** : début du pompage.

**1<sup>er</sup> et 02/09/2010** : mesure par sonar pour vérifier la solidité de la cavité.



Pelle-araignée sur le chantier à 3 200 mètres d'altitude

**04/09/2010** : un deuxième forage atteint la cavité.

**08/09/2010** : présentation des conclusions du CNRS sur le risque d'effondrement de la cavité : conclusion d'un « risque faible mais pas nul ».

**10/09/2010** : réalisation de 2 forages d'évent.

**14/09/2010** : un troisième forage atteint la cavité.

**17/09/2010** : début du pompage rapide.

**25/09/2010** : nouvelles mesures de résonance magnétique des protons par le CNRS, qui détermineront la suite des études à mener et les mesures à prendre.



Le câble pour le déclenchement de l'alerte ainsi que les sirènes resteront en place tout l'hiver.

# LE CHANTIER VU PAR LE SERVICE RESTAURATION DES TERRAINS DE MONTAGNE (ONF-RTM)

En mars 2010, le CNRS a confirmé la présence de 65 000 m<sup>3</sup> d'eau liquide dans le glacier de Tête Rousse. Pour autant, la répartition de cette eau dans le glacier n'était pas déterminée. Il n'était donc pas possible de connaître la nature du risque : entre une grosse cavité de 65 000 m<sup>3</sup> ou de multiples petites cavités remplies d'eau ne communiquant pas entre elles, le risque n'est pas le même. Jean-Marc Peillex, Maire de Saint-Gervais, en coordination avec Jean-Luc Videlaïne, Préfet de la Haute-Savoie, a mandaté le CNRS pour mener rapidement des investigations complémentaires et préciser ce risque. En parallèle, et par précaution, une réflexion a été menée sur un plan d'alerte et sur les travaux à réaliser dans le cas d'une ou de plusieurs grosses cavités remplies d'eau, pour un volume de 65 000 m<sup>3</sup>, proche de celui présent dans le glacier lors de la catastrophe de 1892, c'est-à-dire 80 000 m<sup>3</sup>.

## La phase de réflexion : quelles techniques employer ?

Le RTM, service montagne de l'ONF, a donc mené un travail préliminaire au printemps pour cibler les techniques pouvant être mises en œuvre dans un délai court. Il s'est vite avéré qu'il n'y avait pas d'exemple connu de vidange artificielle de cavité glaciaire dans les Alpes. Des contacts ont été pris avec les structures réalisant des travaux en milieu glaciaire, notamment EDF et l'équipe des foreurs du CNRS. Les techniques à retenir devaient être simples à mettre en œuvre, en utilisant du matériel directement disponible sur le marché. Le chantier se déroulant à 3 200 m, tout le matériel utilisable devait être hélicoptable.

Pour accéder à la cavité, nous avons retenu une technique éprouvée (notamment à Tête Rousse) : le forage à l'eau chaude, mais en l'adaptant à la problématique. De l'eau sous pression à 80 °C est injectée dans une tête de forage lestée, suspendue par un câble à un treuil. Au fur et à mesure que la tête de forage est descendue, l'eau chaude expulsée par en dessous fait fondre la glace et crée un espace permettant de descendre un peu plus la tête de forage. Et ainsi de suite jusqu'à atteindre la cavité. Pour vidanger l'eau située en profondeur, la technique retenue est celle des pompes immergées au fond de la cavité, remontant l'eau dans des canalisations en acier chauffées afin d'éviter le regel en cas d'arrêt. Il a été demandé aux entreprises de prévoir deux types de pompes, en 4 exemplaires : des 15 m<sup>3</sup>/heure et des 80 m<sup>3</sup>/heure. L'eau est ensuite restituée à l'extérieur du glacier, dans des éboulis. Ces propositions ont été exposées le 13 juillet au Maire de Saint-Gervais et au Préfet, en même temps que le rendu des conclusions du CNRS, confirmant la présence d'une cavité. Il a alors rapidement été décidé de procéder à une consultation afin de démarrer le chantier au plus vite.

## La phase d'action : les travaux

Même si les délais étaient urgents, une phase de consultation rapide des entreprises a été réalisée, afin de respecter le Code des marchés publics, mais aussi pour laisser le temps nécessaire aux entreprises de faire des offres techniquement bien pensées et opérationnelles. L'offre retenue par la commune est celle d'un groupement d'entreprises locales représentées par BOMA (travaux publics, notamment en montagne), avec BAZ Jean-Marc (pelle-araignée) et GRAMARI (électricité). Par ailleurs le groupement d'entreprises a fait appel à d'autres entreprises spécialisées (pompage, hélicoptage, forage mécanique, guides de haute montagne, topographie). Le choix d'une structure souple et réactive d'entreprises locales s'est avéré gagnant : 4 jours après la notification du marché, le groupement BOMA commençait à installer le chantier. Habitant nos vallées, les intervenants sont parfaitement conscients des enjeux du chantier et mettent tout en œuvre pour avancer au plus vite. L'acheminement dans des conditions délicates d'une pelle-araignée de 10 tonnes, par Jean-Marc BAZ, permet de faire tous les transports de charges lourdes sur le glacier sans avoir recours à l'hélicoptère, et donc en s'affranchissant de la météo. Moins de deux semaines après l'attribution du marché, le premier forage, à travers 47 m

de glace, a atteint la cavité. Une première pompe a été immergée rapidement. Fin août, la pression a été allégée de 2 bars (sur 7 ou 8 bars). Un deuxième forage a atteint la cavité après 4 échecs (rochers vers -50 m), en perçant 48 m de glace. Les deux forages ont été équipés de pompes de 80 m<sup>3</sup>/h le 7 septembre. La pression était alors diminuée de 3 bars. Parallèlement aux travaux, une étude sonar était lancée, pour connaître la géométrie de la cavité et en déduire la stabilité du toit de glace de la cavité. Celle-ci s'avère être en longueur (80 m), perpendiculairement au glacier, avec un renflement au pied et un volume mesuré de 24 500 m<sup>3</sup>. Le CNRS a pu estimer le risque d'effondrement du toit de la cavité comme « faible mais pas nul ». Les préconisations proposées ont été mises en œuvre, et notamment le choix de pomper le plus vite possible la cavité. Un troisième forage a donc été réalisé au point le plus bas de la cavité, le 14 septembre, et une troisième pompe de 80 m<sup>3</sup>/h y a été installée le 15. Le forage a repris avec les 3 pompes en fonctionnement simultanément le 17 septembre, après l'exercice du plan de secours. La cavité est auscultée régulièrement par des géomètres pour repérer tout signe précurseur d'affaissement du toit de la cavité. En plus du système de détection opérationnel à l'aval du glacier, des vigies du PGHM surveillent tout signe anormal à l'aval du glacier. Au 24 septembre, la pression a été diminuée de 6 bars sur 7 ou 8 initialement, réduisant considérablement le risque. Le 28 septembre 34 423 m<sup>3</sup> ont été pompés. Une étude de résonance magnétique des protons est en cours pour faire un état de la localisation de l'eau qui reste dans le glacier.

Nicolas KARR, Chef du service de restauration des terrains en montagne de la Haute-Savoie ONF-RTM

## LISTE DES INTERVENANTS

### DE CE CHANTIER HORS NORME :

- Maître d'ouvrage : Commune de Saint-Gervais
- Suivi des opérations pour le Préfet : Service Interministériel de Défense et de Protection Civile
- Maîtrise d'œuvre : RTM
- Entreprises : Boma, Baz, Gramari
- Sous-traitants : Pollen, Cmbh, Arpentage, Delta Services, Heliswiss, Sage, Rivas
- Appui technique : CNRS, Laboratoire de Glaciologie de Grenoble
- Refuge de Tête Rousse

### QUELQUES CHIFFRES REPÈRES : 1892

- Volume de l'eau de la poche : 80 000 m<sup>3</sup>
- Volume de glace emportée par son explosion : 120 000 m<sup>3</sup>
- Volume des sédiments : 800 000 m<sup>3</sup>

Temps d'arrivée de la lave glaciaire selon les rapports de l'époque, 10 mn à Bionnay et 30 mn aux Thermes

### 2010

- Volume de l'eau détectée au fond du glacier : 65 000 m<sup>3</sup> à 10 000 m<sup>3</sup> près
- Pression de l'eau de la poche mesurée fin juin 2010 entre 7 et 8 bars
- Pression mesurée au 28 septembre 2010 1,5 bars
- Pompes : 2 des 3 pompes de 80 m<sup>3</sup> ont été perdues au fond de la poche d'eau du glacier

## TÉMOIGNAGE D'UN HABITANT RÉSIDENT SECONDAIRE À SAINT-GERVAIS

Mel, le 11 septembre 2010.

Cher Monsieur le Maire,

Je me permets de vous écrire ces quelques lignes pour vous manifester ma gratitude, ainsi qu'à votre Administration, pour ce que vous avez fait et continuez de faire pour la commune de Saint-Gervais.

J'ai le plaisir d'être propriétaire d'un appartement à la résidence le Mont Joly I, et, alors que j'y passais quelques jours de vacances, j'ai appris aux journaux télévisés de la RAI les possibles risques dus au glacier de Tête Rousse ; un peu inquiets, nous avons demandé plus d'informations à l'Office de Tourisme.

Les explications et plus particulièrement la lecture de votre journal *Projections*, dans lequel vous exposez la conduite à tenir et les mesures prises face au risque, nous ont tranquilisés. Non loin de notre commune de Mel, dans la province de Belluno (Dolomites), en 1963, à quelques kilomètres de nous, la ville de Longarone a connu une inondation catastrophique faisant entre autres 2 000 victimes, et ce principalement à cause de la négligence des organismes préposés.

Cette catastrophe a fait parler d'elle dans le monde entier et tous ont aidé les survivants. Longarone a pu renaître, mais personne n'a pu rendre les morts et les souvenirs perdus. En lisant votre édito, j'ai pu apprécier ce passage dans lequel vous soutenez qu'il vaut mieux prévenir et agir, autant qu'il est humainement possible, pour que ce genre de désastre ne survienne pas. [...]

Daniele Zatta



L'eau de la poche jaillit des tuyaux après avoir été pompée et se déverse sur le glacier de Bionnassay.

## SÉCURITÉ

# EXERCICE ET TESTS LIÉS AU SYSTÈME D'ALERTE



Une des sirènes de la zone de Bionnassay.

Dès le 24 mars 2010, un plan d'alerte et de sauvegarde de la population a été immédiatement décidé. Ce plan mis en place dès la mi-juillet comporte un dispositif mécanique de détection de toute rupture brutale du glacier relié à des sirènes d'alerte chargées de prévenir la population et d'alors déclencher le réflexe de son auto-évacuation. Préalablement à la rentrée scolaire, afin d'assurer la sécurité maximale des enfants de l'école de Bionnassay, il a été décidé de la délocaliser dans une salle de l'école Marie Paradis au moins jusqu'aux vacances de la Toussaint.

Plusieurs tests et exercices ont été organisés pour vérifier le bon fonctionnement du dispositif. Des modifications ont ainsi pu être apportées pour assurer la prévention la plus efficace possible.

### 1. Tests des sirènes

Trois tests ont eu lieu les 4 août, 26 août et 9 septembre 2010 permettant d'améliorer leur audition tant au travers de l'implantation de sirènes supplémentaires que de l'utilisation d'un son plus audible.

### 2. Exercice d'évacuation de l'école primaire du Fayet – 09/09/2010

Un exercice d'évacuation de cette école a eu lieu le 9 septembre, organisé conjointement par la Mairie, la Direction de l'école, l'Inspection de l'Éducation nationale et le Service Départemental d'Incendie et Secours (SDIS). Les 179 enfants, encadrés par le personnel de l'école, ont effectué une évacuation en conditions réelles. Ils ont rejoint le point de rassemblement situé à proximité de l'école sur les hauteurs dans un délai compris entre 7 et 9 minutes.

### 3. Exercice d'évacuation de la cantine, parc Thermal – 17/09/2010

Un exercice surprise d'évacuation a eu lieu à la cantine de l'école primaire du Fayet située dans le parc Thermal. Encadrés par le personnel communal habituel, les enfants ont bien réagi et tous ont rejoint le point de rassemblement n° 5 situé à proximité du gymnase du parc Thermal en moins de 9 minutes.



Les enfants lors de l'exercice d'évacuation de la cantine au parc Thermal.

### 4. Exercice général d'auto-évacuation de la population - 16/09/2010



Les enfants de l'école du Fayet lors de l'exercice d'évacuation du 9 septembre dernier.

Le 16 septembre, un exercice d'auto-évacuation à destination de tous les habitants des zones de risque a été organisé par les services de la Sécurité civile. Les sirènes ont retenti à 18 h 04 et 537 personnes ont pris part à l'exercice, rejoignant les points de rassemblement où ils étaient accueillis par des représentants de la gendarmerie, des pompiers et des services communaux. On peut estimer que 20 % à 25 % des personnes concernées ont participé à l'exercice, soit 100 personnes à Bionnassay et 437 au Fayet. Les habitants de Bionnassay ont rejoint les points de rassemblement dans une moyenne de 5 minutes après le déclenchement de l'alarme. Les autorités ont ensuite fait un débriefing à chaud, concluant que l'exercice avait été positif et rassurant.

Tout prochain déclenchement du signal d'alerte, en dehors des essais mensuels du 1<sup>er</sup> mercredi de chaque mois à 12 h 30, sera dorénavant le signal de la rupture du glacier et de l'obligation d'évacuer les zones de risque.

## ASPECT SCIENTIFIQUE : L'AVIS DU CNRS - LABORATOIRE DE GLACIOLOGIE

Ce sont trois laboratoires du CNRS de Grenoble, le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE), le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) et le Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique (LGIT), qui ont réuni leurs compétences pour détecter une poche d'eau à l'intérieur du glacier de Tête Rousse et analyser le risque lié à cette poche d'eau. En effet, ces études se sont appuyées sur des méthodes géophysiques variées (instruments radar, Résonance Magnétique des Protons et techniques de forages) qu'un seul laboratoire ne possédait pas. Ces études avaient été initialement commandées par le Service du RTM de Haute-Savoie, en 2007, qui s'interrogeait sur la nécessité de maintenir ou non la galerie de 1904 sous le glacier, et qui s'interrogeait, d'une manière plus générale, sur la possibilité de la formation d'une nouvelle poche d'eau dans ce glacier. Autant dire que ces interrogations étaient bienvenues. Dans nos études, nous sommes allés de surprise en surprise. L'analyse des résultats a abouti à la conclusion de notre rapport du 13 juillet 2010, remis au préfet de Haute-Savoie et au maire de Saint-Gervais ; dans ce rapport, nous écrivions qu'une cavité remplie d'eau contenue dans le glacier présentait un risque de vidange naturelle brutale et qu'il fallait procéder rapidement à une vidange artificielle de cette cavité sous-glaciaire.

Mais les études scientifiques n'étaient pas terminées pour autant. La vidange artificielle, en cours, a diminué la pression d'eau à l'intérieur de la cavité, et le risque de vidange brutale liée à une rupture de la langue va en diminuant. Néanmoins, d'autres questions sont apparues, liées à cette vidange artificielle : le toit de la cavité remplie d'eau pourrait-il s'effondrer lors de la vidange et créer une surpression qui pourrait elle-même provoquer une rupture de la langue du glacier ? Pour répondre à cette question, un instrument sonar a été descendu, les 1<sup>er</sup> et 2 septembre 2010, dans le glacier, à travers un forage, et dans la cavité remplie d'eau, afin de mesurer la géométrie de la cavité. À l'aide de cette géométrie et en utilisant des modélisations numériques, nous avons fait des calculs de mécanique afin d'estimer les contraintes de traction dans le toit de la cavité et d'évaluer le risque d'effondrement. Ces calculs ont montré que les valeurs de traction maximale calculées n'étaient pas très éloignées de la valeur limite de rupture. En conséquence, nous avons conclu que « le risque d'effondrement du toit de la cavité ou d'une partie du toit de la cavité, en cours de vidange, est faible mais

pas nul ». Nous avons alors préconisé de pomper et d'abaisser le niveau d'eau dans la cavité le plus rapidement possible et, en conséquence, de multiplier les forages et les pompes. Nous avons également calculé les déformations verticales à attendre et, en étroite collaboration avec le RTM, préconisé la mise en place d'un réseau de surveillance topographique de la surface destiné à mesurer l'affaissement du glacier lors des travaux de pompage. Selon les calculs, ces déformations devraient rester inférieures à 2 cm/jour. Des mouvements d'amplitude supérieure sont un indice de fracturation. Les observations sont journalières et sont examinées par le RTM et le LGGE. Lorsque la cavité sera complètement vide, le risque d'effondrement ne concernera que la zone située à l'aplomb de la cavité.

Les questions scientifiques ne sont pas toutes résolues, loin de là. La technique de Résonance Magnétique des Protons (RMP) a indiqué un volume d'eau dans le glacier de 65 000 m<sup>3</sup> (avec une incertitude de 10 000 m<sup>3</sup>). Pourra-t-on pomper toute l'eau à partir de la cavité principale ? Y a-t-il d'autres cavités ? Reste-t-il de l'eau contenue dans les sédiments sous-glaciaires que l'on ne pourra pas extraire ? Pour tenter de répondre à ces questions, nous analysons à nouveau nos observations radar qui pourraient nous indiquer la présence d'autres cavités. D'autre part, nous mettons en œuvre de nouvelles prospections de RMP destinées à mesurer et localiser les volumes d'eau restants. Si d'autres cavités sont détectées, des forages et pompages seront entrepris dans ces cavités. Si l'eau est distribuée dans une nappe dans les sédiments glaciaires, il est probable que les pompages seront inefficaces. Mais, dans ce dernier cas, ces volumes d'eau ne présentent aucun risque car ils exercent des pressions faibles sur la langue du glacier.

D'autres questions liées à la formation de cette poche restent à éclaircir. En premier lieu, pourquoi l'eau s'accumule dans ce glacier ? Grâce à la mise en place de nos capteurs de températures, nous avons aujourd'hui une réponse claire à cette question. Nous avons installé dans 8 forages des capteurs de températures entre la surface et le fond du glacier (jusqu'à 75 m de profondeur), à des intervalles de 2 ou 5 mètres. La température de ce glacier est donc sous haute surveillance. Ces observations nous ont permis de voir que la langue du glacier est à température négative, à -2 °C, alors que la partie en amont est à 0 °C. L'eau qui provient de la fonte en surface (ou de la pluie) s'infiltre dans le glacier dans sa partie supérieure et finit par atteindre le lit rocheux. Cette eau circule dans des chenaux sous-glaciaires. Sous la plupart des glaciers, elle s'écoule et sort au front par un torrent émissaire. Dans le glacier de Tête Rousse, ce n'est pas le cas : lorsque l'eau atteint la partie « froide » du glacier, elle est piégée car la glace froide est collée au lit rocheux et ne laisse pas passer l'eau. On comprend donc bien le phénomène de rétention d'eau à l'intérieur du glacier au contact du lit rocheux. L'origine de la langue froide du glacier est une question plus délicate : elle est très probablement liée à la diminution d'épaisseur du manteau neigeux en surface au cours des 25 dernières années. Ce manteau neigeux constituait avant les années 1980 une « couverture thermique » contre le froid. Du fait de l'augmentation

de la fonte, le manteau neigeux a diminué et cette couverture est moins efficace, surtout dans le bas du glacier. C'est un effet paradoxal : le réchauffement atmosphérique a entraîné une augmentation de la fonte et une diminution du manteau neigeux, qui a entraîné le refroidissement de la glace de la langue frontale. D'autres questions ne sont pas résolues : à quelle vitesse la poche pourrait-elle se remplir de nouveau ? Cette question, sans réponse aujourd'hui, est fondamentale car nous avons remédié à l'urgence mais nous n'avons pas agi sur la cause. Dans tous les cas, dans les prochains mois et prochaines années, il faudra surveiller le niveau de remplissage avant de se trouver confrontés à nouveau à une situation similaire à celle de juillet 2010.

Les questions scientifiques sont plus nombreuses que les réponses. Ce glacier nous a donné quelques insomnies et ce n'est peut-être pas terminé. Malgré tout, c'est la première fois que l'on détecte une poche d'eau dans un glacier alpin et que l'on évite ainsi une catastrophe.

Christian Vincent



Le chantier courant septembre 2010.



La première tour de forage.



L'établissement thermal après la catastrophe - Blocs amenés dans la 2<sup>e</sup> cour. Collection privée - Raymonde Godeau