

Atelier international

« Gestion intégrée du risque généré par les poches d'eau du glacier de Tête Rousse – De la tragédie de 1892 à la gestion de crise de 2010 »

20 avril 2011, Grenoble



**Transcription intégrale des présentations et discussions,
validée par leurs auteurs**

Benjamin Einhorn et Carine Peisser (PARN)

Septembre 2011



*Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche
pour la Prévention des Risques Naturels*

Sommaire

Introduction – J.M. Vengeon (PARN)	2
1. Poche d'eau du glacier de Tête Rousse (Massif du Mont Blanc) : étude de l'aléa et caractérisation du risque – Christian VINCENT (CNRS/LGGE)	3
Discussion	11
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)	16
Discussion	26
3. Plan de sauvegarde des populations (L. Lenoble, P. Chappet et D. Puyeo)	30
Introduction (L. Lenoble, SIDPC 74).....	30
3-A. Stratégie générale pour la sauvegarde de la population – Lieutenant-colonel Philippe CHAPPET (SDIS 74)	31
a) Détermination de l'emprise de la lave torrentielle, de son temps de parcours et estimation de la population impactée	31
b) Dispositif d'évacuation de la population et définition des points de rassemblement.....	35
Questions / Discussion	38
c) Sensibilisation de la population (par L. Lenoble)	39
3-B. Dispositif d'alerte : détection de la lave torrentielle, installation des sirènes et choix du son – Laurent LENOBLE (SIDPC 74)	42
a) Dispositif de détection du phénomène	42
b) Installation des sirènes et choix du son.....	42
Questions.....	43
3-C. Les missions de la gendarmerie sur la crise de "Tête-Rousse" – Commandant Daniel PUEYO (Gendarmerie 74)	44
1. Les missions traditionnelles et permanentes de la gendarmerie	44
2. Les missions spécifiques au dossier « Tête Rousse »	44
3. Points cruciaux	47
Conclusion (L. Lenoble)	48
Questions.....	48
4 – Discussion / Débat : Les leçons à tirer de l'expérience de Tête Rousse, ou "Comment transférer cette bonne pratique dans d'autres contextes locaux ou nationaux ?" – Médiateur : Pierre Ostian (Journaliste)	51
Glossaire	59

Introduction – J.M. Vengeon (PARN)

Cet atelier international est organisé par le Pôle Alpin d'étude et de recherche sur la prévention des Risques Naturels (PARN) dans le cadre du projet AdaptAlp. Il s'agit d'un programme de l'Espace Alpin sur l'adaptation au changement climatique dans le domaine des risques naturels. D'une durée de 3 ans (2008-2011) il s'inscrit dans le programme de Coopération Territoriale Européenne 2007-2013 (Interreg IV), dans son volet B Espace Alpin, Priorité 3 Environnement et prévention des risques.

Ce programme regroupe 16 partenaires de 6 pays alpins (Allemagne, Autriche, France, Italie, Slovénie, Suisse) avec comme porteur de projet le ministère de l'Environnement du Land de Bavière (StMUG).

Le cœur du projet est axé autour de trois groupes de travail techniques (Work Package):

- WP4 : régimes hydriques, évolution statistique des séries de donnée à l'échelle des bassins versants ;
- WP5 : cartographie des phénomènes naturels, homogénéisation des pratiques locales ;
- WP6 : prévention et gestion des risques naturels, avec une attention particulière à la gestion intégrée.

Le présent atelier s'intègre dans le WP6, dont un des objectifs est de développer et promouvoir les échanges transnationaux et la coopération en ce qui concerne les méthodes de prévention et de gestion des risques.

Il a pour objet la présentation, par les acteurs concernés, du cas de Tête Rousse – exemple de gestion d'un risque de rupture brutale de poche d'eau sous-glaciaire –, qui rappelle en toile de fond le changement climatique, les possibles implications qu'il peut avoir et les logiques de vigilance et d'adaptation qu'il faut envisager. En 1892, la rupture brutale d'une poche d'eau du glacier de Tête Rousse affecta la commune de Saint Gervais (Haute-Savoie, France), causant 175 décès et d'énormes dégâts. Plus d'un siècle plus tard, une poche d'eau estimée à 65.000 m³ fut détectée dans le même glacier. Une nouvelle catastrophe a pu être évitée en 2010 grâce à la bonne coopération des acteurs impliqués dans la gestion des risques.

En faisant partager cet exemple, au niveau local avec les autorités publiques et les services techniques concernés, mais aussi au niveau alpin en ouvrant les échanges aux partenaires européens du projet AdaptAlp, le PARN souhaite faire ressortir les éléments qui peuvent apparaître comme une bonne pratique de gestion intégrée des risques naturels et ouvrir la discussion autour de leur transférabilité à d'autres contextes.

La traduction simultanée des présentations et des échanges est assurée en anglais.

1. Poche d'eau du glacier de Tête Rousse (Massif du Mont Blanc) : étude de l'aléa et caractérisation du risque – Christian VINCENT (CNRS/LGGE)

Les études scientifiques menées depuis 2007 sur le glacier de Tête Rousse ont été coordonnées par Christian Vincent. Elles ont nécessité les compétences scientifiques et techniques de trois laboratoires de recherche grenoblois : le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE), le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie en Environnement¹ (LTHE) et le Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique² (LGIT).

Les études menées antérieurement sur ce glacier remontent à « la catastrophe de Saint-Gervais » survenue dans la nuit du 11 au 12 juillet 1892 [cf. *présentation de P. Chappet*, p. 31], où une gigantesque lave torrentielle a dévasté le village et les thermes de Saint-Gervais et provoqué 175 morts. C'est l'une des catastrophes d'origine glaciaire les plus meurtrières dans le monde.

La lave torrentielle à l'origine de cette catastrophe a été déclenchée par la rupture d'une poche d'eau dans le glacier de Tête Rousse, un petit glacier (< 1 km²) situé à 3200 m d'altitude sur la voie normale d'ascension du Mont-Blanc, au pied de l'Aiguille du Goûter. Sur ce glacier, les ingénieurs des Eaux et Forêts de la vallée de Chamonix avaient découvert deux cavités : l'une au front du glacier et l'autre dans sa partie médiane (Fig. 1).

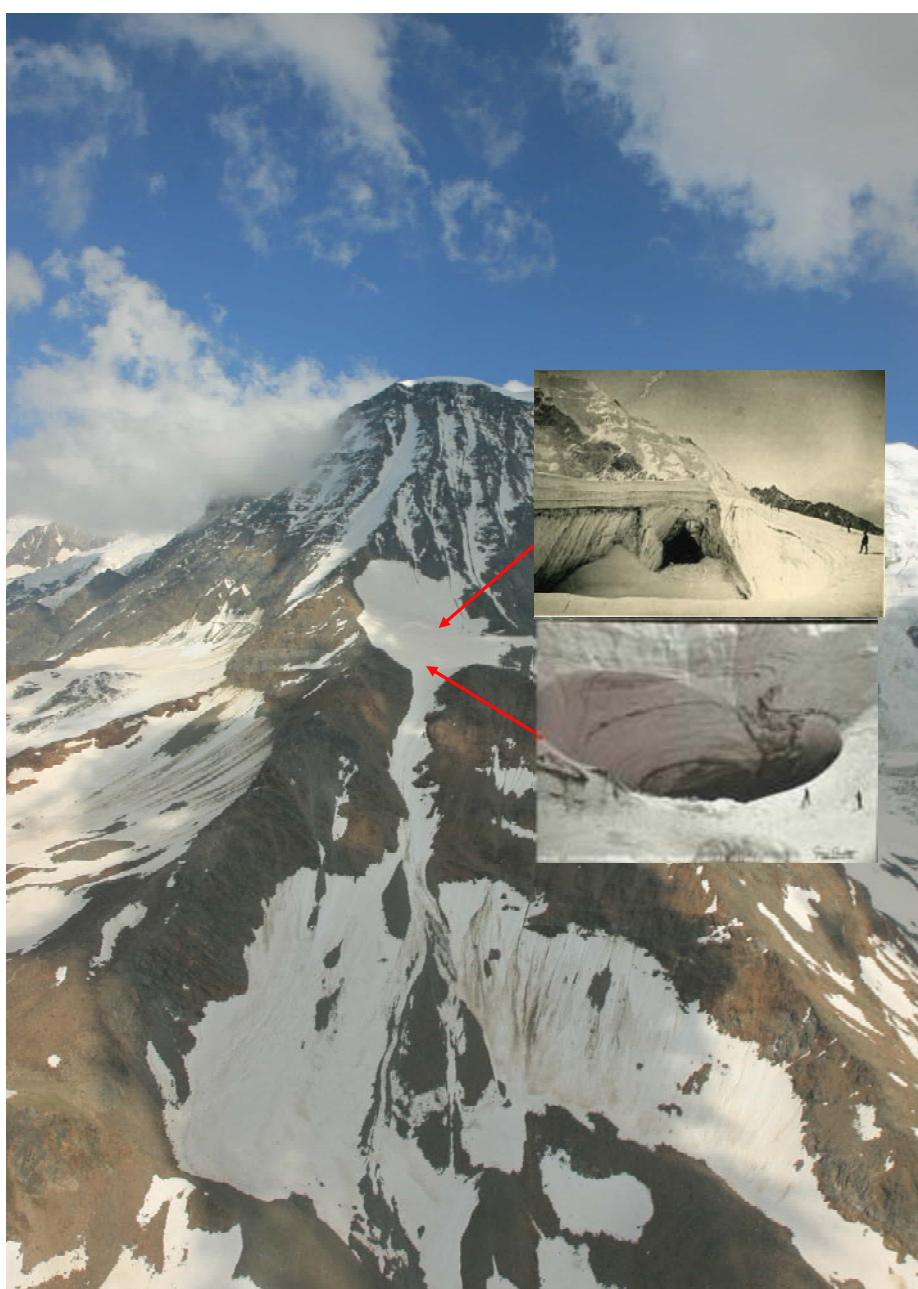


Fig. 1. Vue d'ensemble du glacier de Tête Rousse (cliché : Bruno Jourdain) et localisation des deux cavités observées à la surface du glacier suite à la catastrophe de juillet 1892 (clichés : A. Couttet)

¹ A. Legchenko et M. Descloitres

² S. Garambois, LGIT : désormais Institut des Sciences de la Terre (ISTerre)

Ces deux cavités, remplies d'eau avant la catastrophe, étaient reliées par un conduit intraglacière (Fig. 2). Sous l'effet de la pression d'eau, le bouchon de glace au front a cédé, provoquant la vidange brutale d'environ 200 000 m³ d'eau et de glace. À Saint-Gervais, 2000 m plus bas, la lave torrentielle a déposé un volume de sédiment d'environ 1 million de m³.

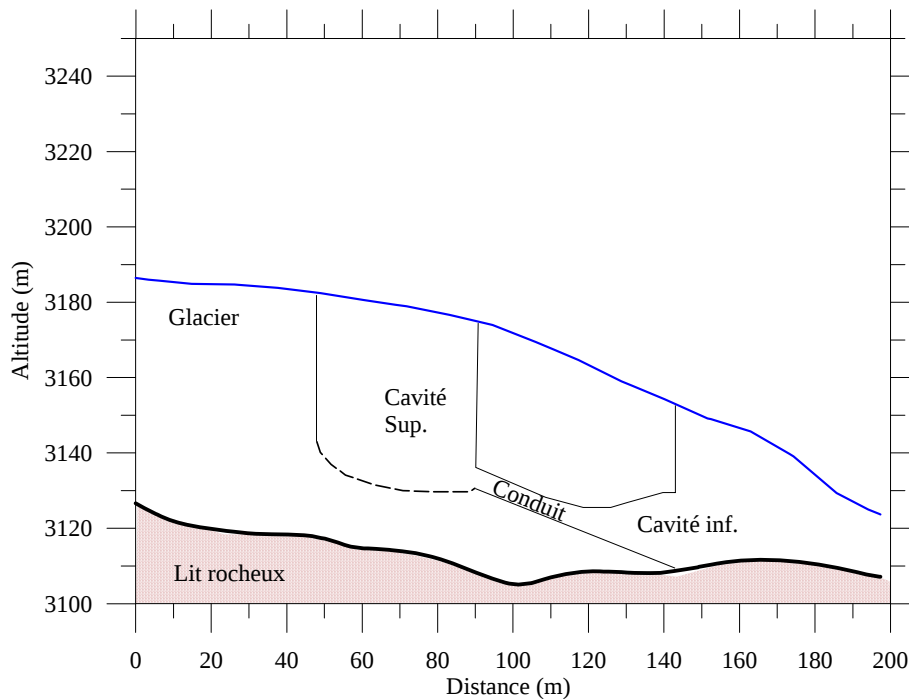


Fig. 2. Coupe longitudinale du glacier de Tête Rousse sur son lit rocheux et représentation schématisée des deux cavités

De nombreuses investigations ont été menées suite à cette catastrophe dans le but de mieux comprendre et de prévenir l'accumulation d'eau à l'intérieur du glacier. Deux galeries de reconnaissance ont été creusées en 1899 et en 1904 par les ingénieurs des Eaux et Forêts (Fig. 3). La première galerie n'a pas été maintenue, son entrée ayant complètement disparu sous des éboulements rocheux. Par contre, la galerie de 1904 a été entretenue chaque année jusqu'à aujourd'hui par le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM).

En janvier 2007, le directeur du service RTM 74 (Nicolas Karr) a demandé au LGGE de conduire une étude sur le glacier, avec pour objectif de répondre à deux questions principales :

- La galerie de 1904 dont l'entretien régulier coûte cher (et dont il fallait refaire le soutènement) présente-t-elle encore une utilité pour prévenir la formation d'une nouvelle poche d'eau ?
- Le glacier de Tête Rousse est-il susceptible de produire une nouvelle vidange catastrophique ?



Fig. 3. Galeries creusées en 1899 et 1904

Entre 2007 et 2008, les scientifiques ont conduit des études glaciologiques combinant des mesures topographiques de la surface du glacier et de son lit rocheux, des mesures de température, ainsi que des mesures de bilan de masse, dans le but de comprendre le fonctionnement du glacier. Ces études ont permis de livrer les conclusions suivantes :

- La galerie de 1904 est probablement inutile pour prévenir de la formation d'une nouvelle poche d'eau en raison de son emplacement par rapport au lit rocheux puisqu'elle débouche trop haut par rapport au talweg, et que la probabilité qu'une poche d'eau se forme à cet endroit est très faible (Fig. 4).

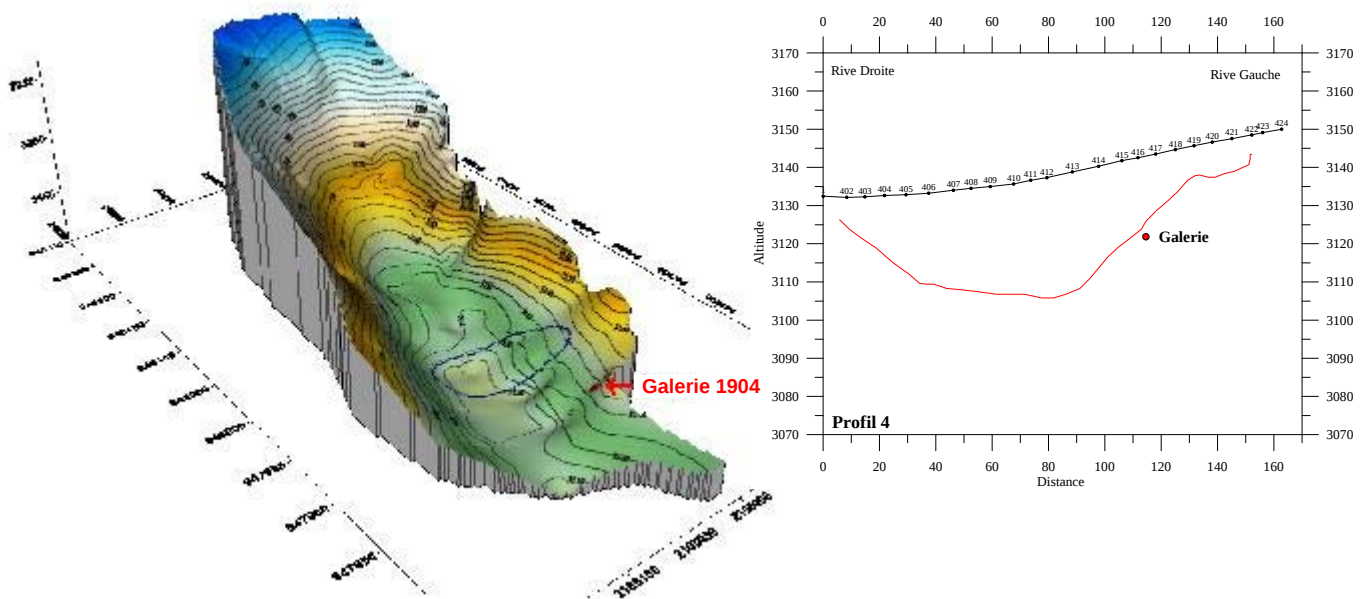


Fig. 4. Emplacement du débouché de la galerie creusée en 1904 sur le lit rocheux

- Sur les images des échos radar effectuées par le LGIT pour imager la topographie du lit rocheux, une zone d'anomalie a été détectée dans la partie médiane du glacier (Fig. 5). Différentes interprétations étaient possible pour expliquer ces nombreuses réflexions radar : (i) débris rocheux insérés dans la glace, (ii) transition entre glace froide et glace tempérée ou, (iii) présence d'eau liquide.

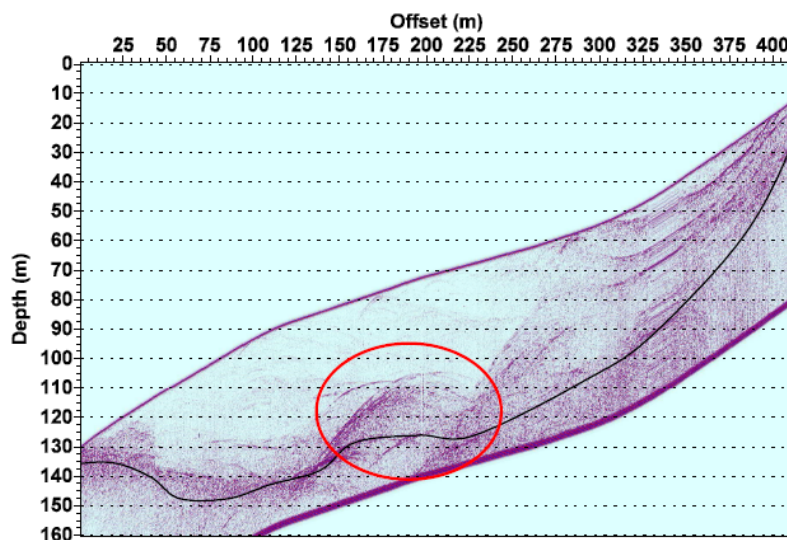


Fig. 5. Profil longitudinal : surface du glacier (trait violet), lit rocheux (trait noir) et échos radar (zones grisées)

Ces résultats ont été présentés au conseil municipal de Saint-Gervais le 4 août 2008. Parmi les recommandations faites par Christian Vincent, l'une consistait à faire réaliser des forages pour élucider cette zone d'anomalie. Mais jusqu'en septembre 2009, les scientifiques ne sont pas parvenus à obtenir de financement pour cette nouvelle étude. Un financement a finalement été trouvé via l'Université Joseph Fourier (pôle Tunes), pour faire une nouvelle prospection géophysique par la méthode de résonance magnétique des protons (RMP) en collaboration avec le LTHE.

Cette méthode permet de quantifier la concentration en eau dans le sous-sol. Elle est habituellement utilisée par les hydrologues pour détecter la présence d'eau dans le sous-sol ; ce cas était pour eux l'occasion de la tester sur un glacier, ce qui avait été très rarement fait auparavant. Le résultat de cette prospection (Fig. 6) a permis de conclure à la présence d'un volume d'eau significatif à l'intérieur du glacier, évalué à 65 000 m³. À partir de ce moment là, « on a commencé à s'inquiéter ».

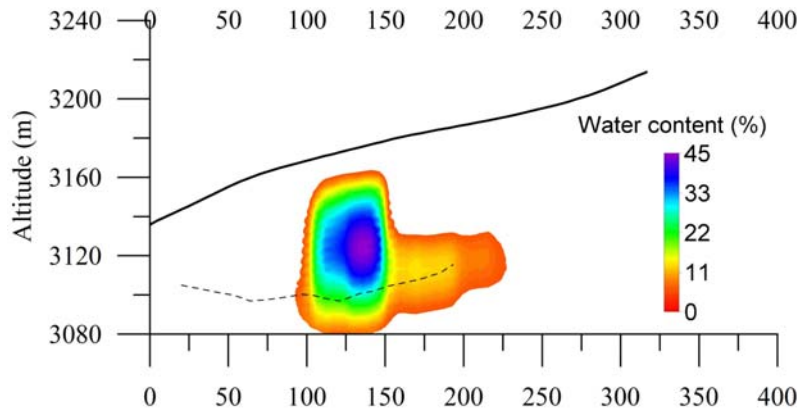


Fig. 6. Concentration en eau dans le glacier (surface en trait noir) d'après la méthode RMP

Ce résultat surprenant et inquiétant a fait l'objet d'un rapport à la préfecture de Haute-Savoie le 4 mars 2010, puis a été présenté lors d'une réunion à la préfecture le 24 mars 2010. Des propositions d'investigations supplémentaires – à effectuer avant août 2010 – ont été faites :

- Campagnes de terrain RMP et radar pour préciser la localisation du volume d'eau liquide. En effet, la méthode RMP n'avait pas permis de connaître la répartition exacte de l'eau ni de savoir s'il y avait une seule ou plusieurs cavités, et de cette information dépendait complètement le risque associé ;
- Réaliser des forages pour vérifier directement la présence d'eau à la base du glacier.

Ces campagnes de terrain ont été effectuées entre mai et juillet 2010. Le glacier a été quadrillé par des mesures radar effectuées selon des profils transversaux et longitudinaux (Fig. 7). Ces mesures ont confirmé la présence de l'anomalie révélant la présence d'eau au centre du glacier (Fig. 8).

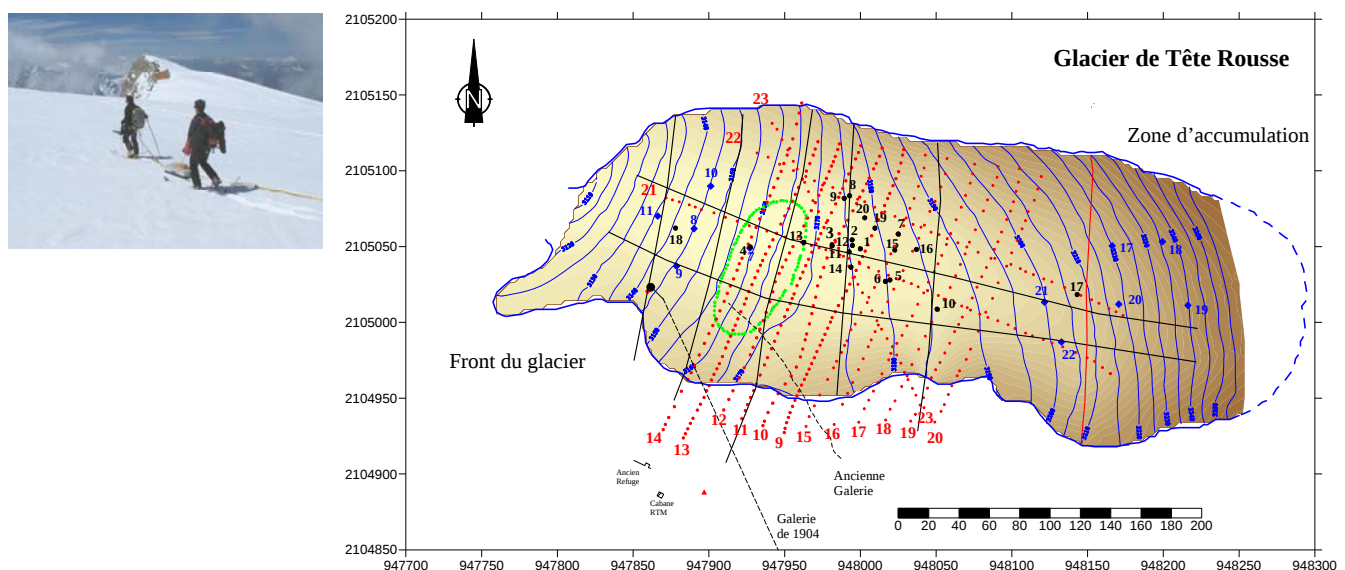


Fig. 7. Localisation des mesures radar de mai 2010 (points rouges) et des cavités observées en 1882 (en vert)

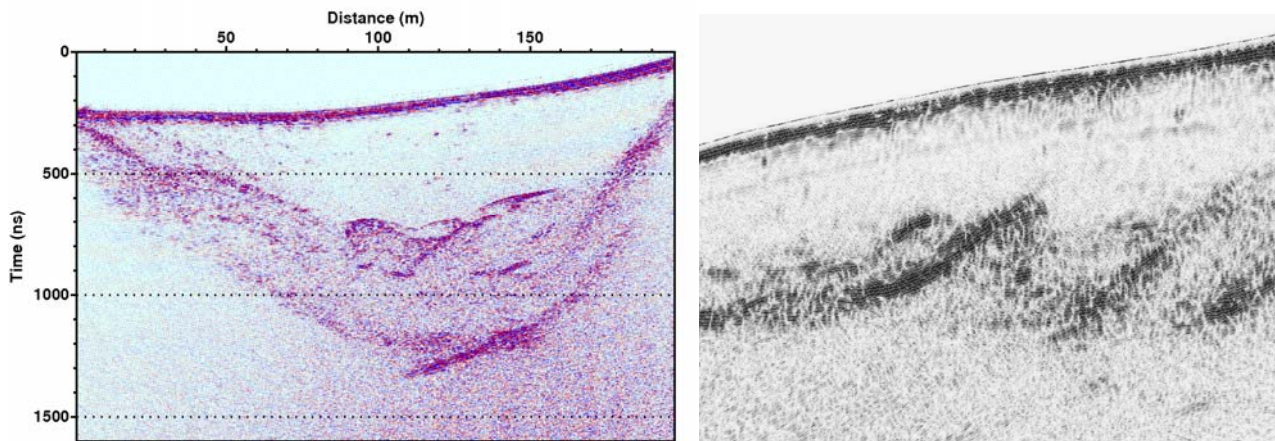


Fig. 8. Anomalies radar mesurées en mai 2010 sur des profils transversal (à gauche) et longitudinal (à droite)

Une vingtaine de forages ont été réalisés par la suite à l'aide d'une machine à forer fonctionnant à l'eau chaude. Cette machine a dû être héliportée en raison de son poids de l'ordre d'une tonne. Ces forages ont permis d'atteindre la profondeur maximale de 76 m (épaisseur de glace observée au centre du glacier). Différents capteurs ont été descendus dans ces forages : une caméra vidéo pour mettre en évidence une éventuelle cavité, des capteurs de pression et des capteurs thermiques pour mesurer la température de la glace.

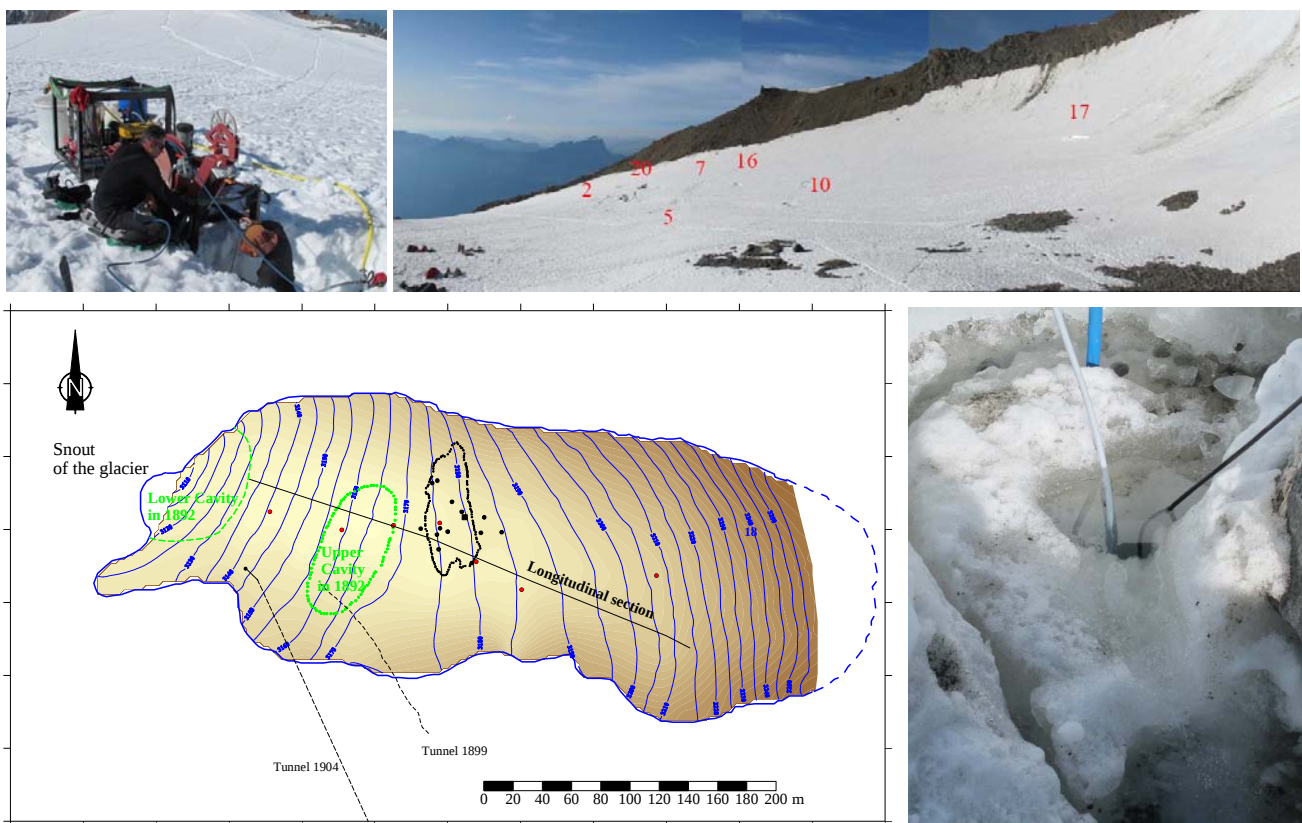


Fig. 9. Forages réalisés entre le 29 juin et le 8 juillet 2010 (points noirs sur la carte), cavités observées en 1882 (en vert) et nouvelle cavité détectée (trait noir)

Une nouvelle cavité a été détectée (cartographiée sur la Fig. 9). De l'eau a été trouvée dans 6 des forages [cf. vidéo montrée pendant la conférence]. La hauteur de la cavité au-dessus du lit rocheux a été mesurée dans chacun de ces forages (Fig. 10). Cette eau refoulait en surface sur certains des forages, indiquant une pression importante, supérieure au poids de la colonne de glace, ce qui montrait qu'on était dans une situation à risque et qu'on pouvait s'attendre à une vidange brutale.

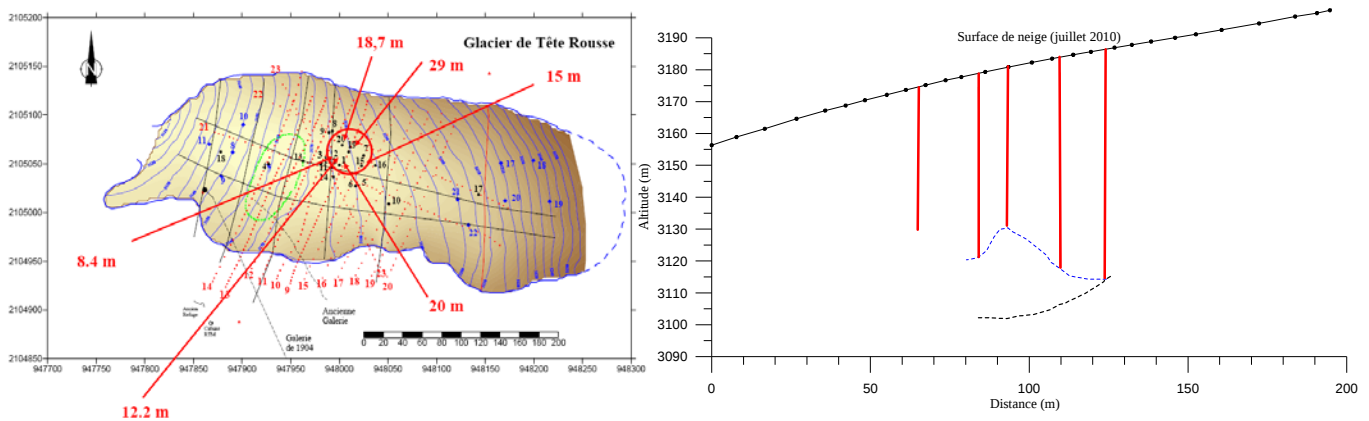


Fig. 10. Hauteurs de la cavité mesurée dans les forages au-dessus de la cavité détectée en juillet 2010

Ces nouveaux résultats ont été immédiatement consignés dans un rapport remis à la préfecture puis présentés aux autorités publiques le 13 juillet 2010. Sur proposition des scientifiques, il a alors été décidé de vidanger la cavité aussi vite possible. Cette décision a été motivée par la présence de 3000 personnes menacées dans la vallée en contrebas.

La cavité a été drainée entre août et octobre 2010 (Fig. 11). Pendant ces travaux [cf. *présentation du RTM*, p. 16], un système d'alerte a été mis en place pour permettre d'alerter la population des villages situés en aval en cas de vidange brutale de la cavité [cf. *présentation du SIDPC*, p. 42].



Fig. 11. Travaux de vidange de la poche d'eau du glacier de Tête Rousse pendant l'été 2010

Les scientifiques sont intervenus à nouveau en septembre 2010 pour répondre à la question d'un possible risque d'effondrement de la cavité pendant les travaux de vidange en raison de la diminution de la pression d'eau et lorsque la cavité serait complètement vidée. « À ce moment là on a dû faire une étude un petit peu en urgence... ».

Des mesures sonar ont été réalisées par une entreprise privée le 1^{er} septembre pour mesurer la géométrie de la cavité, à laquelle le risque d'effondrement était totalement lié. L'image 3D qui en résulte (Fig. 26, p. 24) montre que la cavité présentait une hauteur de l'ordre de 30 m et une forme convexe, en amphithéâtre, « pas du tout sympathique au niveau mécanique... ».

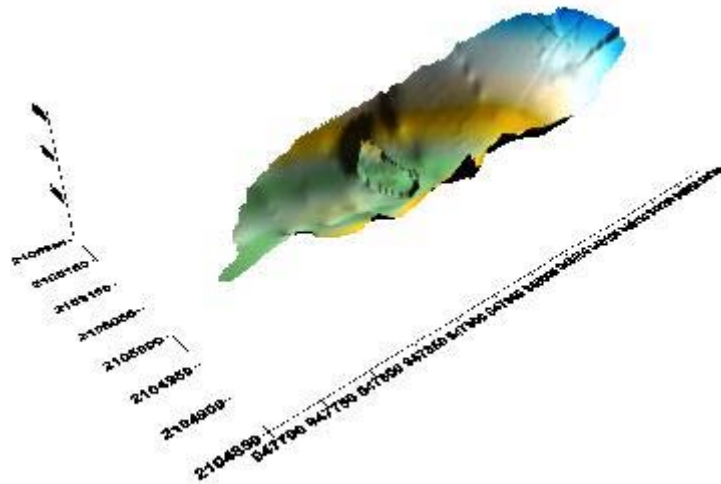


Fig. 12. Image 3D de la géométrie de la cavité obtenue par mesures sonar par rapport à celle du lit rocheux

À partir de cette géométrie (Fig. 12), les collègues mécaniciens du LGGE ont utilisé un modèle d'écoulement glaciaire qui permet de calculer les contraintes mécaniques dans la glace pour analyser la résistance de la voûte avec une cavité vide. Le résultat de cette modélisation montrait des contraintes de traction très proches de la valeur de la résistance mécanique de la glace. On se trouvait donc dans une situation préoccupante.

Cette étude a été menée en quelques jours, « c'était la grosse difficulté, puisqu'on a dû arrêter les travaux de pompage le temps de faire les mesures sonar et cette étude mécanique, avant de reprendre les travaux ».

La conclusion de cette étude était 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 non nul. ». Ces résultats ont été exposés lors d’une réunion à la mairie de Saint-Gervais le 8 septembre. Plusieurs mesures de précaution supplémentaires ont alors été prises, notamment concernant le système d’alerte, mais aussi sur le glacier où il a été décidé :

- de mesurer le mouvement d'affaissement de la surface du glacier, qui constituait un indice sur le risque d'effondrement. En effet, il avait été calculé que les vitesses verticales d'affaissement dues à la vidange de la cavité ne devaient pas dépasser 1,6 cm/jour, valeur limite à partir de laquelle il faudrait commencer à s'inquiéter. Des mesures supplémentaires de topographie de surface ont donc été mises en place pour mesurer l'affaissement du glacier de façon très fine (cf. Fig. 25) ;
- d'observer visuellement ce qui se passait à la surface pour repérer des fissurations.

- d'observer visuellement ce qui se passait à la surface pour repérer des fissurations.



Les travaux de vidange se sont terminés mi-octobre 2010. Suite à la vidange, des personnes sont descendues dans un trou de forage et ont fait des photographies qui ont confirmé l'importance de la cavité (Fig.13).

Fig. 13. Descente dans la cavité suite à la vidange (cliché : Pascal Tournaire)

Le danger a été écarté, mais momentanément, et pour le futur plusieurs questions se posent aux scientifiques mais aussi aux responsables de la gestion opérationnelle du risque, parmi lesquelles :

- Quelle est la cause de l'accumulation d'eau à l'intérieur du glacier ?
- Est-ce que la poche d'eau intraglacière va se former à nouveau ?

Les scientifiques peinent pour l'instant à répondre à toutes les questions qui se posent sur ce glacier et sur la formation de cette poche d'eau, excepté pour la première question : dans plusieurs des forages ont été installés des capteurs de température, tous les 5 à 10 m de profondeur, qui se sont montrés extrêmement utiles pour l'interprétation du régime thermique du glacier de Tête Rousse (Fig. 14) : les températures mesurées au front du glacier sont inférieures à -2°C (glace froide), alors qu'elles sont proches de 0°C au niveau de la cavité dans la partie médiane du glacier (glace tempérée) ; elles montrent également des conditions proches de la glace tempérée dans la partie supérieure du glacier.

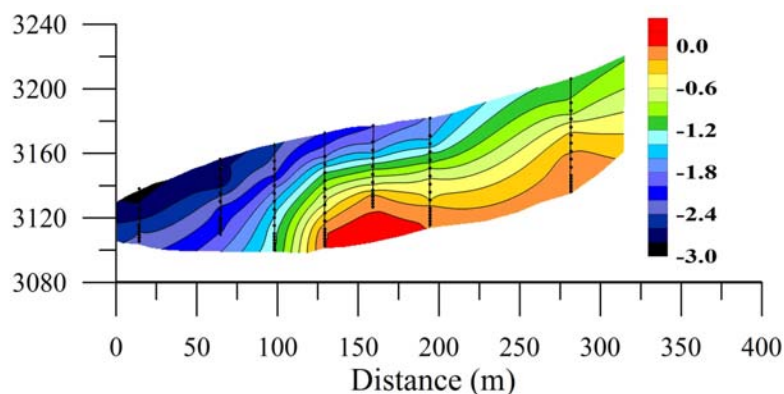


Fig. 14. Coupe longitudinale du glacier et échelle des températures de la glace

Ces observations permettent de donner une explication de la rétention de l'eau au milieu du glacier. L'eau de fonte en provenance de la surface s'infiltre dans le névé, puis dans la glace à l'amont du glacier, où celui-ci est proche des conditions tempérées. L'eau circule ensuite vers l'aval à la surface du lit rocheux dans la partie médiane du glacier, constituée de glace tempérée, et se retrouve ensuite piégée à l'arrière de la glace froide dans la partie aval du glacier, la glace froide ayant la particularité de ne pas laisser passer l'eau liquide du fait de son adhérence au lit rocheux.

La question suivante est de comprendre pourquoi le glacier présente un tel régime thermique [*cette question est abordée dans la discussion qui suit*].

Conclusions :

- La détection de cette cavité sous-glaciaire remplie d'eau constitue une première mondiale dans un glacier de montagne (il existe des cas en Antarctique où l'on a détecté des « lacs » sous-glaciaires immenses avec des méthodes de prospection sismique).
- L'accumulation de l'eau est ici d'origine thermique.
- Le rythme d'accumulation d'eau reste inconnu (c'est l'objet du prochain programme de recherche, en cours de mise en place).
- De nombreuses questions restent sans réponse et beaucoup de travail reste à faire pour y répondre.

Questions générales sur « les bonnes pratiques » correspondant à l'objectif de cette réunion :

- Une des difficultés rencontrées dans ce type de problèmes (autres cas de glaciers qui ont présentés des risques de vidange brutale : Arsine, Rochemelon) est qu'il faut réagir souvent dans l'urgence.
- Une autre difficulté pour les scientifiques, qui ont d'autres activités de recherche au sein de leur laboratoire, est de réunir différentes compétences scientifiques et d'avoir au bon moment les bons équipements (ici il a fallu mettre en place des instrumentations assez lourdes) ainsi que les personnes (disponibilités...).

- Face à un problème de risque glaciaire de ce type, qui est un phénomène rare, il est fondamental de **continuer à conduire des travaux de recherche en parallèle**. Ces recherches peuvent paraître aux gestionnaires du risque comme de la « recherche fondamentale », alors qu'il s'agit en fait de travaux de recherche pour le moyen terme. Les mesures de température sur le glacier de Tête Rousse constituent un bon exemple: quand notre équipe a équipé de capteurs de température des forages disposés sur un profil en long, cela a pu apparaître comme de la « recherche fondamentale », mais c'est bien ce qui a permis de comprendre l'origine de la rétention de l'eau, et qui va permettre, à moyen terme, de répondre à différentes questions, afin de trouver des solutions à plus long terme pour gérer ce risque.

Discussion

Pierre Ostian (journaliste, médiateur) : Vous avez souligné la nécessité de travailler à plusieurs, avec des équipes qui utilisent des méthodes différentes. Par exemple la méthode de Résonance Magnétique des Protons (RMP) qui avait été éprouvée dans d'autres circonstances a été utilisée pour la première fois en montagne. C'est donc un progrès dans vos investigations scientifiques sur les glaciers ?

Stéphane Garambois (LGIT, désormais ISTerre) : Oui, pour mes collègues qui ont utilisé la méthode RMP c'était une première. Il n'y a pas eu beaucoup d'études sur des glaciers avec cette méthode jusqu'à présent, et peu d'entre elles ont détecté de l'eau. Dans cette étude sur le glacier de Tête Rousse, ils ont été amenés à développer un modèle d'inversion 3D, un peu dans l'urgence là aussi, en 2 ou 3 mois. Il y a donc eu des progrès fondamentaux. Ce type de recherches finalisées permet donc aussi de nous faire progresser dans nos méthodes d'investigation, qui pourront être appliquées à d'autres problématiques par la suite, notamment hydrologiques.

P. Ostian : Malgré l'urgence, vous avez donc réussi à faire des investigations très originales ? Vous disiez que le principe de fonctionnement de votre laboratoire ne vous permet pas de vous libérer lorsqu'il y a une urgence comme celle-là.

S. Garambois : Oui, contrairement à Christian Vincent qui est vraiment un spécialiste des glaciers, c'est un objet assez marginal pour notre laboratoire, qui travaille essentiellement sur les risques sismiques et gravitaires ; dégager du temps pour travailler sur des sujets un peu marginaux n'est pas toujours simple. D'autre part, nous travaillons également sur d'autres projets de recherche, dont certaines missions sont prévues 1 ou 2 ans à l'avance ; nous avons des chantiers dans différents endroits du monde, et il est vrai que c'est un problème de se libérer lorsqu'on a déjà plusieurs études en cours. Je n'étais pour ma part pas toujours disponible.

P. Ostian : Effectivement, c'est une charge de travail supplémentaire qui n'était pas prévue. Une des voies d'amélioration serait donc peut-être de prévoir de mettre à disposition plus facilement un certain nombre de spécialistes. C'est le moment pour le public de poser des questions...

Question : Pouvez-vous expliquer pourquoi on observe une telle répartition entre les parties « froides » et « chaudes » du glacier ?

C. Vincent : Nous sommes en train de travailler là-dessus en faisant des simulations numériques pour essayer de comprendre exactement le phénomène. Les résultats préliminaires de cette étude montrent que cette répartition est liée à la distribution de l'accumulation de neige sur le glacier. Sur la partie haute du glacier, l'accumulation est importante (du fait des avalanches, etc.) ; le névé y est permanent et beaucoup plus épais qu'en contrebas où la couche de névé disparaît en été et laisse la glace affleurer (ces dernières années cependant, il n'y avait quasiment plus de névé même sur la partie amont). L'explication de l'existence d'une zone tempérée en amont du glacier et d'une zone froide dans sa partie aval est donc la suivante : Dans la zone amont, où le névé persiste toute l'année, de l'eau de

fonte percole pendant le printemps et l'été et s'infiltre dans le névé, puis vient re-geler en profondeur. Le regel de cette eau apporte de la chaleur latente, qui a tendance à réchauffer le névé. Dans les parties aval du glacier, le même phénomène se produit au printemps et en début d'été, jusqu'au moment où il n'y a plus de neige sur le glacier - typiquement au mois de juillet ; ensuite les transferts thermiques se font uniquement dans la glace, par conduction, et sont donc très peu efficaces, la conduction dans la glace étant très faible. La glace de la partie aval reste donc froide tandis la partie amont du glacier est dans des conditions tempérées, ou presque tempérées, grâce à cet effet d'apport de chaleur latente liée au regel.

Cette hypothèse avait déjà été avancée, et les simulations numériques tendent à la confirmer.

Question : Est-ce que qu'on peut retrouver ce cas de figure sur d'autres glaciers ?

C. Vincent : Oui, par exemple, dans le cas du lac de Rochemelon, c'est de la glace froide qui était à l'origine de la retenue de l'eau, en l'absence d'écoulement sous-glaciaire. On peut sans doute retrouver ce type de régime sur d'autres glaciers, mais il faut une configuration spéciale, remplissant certains critères pour que la langue du glacier soit froide, tels que la distribution de l'accumulation de neige et la gamme d'altitudes.

François Gillet (ancien directeur du PARN) : Pour expliquer la provenance de l'eau, tu as parlé uniquement de l'infiltration de l'eau de fonte dans la partie supérieure du glacier, relativement tempérée. Cependant, le versant de l'Aiguille du Goûter qui surplombe le glacier présente une vaste surface et reçoit des quantités très importantes de neige et parfois de pluie. Une part non négligeable et peut-être même l'essentiel de l'eau provient donc probablement du bassin versant amont, et ne se limite pas à la seule zone d'infiltration en partie supérieure du glacier, qui présente tout de même des températures légèrement négatives, et sur laquelle on peut penser que l'eau s'écoule plutôt en surface ; d'ailleurs il n'y a pas de crevasses sur ce glacier et c'est un élément d'appréciation très important.

C. Vincent : Oui, je suis complètement d'accord. Quand je parlais de l'eau de fonte de surface, j'incluais l'eau qui provient du bassin versant, qu'il ne faut absolument pas négliger, et qui fera l'objet de la prochaine étude. La question que l'on se pose actuellement est de savoir si l'eau s'infiltre dans la glace ou dans une rimaye ou encore à l'interface entre le rocher et la glace à l'amont, voire sur les bords du glacier. C'est un élément important car il conditionne la quantité d'eau qui peut arriver chaque année.

Vincent Boudières (PARN) : Une question pour Stéphane Garambois. Dans le cas de Tête Rousse on est dans une gestion intégrée du risque, à la fois scientifique et opérationnelle. Sur cette expérience là, quelles sont les pistes qui vous semblent capitalisables pour la suite, pour ré intervenir sur un problème similaire, c'est-à-dire un problème avec un caractère d'urgence, une temporalité courte et de grosses incertitudes scientifiques ? Comment les scientifiques peuvent-ils dégager des pistes pour intervenir plus efficacement auprès des services opérationnels, sur des risques d'origine glaciaire comme sur les autres types de risques avec ce genre de caractéristiques ?

S. Garambois : Il y a deux aspects.

Tout d'abord nous avons développé des méthodes en cours de crise. Pourtant, je n'ai pas eu le temps de développer des investigations radar en trois dimensions (alors que c'est un objet « très 3D »), qui auraient sans doute permis de faire un diagnostic de la présence d'eau plus rapidement. Il y a donc une recherche en amont à faire sur plusieurs problématiques un peu spécifiques, ça c'est notre rôle, donc il faut mettre des moyens là-dessus, y compris de notre part.

D'autre part, entre le moment où nous avons détecté une anomalie au centre du glacier, à environ 40 m de profondeur, où nous avons mis en évidence la présence d'un objet hétérogène qui nous paraissait être de l'eau - ou des débris, ou des crevasses, on ne savait pas trop -, début 2008, et le moment où nous avons pu convaincre les pouvoirs publics qu'il y avait un risque avéré et qu'il fallait intervenir, il s'est écoulé à peu près 2 ans : sans doute aurait-on pu gagner du temps, si on avait su à qui s'adresser

pour avoir des moyens d'investigation supplémentaires pour réaliser, par exemple, des forages, qui n'ont pas pu être financés à cette époque. Nous avons tardivement obtenu un projet par l'intermédiaire de l'université, avec des délais longs liés au mode de dépôt du projet (acceptation, mise en place, etc.). Sur ce point je crois qu'il y a un effort à faire : comment se donner les moyens de travailler sur un risque potentiel mais non certain ? (notion d'incertitude) ; à qui s'adresser pour avoir des financements complémentaires pour évaluer si oui ou non le risque est avéré ? Il s'agit d'une des difficultés majeures que nous avons rencontrées...

P. Ostian : ...et c'est une vraie question à se poser aujourd'hui. Cela rejoint ce que disait Christian Vincent...

C. Vincent : Oui ça va dans le même sens et c'est un problème... Tant qu'on n'est pas sûr que l'aléa soit avéré, on ne peut pas être alarmiste (ex. lors du Conseil Municipal du 4 août 2008 au sujet du risque de vidange brutale d'une poche d'eau potentielle dans laquelle on ne savait même pas s'il y avait de l'eau ...). Et là, toute la difficulté réside dans le constat que tant qu'on n'est pas alarmiste, il ne se passe rien ! Ce n'est pas du tout une critique vis-à-vis des élus ou des gestionnaires opérationnels du risque, au contraire... C'est tout à leur honneur, dans le but de ne pas gaspiller l'argent du contribuable. Pourtant cette expérience pointe un **maillon manquant**, qui fait qu'on n'a pas la possibilité de faire les investigations nécessaires (exemple des financements manquant pour réaliser les forages en 2008). Puis nous sommes aussi impliqués dans d'autres programmes de recherche. Nous n'avons pas laissé tomber ce problème-là, puisque les investigations se sont poursuivies en 2009, mais il aurait peut-être dû rester une priorité, ce qui n'a pas été le cas pour des raisons de financements.

F. Gillet : Dans le prolongement de ce qui vient de se dire, en ce qui concerne le glacier de Tête Rousse, les conditions d'aujourd'hui diffèrent complètement de celles de 1892, puisqu'à cette époque le glacier était un glacier dit tempéré, donc à une température proche de 0°C. Aujourd'hui les conditions sont tout à fait nouvelles, probablement assez liées à l'évolution climatique actuelle ; on peut donc penser qu'il existe d'autres glaciers qui risquent de se retrouver dans des conditions assez voisines de celles du glacier de Tête Rousse. Or identifier des poches à l'intérieures des glaciers n'est vraiment pas une chose facile. La question qui se pose est la suivante : est-ce que les méthodes qui ont été développées à l'occasion de la crise du glacier de Tête Rousse sont généralisables pour voir s'il y a des risques ou pas à certains endroits ?

S. Garambois : En fait le glacier de Tête Rousse est un objet qui est vraiment tridimensionnel au niveau de la poche d'eau, mais en dehors de cela il s'agit d'un glacier homogène, sans crevasses : on peut utiliser des techniques radar car il y a peu de diffraction et de problèmes de ce type, l'hétérogénéité est donc assez visible.

Sur des glaciers plus crevassés (ex. : Mer de Glace, Argentière...), le milieu est beaucoup plus hétérogène, ce qui rend l'interprétation des investigations radar problématique. Il faudrait donc passer aux méthodes sismiques, qui sont des méthodes lourdes et ne permettent donc pas une couverture spatiale aussi importante qu'avec des méthodes plus légères.

C. Vincent : Le problème est le même pour la RMP, pour laquelle l'instrumentation est vraiment lourde. Sur Tête Rousse chaque campagne a représenté 10 jours de terrain, pour un glacier qui est tout petit... De plus on ne peut pas imaginer de faire de la RMP par des moyens hélicoptés ou aéroportés. Pour le radar, cela pourrait être envisagé (une campagne radar vient d'être faite sur le glacier de Tacconnaz), mais l'interprétation est extrêmement délicate quand le glacier est trop crevassés, comme l'a précisé S. Garambois il est très difficile de distinguer une poche d'eau d'une crevasse...

Didier Richard (Cemagref) : Au sujet de cette discussion et de la question posée par François Gillet, un point peut être souligné dans la perspective du débat de cet après-midi. Les difficultés que vous soulevez à intervenir sur des pas de temps à la fois courts et longs (c'est-à-dire longs par rapport au fait de pouvoir être suffisamment alarmistes pour que les décisions puissent être prises, mais courts

parce qu'ensuite le temps est compté pour mener les investigations) renvoient à la question de l'anticipation. Et la difficulté qu'on rencontre avec l'anticipation est que les moyens lourds qui ont été mobilisés dans ce cas particulier ne sont a priori pas généralisables sur la totalité des systèmes glaciaires – et périglaciaires. Peut-être qu'une piste de réflexion pourrait être, à partir de critères beaucoup plus grossiers donc plus facilement accessibles, d'arriver à pré-cibler des systèmes glaciaires ou périglaciaires, qui à défaut de nécessiter ou de justifier immédiatement des investigations lourdes pourraient justifier une vigilance légèrement accrue. Maintenant, il reste à évaluer la faisabilité d'une telle démarche. *[Cette question est renvoyée au débat de l'après-midi].*

P. Ostian : Vous avez dit « nous avons été surpris de découvrir la présence d'eau dans ce glacier ». Certes comme l'a dit François Gillet, la nature du glacier de Tête Rousse a évolué en 120 ans. Malgré tout, cela pose le problème de la mémoire, parce qu'en 1892 c'est tout de même une poche d'eau qui a explosé dans le glacier... Donc je ne comprends pas votre surprise. Est-ce que vous avez perdu la mémoire de 1892 ? Vous n'imaginiez pas qu'une poche d'eau puisse se reformer ?

C. Vincent : Non ! Puisque l'étude a été faite suite à la question du RTM de savoir si la galerie qui avait été creusée après la catastrophe de 1892 était encore utile. En fait il y a eu plusieurs surprises. D'abord l'épaisseur du glacier révélée par les mesures radar : 75 m d'épaisseur, pour un glacier qui fait 200 m de large. À vrai dire je n'aurais jamais pensé qu'il était si épais. Les mesures de température aussi nous ont surpris. En 2008, nous avons fait des forages peu profonds, à 12 m, pour installer des capteurs de température. C'était un peu « pour voir », ça ne coûtait pas cher. Pour ma part, j'aurais dit que c'était un glacier tempéré. Mais non, c'était un glacier froid ! La troisième surprise était cette zone d'anomalie radar. A priori on ne pensait pas qu'il y avait de l'eau dans ce glacier. Si on avait pu le penser, on aurait fait des études bien avant ! Une autre surprise était que ce glacier avait perdu peu d'épaisseur : 15 m depuis 1904, alors que dans le même temps la Mer de Glace au refuge du Montenvers a perdu 150 m d'épaisseur ! Pourtant, les archives RTM des années 1950 indiquaient que le glacier avait perdu la moitié de son épaisseur... Le glacier de Tête Rousse est donc encore épais, alors qu'on pensait que c'était un glacier en voie de disparition. Nous n'imaginions donc pas du tout qu'une poche d'eau puisse se reformer.

Un participant (Mairie de Bourg-Saint-Maurice) : Aujourd'hui la poche d'eau a été vidée. J' imagine qu'elle va se remplir à nouveau. Qu'avez-vous mis en place pour suivre le phénomène ? Des capteurs sont-ils restés au fond ?

C. Vincent : Effectivement, la cavité se remplit à nouveau : nous mesurons le niveau d'eau à l'intérieur, et il monte. Ça ne représente pas des volumes importants pour l'instant. Néanmoins c'est une préoccupation et nous sommes en train de mettre en place un programme d'étude (de recherche appliquée) pour répondre aux questions suivantes : à quelle vitesse se remplit la cavité ? Faudra-t-il vidanger dans le futur ? D'où vient l'eau ? etc. *[cf. discussion de l'après-midi, p. 51]*

Théodule Alex (Fondation Montagne Sûre, Vallée d'Aoste) : Lors de cet événement-là, la poche d'eau s'est formée à l'interface entre le rocher et le glacier. Lors de l'événement de 1892, la poche d'eau se trouvait à l'intérieur du glacier et ne touchait pas le lit rocheux. Est-ce que cela dépend exclusivement du régime thermique ? Est-ce qu'il y a une explication logique ?

C. Vincent : Oui, nous avons une explication, je ne sais pas si c'est la bonne mais c'est une hypothèse. Effectivement en 1892, la cavité n'était pas en contact avec le lit rocheux (cf. Fig. 2). On en est à peu près sûr grâce aux mesures des Eaux et Forêts sur cette cavité et sur le conduit intraglacière ; on connaît bien leur géométrie. La question est de savoir si les causes sont les mêmes aujourd'hui qu'en 1892, et nous pensons que non. Pour nous la cavité qui s'est rompue en 1892 s'est formée en raison de la présence d'un lac supraglacière qui se serait formé entre ~1860 et 1874. Une étude approfondie a

été faite à ce sujet³ et plusieurs indices montrent que ce lac se serait agrandi et approfondi pendant cette période, durant laquelle la fonte était importante et l'accumulation faible. À partir de 1874 jusqu'en 1892, il y a eu une période avec des bilans de masse positifs : le lac était recouvert chaque hiver d'une pellicule de glace et de neige, et le manteau neigeux de l'hiver ne fondait pas complètement pendant l'été, donc l'accumulation prédominait, d'où la formation d'une voûte sur ce lac, qui faisait dès lors penser à une cavité intraglaciaire, alors qu'à l'origine c'était un lac supraglaciaire. Ensuite, il y a eu formation du conduit intraglaciaire (cf. Fig. 2), dont les mécanismes de formation restent très obscurs, puis formation de la cavité inférieure, et ensuite deux scénarios possibles pour expliquer la vidange rapide : soit (1) une rupture de la cavité d'origine mécanique du fait de la pression de l'eau sur le bouchon de glace, soit (2) la langue du glacier était froide, comme aujourd'hui, puis s'est réchauffé, et l'eau a pu s'infiltrer et soulever le glacier. Les deux hypothèses expliquent que le drainage se soit produit subitement.

F. Gillet : La question est de savoir quel est le risque réel de rupture du glacier s'il y a une poche telle qu'elle est figurée sur le profil longitudinal des températures de la glace (cf. Fig. 14) ? Le risque dépend de la pression et donc de la hauteur d'eau dans la cavité. Vous avez fait des recherches en glaciologie très intéressantes en matière de résistance mécanique de la glace sur l'effondrement de la voûte. Avez-vous cherché à calculer la capacité de résistance du barrage constitué par la partie du glacier qui retient l'eau, qui se trouve à température négative, et qui probablement ne présente pas de risque de rupture jusqu'à un certain niveau d'eau ?

C. Vincent : Non, pas jusqu'à maintenant puisque nous avons réagi dans l'urgence -et je pense que nous avons de bonnes raisons de le faire. Lorsqu'il y a une rupture de lac emprisonné dans un glacier, en général des lacs supraglaciaires (type Rochemelon), la rupture survient quand la pression d'eau atteint le poids de la colonne de glace. A ce moment là il peut y avoir soulèvement du glacier. Dans la bibliographie, les phénomènes de ce type sont rares, heureusement, mais tous montrent que lorsque le niveau d'eau atteint la surface de la glace on peut avoir une rupture ; parfois la rupture se produit avant que la pression d'eau atteigne le poids de la colonne de glace. Dans notre cas ce stade-là était dépassé puisque l'eau refoulait. Donc on n'avait plus le choix ! Néanmoins la question reste pertinente : il reste à faire de la simulation mécanique. Ceci dit, même si le modèle mécanique indiquait qu'il n'y a pas de danger, je pense que la décision aurait été identique

J.M. Vengeon : Merci à tous pour ces discussions. Je suis étonné également par la question de la mémoire, entre un événement qui a plus d'un siècle et la réactivation d'études juste à temps pour intervenir et éviter une nouvelle catastrophe. On a vu que ces études ont été réalisées en raison de l'obligation d'entretien d'un ouvrage, qui a permis de se poser des questions, etc., Or il n'y a pas de tels ouvrages partout, ce qui pose la question suivante en vue du débat de cet après-midi : « comment faire pour maintenir la mémoire des événements et finalement se poser les bonnes questions au bon moment ? ».

³ Vincent C., S. Garambois, E. Thibert, E. Lefebvre, E. Le Meur and D. Six. 2010. Origin of the outburst flood from Tête Rousse glacier in 1892 (Mont-Blanc area, France). *Journal of Glaciology*, 56, 198, 688-698.

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 m³ 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^{ème} 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 hélicoptère, 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'hélicoptère 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 avions 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 avions 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 m³/h et 80 m³/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.

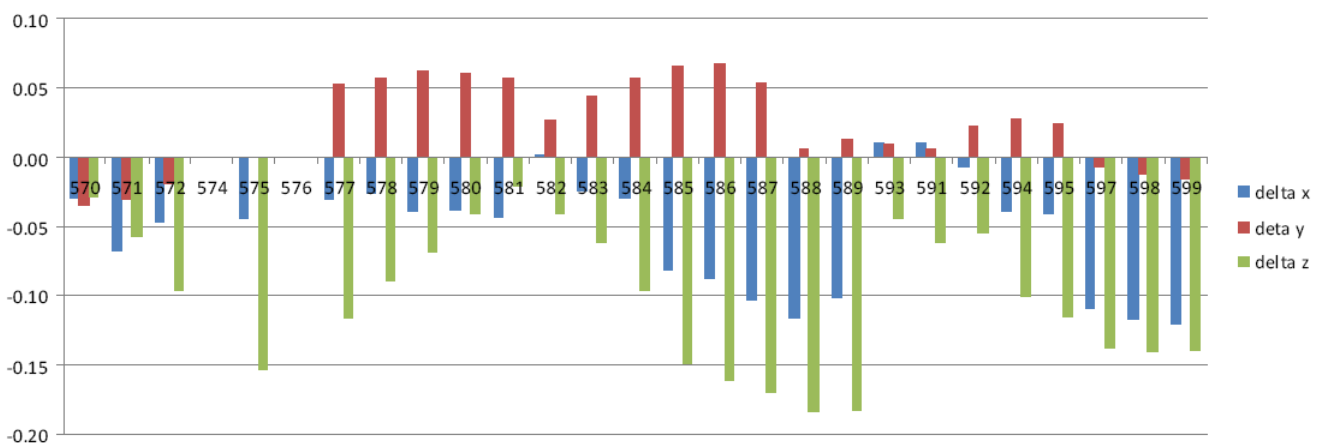


Fig. 25. Déplacement des balises à la surface du glacier entre le 14/09 et le 06/10/2010

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.

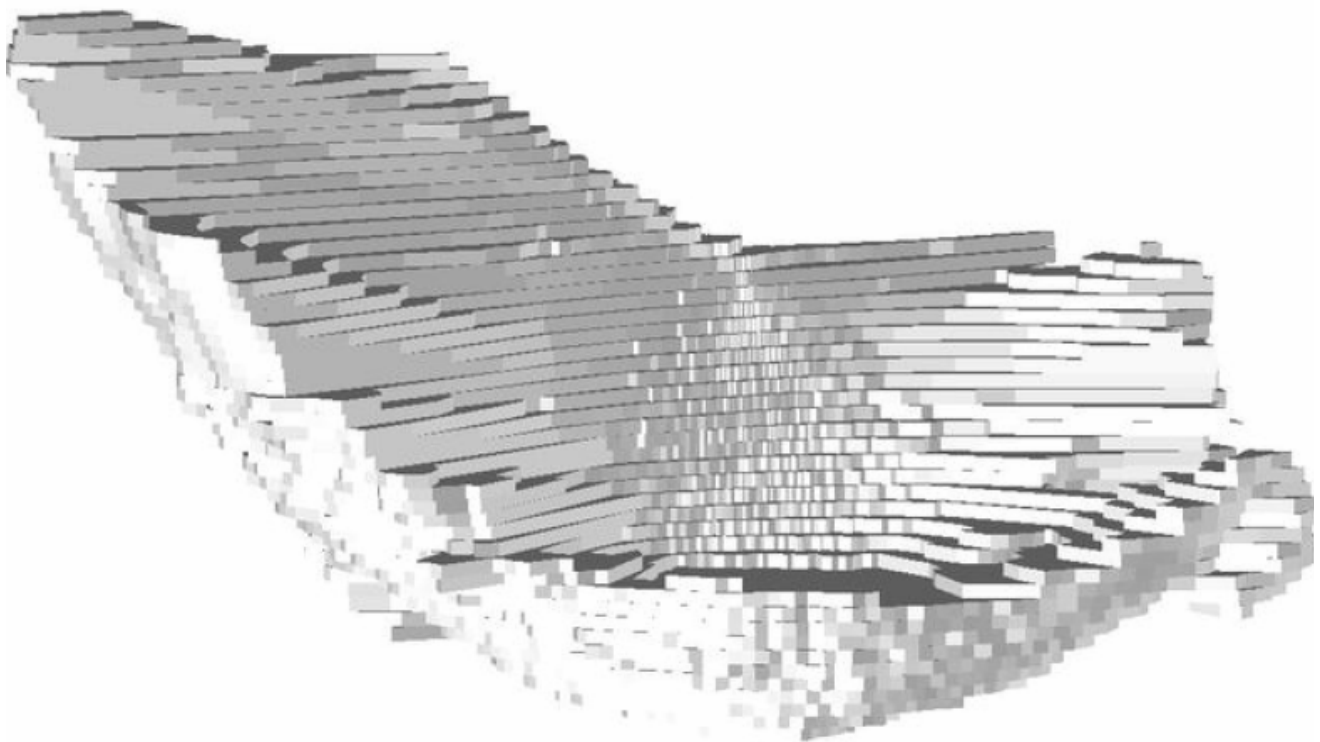


Fig. 26. Image 3D de la cavité obtenue par mesure sonar

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 m³/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...

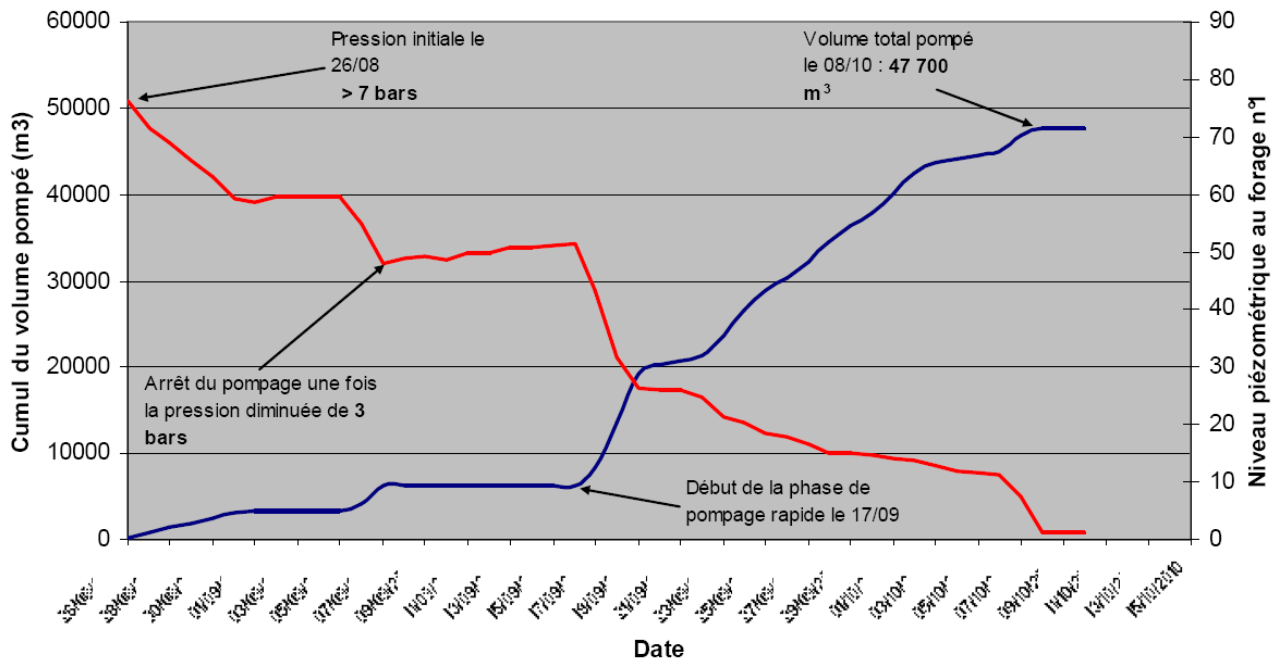


Fig. 27. Suivi des volumes pompés et du niveau piézométrique

Au final, le volume total pompé a été de 47 700 m³ 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'élu 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.

3. Plan de sauvegarde des populations (L. Lenoble, P. Chappet et D. Puyeo)

Introduction (L. Lenoble, SIDPC 74)

La boucle se boucle aujourd'hui avec un retour à Grenoble un peu plus d'un an après la première rencontre avec les scientifiques suite à l'avertissement donné par N. Karr, chef du RTM 74 à ce moment (fin mars 2010). C. Vincent, A. Letchengko, S. Garambois ont alors expliqué la problématique soulevée par les résultats de leurs investigations [*cf. présentation de C. Vincent*]. Le soir même le préfet était prévenu d'un problème « certainement sérieux », qui nécessitait une étude complémentaire. Les responsables du département et le maire de la commune ont alors été convoqués à une réunion fin mars, qui a été le point de départ du dossier de sauvegarde.

Cette première réunion a permis de définir les grandes actions à mettre en place en attendant les résultats des études complémentaires prévus pour début juillet. Ces trois mois d'attente ont été occupés à mettre en place

- le plan budgétaire : contact avec les collègues de la DREAL et du MEDDTL ;
- le plan de communication ;
- le cahier des charges des travaux de purge (RTM chef de file) ;
- les aspects de sauvegarde avec le maire accompagné du service de Protection Civile.

La présentation du plan de sauvegarde des populations se fait à trois voix, pour symboliser la mutualisation des acteurs qui sont intervenus sur le terrain et la coordination qui a été une des clés de réussite sur ce dossier.

1. Stratégie générale pour la sauvegarde de la population (Colonel CHAPPET – SDIS 74)

- a) Détermination de l'emprise de la lave torrentielle, de son temps de parcours et estimation de la population impactée
- b) Dispositif d'évacuation de la population et définition des points de rassemblement
- c) Sensibilisation de la population
 - Actions d'information locales
 - Communication – médias

2. Dispositif d'alerte : détection de la lave torrentielle, installation des sirènes et choix du son (Laurent LENOBLE – SIDPC 74)

- a) Dispositif de détection du phénomène
- b) Installation des sirènes et choix du son

3. Actions complémentaires au dispositif d'alerte - pour réagir au plus vite en cas d'occurrence de l'événement (Commandant PUEYO – Groupement de gendarmerie départementale 74)

- a) Mesures spécifiques complémentaires
 - Gestion des routes, autoroutes et voie SNCF
 - Evacuation des thermes
 - Prise en compte des ressources (téléphonie, électricité...)
 - Planification opérationnelle
- b) Test du plan de sauvegarde par le biais d'exercices
 - Exercice d'évacuation de l'école du Fayet du 09 septembre 2010
 - Exercice de sécurité civile d'évacuation générale de la population du 16 septembre 2010
- c) Mission d'appui interministérielle

3–A. Stratégie générale pour la sauvegarde de la population – Lieutenant-colonel Philippe CHAPPET (SDIS 74)

Présentation du SDIS

Le Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Haute-Savoie est l'organisme qui regroupe tous les sapeurs-pompiers du département. Il s'agit d'un établissement public, avec autonomie juridique (le SDIS peut se retrouver en justice) et financière (budget issu à plus de 60% du Conseil Général et 40 % des communes). Il est piloté par une double casquette : le préfet en matière opérationnelle, et un conseil d'administration composé d'élus du département pour la politique financière et administrative.

Le dossier Tête Rousse a été pris en charge au plus haut au niveau du SDIS : le directeur départemental et moi-même assistions aux comités de pilotage, des officiers souvent supérieurs participaient aux groupes de travail.

a) Détermination de l'emprise de la lave torrentielle, de son temps de parcours et estimation de la population impactée

Capitaliser l'expérience

Nous avons eu la chance que le RTM ait conservé l'histoire de l'événement de 1892, dont nous avons pu tous bénéficier en reprenant les éléments et analysant l'impact qu'ils avaient eu en 1892.

Contexte 1892

Rappel sur le phénomène de la nuit du 11 au 12 juillet 1892 :

- Au départ : 80 000 m³ d'eau liquide + 120 000 m³ de glace ;
- La lave s'est propagée sur un parcours de 14,3 km jusqu'à la plaine du Fayet, avec à l'arrivée un dépôt de matériaux solides d'environ 1 000 000 m³ sur 77 hectares (Fig. 29 et 30) ;
- Dégâts :
 - Officiellement 175 victimes au Bionnay, aux thermes, au Fayet (Fig. 31); les derniers corps ont été retrouvés au niveau de Genève ; on estime qu'il a pu y avoir jusqu'à 250 morts.
 - 2 bâtiments des thermes totalement rasés et plus de 17 maisons détruites – dans la situation actuelle ces chiffres sont hors de correspondance...



Fig. 29. Partie aval - Les thermes au Fayet



Fig. 30. La plaine du Fayet après la catastrophe

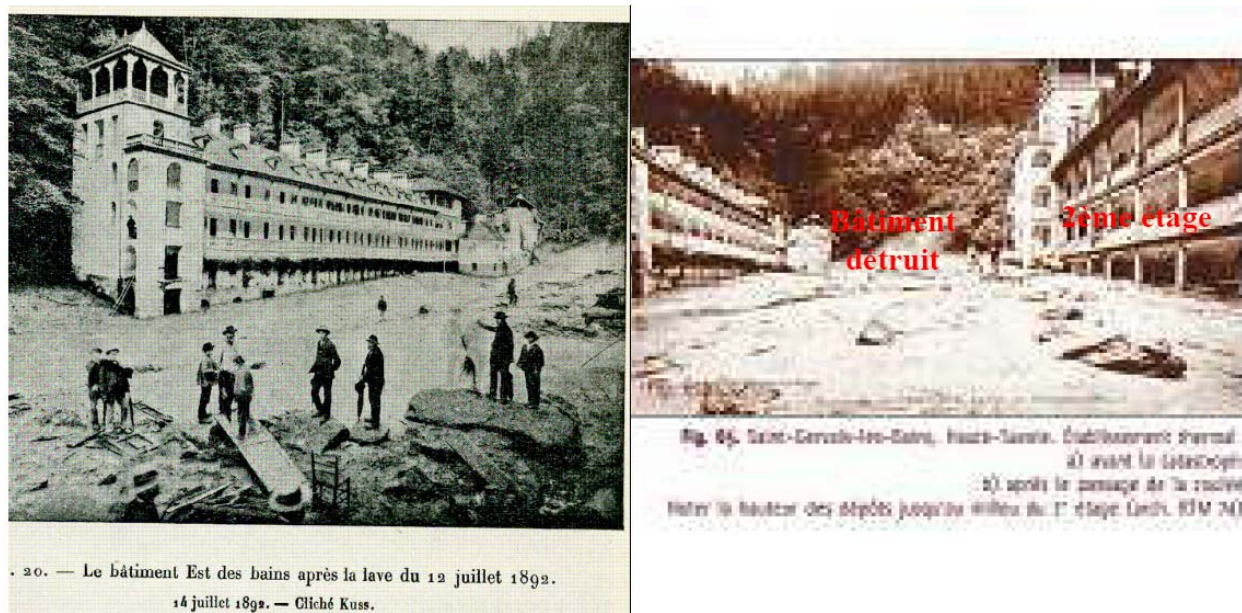


Fig. 31. Dégâts aux thermes du Fayet après la catastrophe

Définition de la zone d'impact

Les archives du RTM montaient précisément, sur une carte de l'époque, toutes les zones touchées par la coulée de 1892 (Fig. 32).

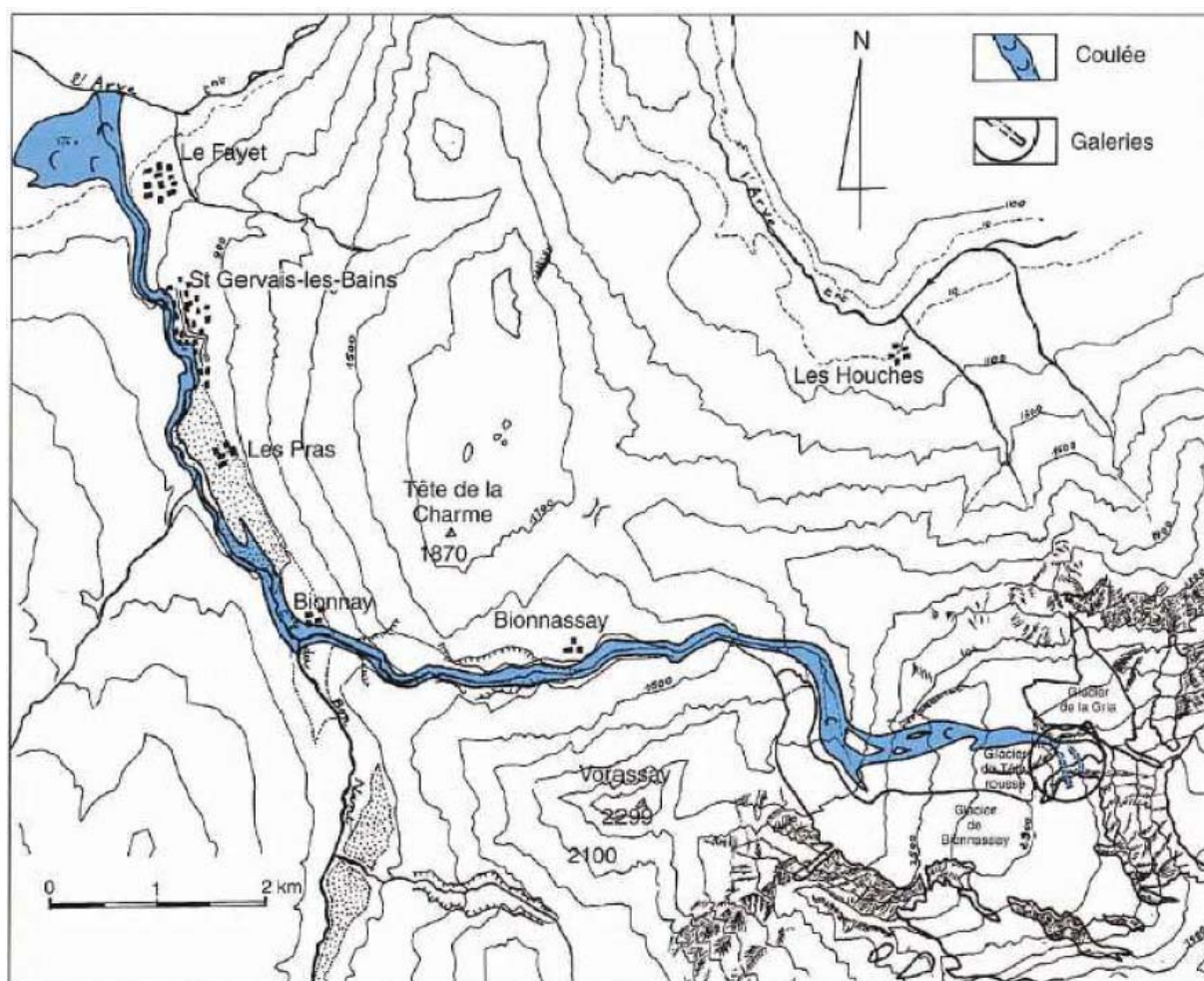


Fig. 32. Traces de la coulée de 1892 (d'après les archives du RTM 74)

Le SDIS a reporté sur une carte de 2010 les traces de la coulée historique (Fig. 33). On se rend compte que les zones habitées recouvrent bien plus que les 17 maisons d'alors, notamment dans la zone de dépôt de la plaine du Fayet.



Fig. 33. Les zones exposées en 2010

Il a été demandé au RTM de définir, compte tenu du contexte géographique et des aménagements actuels – notamment la voirie – quelle pourrait être la nouvelle zone d'impact : il s'agit pour l'essentiel de la zone de 1892, élargie au niveau du hameau de Bionnay et au niveau de la plaine du Fayet. La nouvelle zone a été redéfinie, pour des questions pratiques, par rapports aux aménagements routiers existants : elle est donc bornée au nord par l'autoroute et sur les côtés par deux voies départementales. Un tel tracé linéaire est plus facile à faire passer du point de vue de la communication vers les habitants

Analyse de la zone d'impact

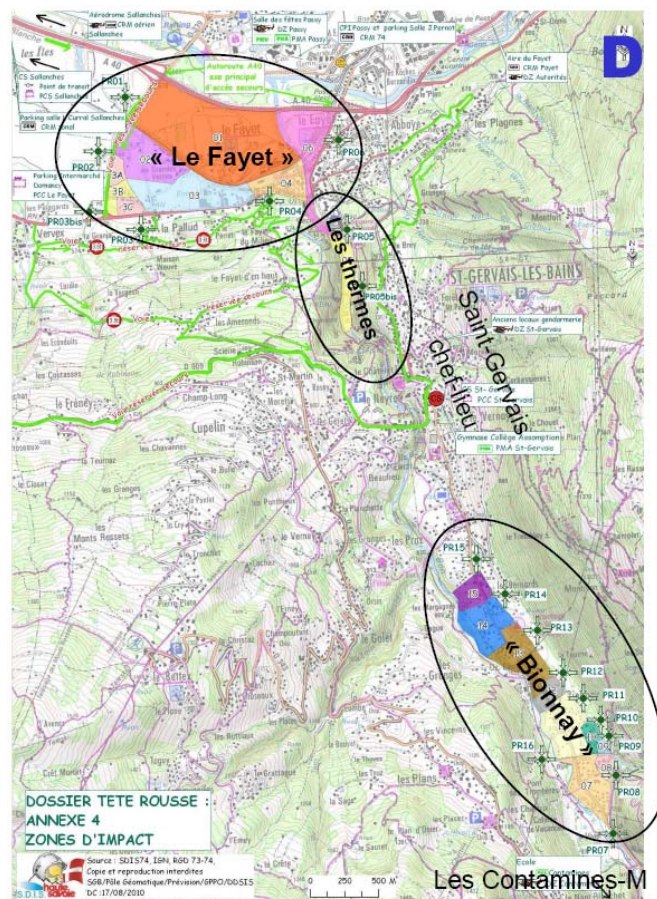


Fig. 34. Analyse de la zone d'impact

L'analyse a été menée sur la base de l'impact géographique de la catastrophe de 1892, en prenant en compte :

- Environ 65 000 m³ d'eau, selon les estimations des scientifiques: une poche d'environ 25 000 m³ identifiée, avec une incertitude sur 40 000 m³ en plus.
- Une ampleur attendue du phénomène sur une base similaire à 1892 ;
- Une lave torrentielle pouvant charrier des quantités de matériaux considérables ;
- Une propagation de l'onde de crue en cas de rupture très rapide : temps avant arrivée de la lave torrentielle d'environ 10 minutes pour hameau de Bionnay, 30 min pour la plaine du Fayet ;
- Dans sa partie haute, la voie d'accès au Mont-Blanc est traversée par la zone d'impact, avec des implications fortes notamment en été lors des fortes fréquentations par les alpinistes ;
- Environ 20 ERP (Etablissements Recevant de Public) sont concernés : 2 de 2^e catégorie (entre 700 et 1500 personnes), 3 de 4^e catégorie, 15 de 5^e catégorie. Il y a notamment la gare – terminus TGV en hiver desservant les stations de ski de Chamonix, Mégève, Contamines...- les thermes, qui accueillent fin juillet 2010 800 personnes par jour, ainsi que les nouveaux hôtels qui hébergent la clientèle des thermes (plus d'hébergement direct aux thermes) ;
- Densification importante de l'habitat individuel et collectif, surtout au Fayet.

Au niveau des infrastructures, la zone d'impact comprend :

- Des petits barrages hydro-électriques, dont une conduite forcée qui descend jusqu'au niveau des thermes ; d'après EDF ces ouvrages seraient totalement détruits par un phénomène tel que celui décrit, avec relativement peu d'impact sur le phénomène si ce n'est que les matériaux seraient emportés avec le reste ;
- Un gazoduc qui traverse la plaine du Fayet pour alimenter en gaz la haute vallée de l'Arve : il pose peu de problèmes car est enterré y compris à la traversée du Bon Nant ;
- Des voies de circulation (toutes construites après 1892, donc sans tenir compte du retour d'expérience) :
 - o Une voie ferrée : construite en 1904 : TGV en hiver (jusqu'à 800 personnes par train), gare d'arrivée vers Chamonix, Flaine...
 - o L'autoroute A40 : construite dans la 2^e partie du XX^e siècle : elle est surélevée et peut donc constituer une retenue utile (la lave aurait déjà perdu de sa force) avec des points de passage – les ponts- qui pourraient permettre à l'eau de s'écouler vers l'Arve ;
 - o Des routes départementales qui constituent un axe international (avec l'A40) vers l'Italie (via le tunnel du Mont-Blanc)
 - o ...

L'application de mesures de sauvegarde à chaque zone d'impact

Zone de départ : dans la partie amont (Fig. 35), le glacier touche le Désert de Pierre Ronde, sur lequel l'impact est limité à la zone du refuge du Nid d'Aigle (refuge) est impactée, ainsi que les chemins d'accès au Mont-Blanc (au départ de Bionnassay, pont des Places).

La première mesure prise a été la fermeture du refuge (par arrêté du Maire) couplée à l'indication d'un autre itinéraire pour les alpinistes vers le Mont-Blanc (le RTM a signalé rapidement l'existence d'un autre chemin possible) ; les consignes ont été plus ou moins bien suivies par les alpinistes.

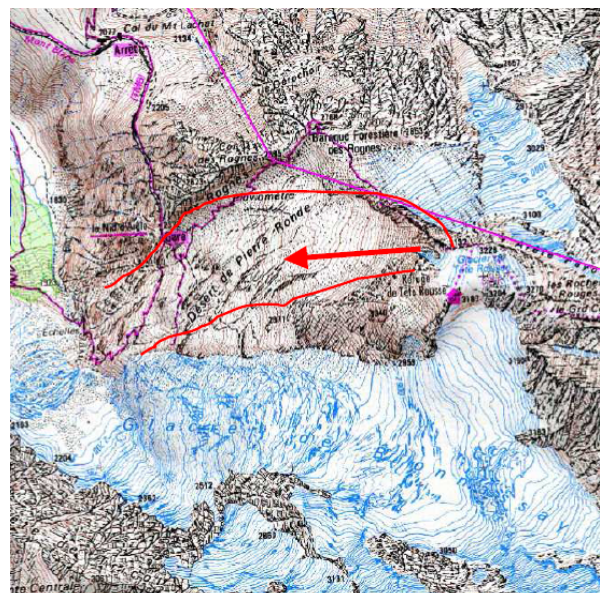


Fig. 35. Emprise de la zone impactée dans la partie amont

Pour la partie intermédiaire et avale, une première partie passe par les gorges de Bionnassay, dans lesquelles la coulée est confinée : il n'y a pas d'habitation, donc un impact nul sur la population.

A l'arrivée dans la vallée du Bon Nant, au niveau du hameau de Bionnay : en 1892 toute une zone a été recouverte par plusieurs mètres de matériaux et en 2010 il y a un habitat résidentiel et 1 camping, soit environ 200 à 800 personnes

Ensuite la coulée retrouve le lit du Bon Nant (gorges) et arrive en sortie des gorges au niveau des bâtiments des Thermes : détruits en 1892, les thermes ont été reconstruits au même endroit, avec une capacité d'accueil de 100 à 800 personnes, en journée uniquement.

Enfin la coulée provoquerait l'envahissement de la plaine du Fayet, zone de vie et d'activité économique avec un habitat dense et collectif (2000 résidents), plusieurs ERP et des axes de transit qui peuvent faire monter le nombre de personnes sur la zone à 5000

Par ailleurs, il était important, dans une zone de montagne avec des accès restreints, de prendre en compte les zones impactées indirectement, au nombre de 3.

Haut de Saint-Gervais (seulement une petite partie de la commune) et commune des Contamines-Montjoie : il s'agit d'une commune en altitude et touristique en hiver - jusqu'à 8 000 personnes, dont 1500 résidents - qui pourrait subir plusieurs types impacts :

- o Risque d'isolement, sans axe routier pour quitter la commune (une seule route traverse St Gervais) ;
- o Risque sur l'alimentation électrique, téléphonique – coupures de lignes identifiées-, alimentaire – dans la durée, à cause de la coupure de route ;
- o Risque pour les soins réguliers, car pas d'hôpital ni de médecin aux Contamines.

Haute-vallée de Chamonix : cette zone subirait moins d'impact, avec a priori un risque limité de dégradation de l'alimentation téléphonique et électrique et surtout une dégradation des conditions routières de traversée des Alpes (autoroute A40 maintenue...)

Saint-Gervais – hameau de Bionassay : il s'agit d'un hameau en altitude, avec un seul accès par gorges de Bionnassay. La coulée passe juste à côté du hameau mais coupe la route, d'où un risque d'isolement total qui concerne une petite centaine de personnes. Des mesures sont à envisager pour les évacuer.

b) Dispositif d'évacuation de la population et définition des points de rassemblement

Les mesures de sauvegarde de la population se concentrent sur les seules parties urbanisée, c'est-à-dire les zones habitées du Bionnay et de la plaine du Fayet dans la partie intermédiaire et avale.

Au cours des réunions de travail, trois possibilités ont été envisagées pour la sauvegarde de la population :

- 1- L'évacuation anticipée et permanente – le temps de réaliser les travaux de sécurisation :
Cette solution a été sérieusement envisagée mais elle devrait s'inscrire sur une longue durée (> 4 mois), avec une population nombreuse ; de plus elle compromet l'activité touristique du secteur (image dégradée à court, moyen et peut-être long terme) ; enfin elle induit des coûts financiers et psychologiques importants puisqu'il faut déplacer et reloger des populations (population occidentale très peu habituée à être évacuée) ;
- 2- L'évacuation à l'alerte :
Elle devrait être immédiate (délai d'arrivée de la lave d'environ 10 min à Bionnay, 30 min au Fayet). Les zones évacuées doivent donc permettre de rejoindre les points de rassemblement dans les temps, sans les secours qui n'ont pas le temps d'arriver.
- 3- Le confinement :
Face à ce type de phénomène, sa force et son pouvoir de destruction, cette solution ne paraît pas crédible (expériences de 1892 et d'autres phénomènes de ce type).

En conséquence, le principe de sauvegarde des populations retenu a été **l'auto-évacuation de la population à l'audition d'un signal d'alerte** (idem évacuation ERP ou camping à risque), sans intervention des secours.

L'alerte est collective sur zones à risques, par le biais de sirènes, et individuelle pour les services et autorités tels que préfecture, mairie, gendarmerie, SDIS.

L'auto-évacuation est prévue vers des points de rassemblement (PR) identifiés. La consigne donnée aux personnes est d'évacuer dans la tenue où elles se trouvent au moment de l'alerte, sans se préparer puisque le délai ne le permet pas. Cela implique pour les pompiers, les gendarmes, une capacité à aller récupérer les gens très rapidement (cas d'évacuation possible la nuit, par grand froid...)

Le découpage de la zone d'impact est très fin, compte tenu de la densité de population et des délais pour rejoindre des zones sécurisées (Fig. 36) : 16 secteurs d'évacuation, permettant d'atteindre le PR du secteur en une dizaine de minutes (à pied pour une personne valide connaissant l'itinéraire et le PR à atteindre). Les Points de Rassemblement, en périphérie de chaque secteur, sont « sécurisés », repérables et accessibles aux secours ; ils ont été choisis dans la mesure du possible surélevés (joue sur le sentiment de sécurité des personnes évacuées).

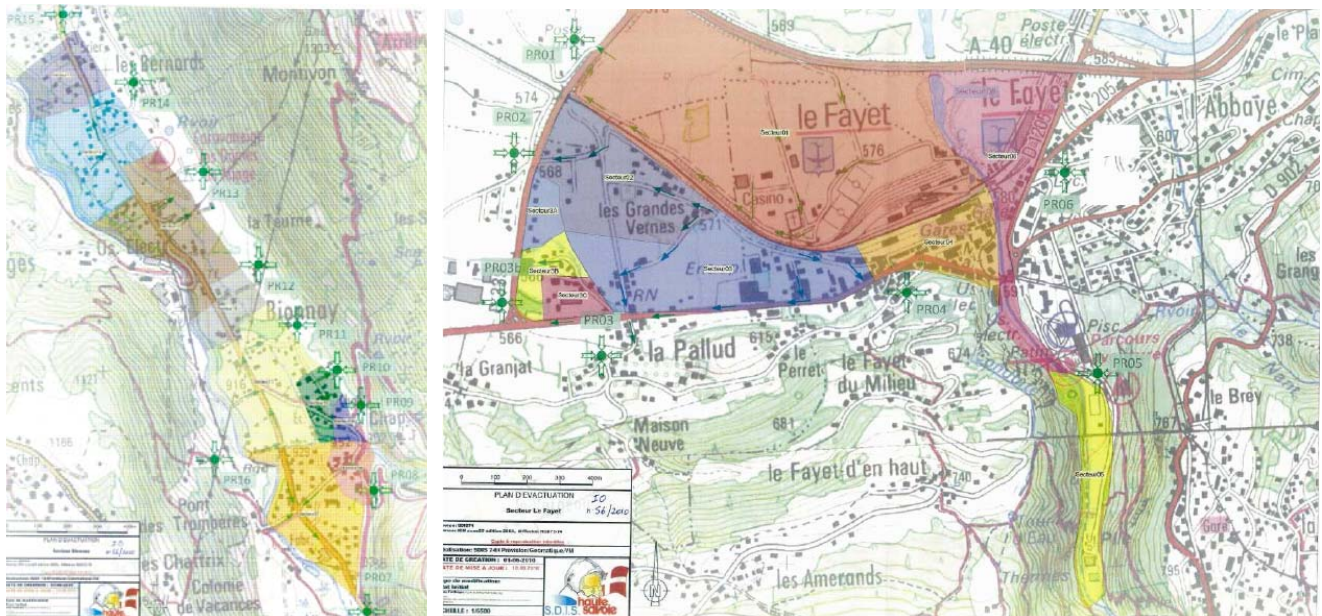


Fig. 36. Définition des PR : Secteur amont - Hameau de Bionnay (à gauche) et secteur du Fayet - Les thermes (à droite)

La démarche de communication est très importante, sur le Bionnay comme sur le Fayet. Le maire a fait distribuer des flyers dans toutes les boîtes aux lettres pour que les gens identifient leurs points de rassemblement, à leur domicile et sur leur lieu de travail. Le flyer les invite à faire l'exercice de rejoindre ce PR « pour voir ce que cela donne ».

Sur la partie le Fayet, une problématique particulière liée aux Thermes émerge : une partie de la clientèle est à faible mobilité, notamment des brûlés. Des emplacements ont été définis avec les responsables des Thermes pour stationner en permanence 2 minibus, avec des conducteurs désignés tous les jours chargés en cas d'alerte de faire monter les personnes à faible mobilité pour leur faire rejoindre les PR situés à 300-400m.

Positionnement des moyens de secours

Les moyens de secours incluent :

- Les postes de commandement (PC) ;
- Les déposes hélicoptères DZ (secours, autres – en particulier médias...) ;
- Les centres de regroupement des moyens (CRM) : emplacement pré-établis où tous les moyens de secours doivent se rendre en cas d'alerte ;

- Les postes médicaux avancées (PMA) ; aux Contamines le PMA ressemblait davantage à un hôpital de campagne puisqu'il devait s'inscrire dans la durée ;
- Les moyens nécessaires en première urgence.

Les besoins et lieux de positionnement des dispositifs de secours, ont été définis par secteur, compte tenu :

- des besoins de secours sur la zone impactée directement et sur les zones impactées indirectement ;
- des populations sinistrées (effectif connu) ;
- de l'état de fonctionnement des services publics : eau, électricité, voiries, moyens de télécommunication, ...

Tout a été positionné sur une carte et réparti entre les différents services (Fig. 37). Par exemple l'aérodrome de Sallanches était le centre de regroupement des moyens aériens, une salle à Sallanche le centre de regroupement des moyens de la Zone de Défense (région Rhône-Alpes), une DZ aux Contamines-Montjoie, etc. Pour chaque secteur impacté des axes d'accès sont préservés [cf. présentation de D. Pueyo, p. 44].

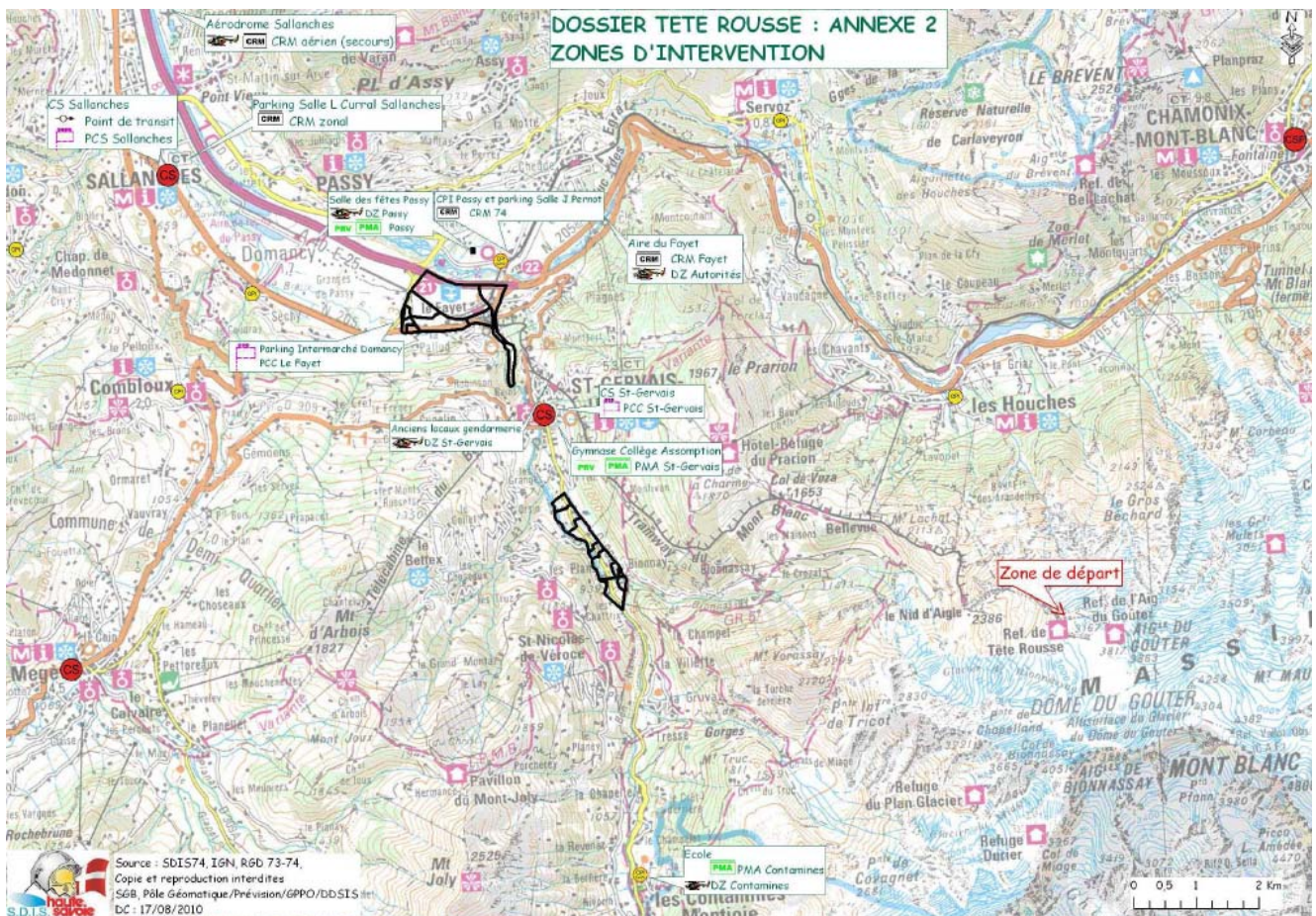


Fig. 37. Organisation du dispositif-type

Application des mesures de sauvegarde

- Réactivité, dès alerte, des centres de réception des alertes CTA-CODIS, CORG, préfecture, mairies, services publics impactés (SNCF, EDF, ...) ;
- Alerte des populations pour une auto-évacuation vers des points de rassemblement définis ;
- Application dès l'alerte par les services publics, de consignes opérationnelles, et déclenchement des plans de secours adaptés ;

- Mobilisation massive de moyens de secours :
 - o Regroupement CRM, reconnaissances aériennes/terrestres ;
 - o Engagement organisé des moyens de secours en faveur des impliqués (PR), aux sinistrés (zone d'impact), puis des « isolés » ;
- Mise en place d'une organisation du commandement inter-services avec un DOS et un COS.

Les clés du bon fonctionnement

Tout au long de la réalisation du plan de sauvegarde, des échanges réguliers entre les partenaires principaux - mairie, préfecture (SIDPC), RTM, gendarmerie, SDIS – ont rendus possibles à la fois le partage des connaissances, le respect des compétences de chacun, et la formalisation écrite des décisions prises en commun, afin que chacun puisse les appliquer.

Lors de la mise en œuvre du plan de sauvegarde, différents aspects ont joué un rôle important :

- information préalable des populations et des agents des services publics, afin qu'ils prennent bien connaissance du dispositif qui allait se mettre en œuvre ;
- Assimilation du dispositif par les services « publics » acteurs : pompiers, gendarmes, voiries départementales et autoroutes, électricité, eau, téléphone,
- Pour les sapeurs-pompiers, une implication anticipée des moyens zonaux (Rhône-Alpes) et internationaux de proximité (grâce à une convention Genève, Val d'Aoste) ;
- Application par les services publics du dispositif opérationnel défini, dès l'alerte, et déclenchement des plans de secours adaptés (NOVI – Nombreuses Victimes -, hébergement) ;
- Mise en œuvre d'un commandement unique.

Questions / Discussion

Anton Loipesberger (Ministère de l'Environnement de Bavière, Allemagne) (traduction) : J'ai deux questions. D'abord, sur quels critères se fait le déclenchement de l'alerte ? Ensuite, y a-t-il eu des exercices d'évacuation pour la population ?

C. Chappet : Ces deux questions vont être abordées dans la présentation suivante par L. Lenoble.

Amandine Crévolin (chargée de mission gestion intégrée des risques, Pays du Grand Briançonnais) : Deux questions également : (1) est-on sûr du bon passage de l'information auprès de la population ? (2) Comment est prise en compte la population touristique passagère ?

C. Chappet : Ces deux questions vont également être abordées dans les présentations suivantes.

V. Boudière (chargé de mission Site Pilotes, PARN) : Le principe d'auto-évacuation semble être en vogue : est-il réellement fréquemment utilisé ? Il fait appel à la « capacité » des populations à réagir : comment se gère l'incertitude autour de cette capacité ?

C. Chappet : Ce principe d'auto-évacuation est tout d'abord à expliquer aux pompiers locaux, auxquels on demande au signal de rejoindre la caserne et de ne rien faire d'autre.... En groupe de travail, il a été décidé que c'était LA seule solution possible, donc il ne restait plus qu'à faire passer le message. La communication a été importante car il s'agit effectivement d'un cas très rare (par opposition au confinement, comme dans les cas de risque nucléaire), sociologiquement difficile à faire passer dans l'esprit occidental qui apprécie l'évacuation organisée.

F. Gillet : Pour ce risque brutal et très localisé, avez-vous pu vous inspirer d'autres expériences pour la mise en place du plan de sauvegarde et quelles généralisations êtes-vous en mesure de faire ? En d'autres mots, comment ce plan très intéressant pourrait être généralisé et diffusé à d'autres services pour servir de modèle ?

C. Chappet : L'exemple que l'on peut prendre est celui des barrages où là aussi le temps d'évacuation est très court. Mais ces plans sont-ils connus ?

V. Boudières : En Isère vient de se faire l'exercice « Richter 38 » [*exercice préfectoral de simulation de gestion de crise après un séisme dans l'agglomération grenobloise*], poussé loin au niveau de l'organisation et des circuits de communication. Mais cet exercice ne servirait pas à grand-chose pour tester l'auto-évacuation. Au Japon, la population a de bons réflexes – se mettre sous la table – car ils testent la capacité comportementale individuelle à réagir : cela milite pour faire en France de véritables exercices de masse pour tester la chaîne d'évacuation jusqu'au bout et pas uniquement la chaîne de commandement.

C. Chappet : Oui, ce serait la solution. En Haute-Savoie il existe un peu cette politique d'exercice, grâce au soutien de la préfecture, suite à l'accident du tunnel du Mt Blanc (1999, 39 morts) : on se rend compte qu'en se donnant les moyens il est possible de faire passer les messages à la population, qu'on pense pourtant plus individualiste en occident ; il restera toujours quelques indisciplinés, mais on peut espérer qu'en répétant les exercices ils finissent par prendre conscience de leur utilité.

c) Sensibilisation de la population (par L. Lenoble)

Une des priorités du comité de pilotage était d'établir un plan d'action précis pour la communication, sachant qu'elle devait se faire de deux manières :

Des actions d'information locales auprès de la population concernée

Il s'agissait d'un impératif compte tenu de la logique globale d'évacuation de la population. Le signal d'auto-évacuation doit enclencher automatiquement un geste réflexe approprié en fonction du signal. La population doit donc bien connaître la procédure à suivre pour avoir le bon geste réflexe, et pour cela doit être bien informée.



Fig. 38. Plan d'évacuation pour le secteur du Fayet

Ces actions reposaient principalement sur des plans d'évacuation pour chaque secteur, distribués à l'ensemble de la population : distribués dans les boîtes aux lettres et dans tous les établissements publics, envoyés par mails. Toutes les personnes localisées dans une des zones de danger ont reçu un document spécifique à leur secteur (exemple secteur du Fayet, Fig. 38). Un flyer sur le comportement

à adopter par rapport au signal d'alerte, conçu par la préfecture, la mairie et les services publics a été distribué de la même manière. L'exemple ci-dessous (Fig. 39) montre une des versions intermédiaires, avec corrections : en termes de communication il est essentiel de porter une attention particulière au vocabulaire utilisé (ex. « Rester » / « ne pas rester »).

GLACIER DE TETE ROUSSE / TETE ROUSSE GLACIER

CONSIGNES D'URGENCE EN CAS DE DECLENCHEMENT DU SIGNAL D'ALERTE PAR LES SIRENES / EMERGENCY INSTRUCTIONS IN CASE OF SIREN

LE SIGNAL ALARM SIGNAL	AU SIGNAL QUE FAUT-IL FAIRE ? WHAT TO DO ?	CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE : DO NOT :
Signal d'alerte : séquences de 2 minutes alternant la sirène pendant 2 secondes et un silence pendant 3 secondes / Alarm signal : sequences of 2 minutes siren for 2 seconds alternating with silence for 3 seconds. Le son est ainsi : / The sound is as follows: 2s 3s 2s 3s 2s 3s Fin de l'alerte : Signal continu pendant 31 secondes / End of alert : continuous siren signal for 31 seconds.	Si vous entendez le signal de la sirène / If you hear the alarm siren  Courez immédiatement vous mettre à l'abri vers le point de rassemblement le plus proche de votre domicile / Go as quickly as possible to the nearest meeting point  POINTS DE RASSEMBLEMENT / MEETING POINT voir carte au verso / see map on the back 	> Ne pas rester à votre domicile ou dans la zone concernée par le danger imminent / Don't stay in your home or in the danger zone > Ne pas rester dans un véhicule / Don't stay in your car > Ne pas aller chercher ses enfants à l'école, les enseignants se chargent de leur sécurité / Don't collect your children from school, teachers will take charge > Ne pas téléphoner, les réseaux doivent rester disponibles pour les secours / Don't phone, networks are reserved for rescue teams > Ne pas quitter le point de rassemblement sans consignes des autorités / Don't leave the meeting point until told by the authorities 
A QUOI SERVENT LES SIRENES ? WHAT IS THE SIREN ALARM FOR ? A vous avertir que vous êtes exposés à un danger immédiat : rupture de la poche d'eau dans le glacier de Tête-Rousse engendrant une lave torrentielle / To warn you of immediate danger : the pocket of water inside Tête-Rousse glacier has broken through and torrential lava will follow. N'hésitez pas à tester le trajet et le temps nécessaire pour rejoindre votre point de rassemblement mentionné sur le plan au verso / Please test the time you need to reach your meeting point - see map on the back		

Pour tout renseignement / Further information on : www.haute-savoie.gouv.fr et/and www.saintgervaislesbains.fr / +33(0)4 50 47 75 66 / mairie.sgervais@wanadoo.fr

Fig. 39. Flyer d'information diffusé à la population

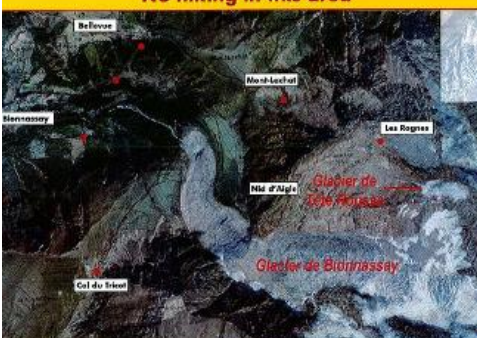
Des réunions d'échange avec la population étaient organisées deux fois par semaine avec l'ensemble des services publiques – chaque fois un gendarme, un pompier, quelqu'un de la Protection Civile et le maire.

Le suivi de l'information devait absolument être instauré **dans le temps et de manière régulière** (préconisation des missions de l'inspection ministérielle du MEDDTL et du Ministère de l'Intérieur).

**ZONE DANGEREUSE
DANGEROUS AREA**

A partir de ces points / From these points

vous entrez dans la zone de risque de purge du glacier de Tête Rousse
Il est vivement déconseillé de randonner dans ce secteur
you are entering the Tête Rousse glacier danger zone
No hiking in this area



Pour tout renseignement : Mairie de Saint Gervais
For further information : Saint-Gervais Mayor's office
www.saintgervaislesbains.fr / +33 (0)4 50 47 75 66

Une des grosses difficultés rencontrées a été de **sensibiliser la population non sédentaire**, les touristes présents seulement pour une à deux semaines. Les flyers – en français et anglais – ont été distribués dans les campings, les hôtels et les offices de tourisme ; des panneaux d'information ont été positionnés le long des sentiers (Fig. 40) ; mais il reste toujours une petite proportion de touristes de passages (1 ou 2 jours) qui ne rencontre pas l'information ; il n'a pas été trouvé de solution qui règle le problème pour tout le monde.

Fig. 40. Panneau d'information sur sentier

Communication – médias

Le principe adopté pour maîtriser la médiatisation au mieux a été de monter un plan et d'avoir une source d'information unique, crédible et la plus transparente possible. Les premiers éléments, connus à partir de mars, ainsi que les interrogations suivantes ont été tenus secrets jusqu'à ce moment ; seules les institutions étaient informées. L'information a été rendue publique d'un seul coup au mois de juillet, une fois le risque connu. En parallèle de l'information à la population concernée, une conférence de presse a été organisée, notamment avec l'AFP source crédible pour relayer l'information.

La conférence de presse de juillet a déclenché énormément d'appels téléphoniques et une grosse pression médiatique ; les instances ministérielles voulaient également avoir un maximum d'information. L'enjeu était d'une part la **maîtrise de la médiatisation**, d'autre part l'importance de « déranger » le moins possible les équipes opérationnelles afin qu'elles puissent travailler de manière sereine.

Les deux vecteurs essentiels de communication étaient le préfet, et exclusivement lui pour les services de l'Etat, et le maire. Les laboratoires scientifiques pouvaient parler du dossier, avec l'accord du maire ou du préfet. Cette **règle stratégique**, imposée à tous les acteurs du dossier et bien respectée, a probablement été **une des clés de réussite**.

Sur le terrain, les équipes de travail ont été mises « dans une bulle » pour ne pas avoir à supporter les pressions ni à perdre de temps. Pour le RTM, V. Tairraz rédigeait des comptes-rendus journaliers précis mais très succins. Une fois par semaine, je rédigeais un rapport pour le ministère, avec la rédaction adéquate (formules administratives etc. que V. Tairraz n'avait absolument pas le temps d'écrire sur place).

Pour la presse, trois articles sont sortis dans le temps de la crise, un au début, un au milieu et un à la fin (Fig. 41): le premier « A St Gervais la population sensibilisée au cas de Tête Rousse » pour marquer la volonté de transparence envers la population, le second sur les travaux et leur caractère extraordinaire, le dernier pour marquer la fin de l'épisode.

Il n'y a pas eu de dérive majeure, de propos farfelus de personnes qui s'opposeraient aux démarches sur le glacier ou au plan de sauvegarde. Il y en a eu bien sûr un ou deux, mais ils ont été très bien canalisés par l'organisation établie.



Fig. 41. Les 3 articles de presse parus entre juillet et octobre 2010.

3–B. Dispositif d'alerte : détection de la lave torrentielle, installation des sirènes et choix du son – Laurent LENOBLE (SIDPC 74)

a) Dispositif de détection du phénomène

L'entreprise Myotis (P. Mourot présent aujourd'hui) a centralisé l'ensemble des travaux de mise en place du système de détection, qui permet de lancer l'alerte.

Cet ensemble était constitué de deux systèmes redondants, l'un en haut du couloir du Bossonnet et l'autre au milieu, chacun formé (Fig. 42) :

- d'un câble tiré en travers du glacier – couloir du Bossonnet – avec des balises de détection de chaque coté ;
- un câble plongeur en Y inversé fixé sur le câble porteur fixé à 2 fusibles ancrés dans la roche (carrés bleus) qui cassent à une certaine tension ;
- un câble de traîne reliant les deux fusibles, posé sur la glace ;
- des capteurs sismiques ancrés au rocher.

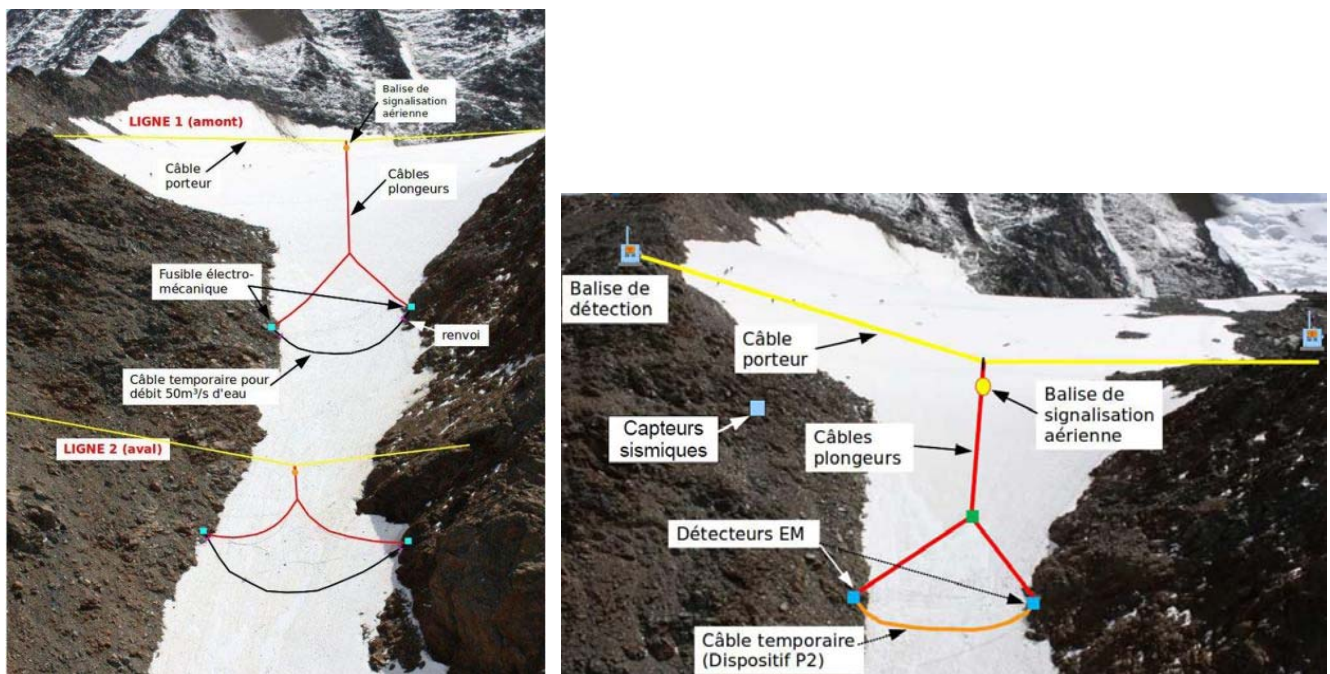


Fig. 42. Le dispositif de détection de la lave torrentielle, vue d'ensemble et détail

Le principe est le suivant : lorsque la poche d'eau lâche, les câbles se tendent et font céder les fusibles. Si un fusible + un capteur sismique ou 2 fusibles se déclenchent, l'alerte est lancée. Il fallait donc une double information pour que les balises de détection envoient une l'alerte :

- le message d'actionner les sirènes en aval (déclenchement automatique) ;
- messages vocaux (automates d'appel) à l'ensemble des autorités identifiées : SDIS, gendarmerie, préfet, maire, services d'alerte ferroviaires (SNCF), autoroutiers (ATMB), énergie (ERDF), etc.

b) Installation des sirènes et choix du son

Les sirènes ont été positionnées sur l'ensemble de la zone de danger où la population était située. Elles ont été testées tout d'abord pour leur couverture sonore. Plusieurs tests sonores ont été organisés avec la population, prévenue par un article de presse précisant le jour, l'heure et demandant de communiquer en retour les informations sur l'audibilité de la sirène : les services passaient dans les



maisons après le test pour recueillir les informations, en fonction de l'orientation et de la puissance du son diffusé. Pour les maisons très bien isolées, les habitants n'entendaient pas même avec la sirène sur le toit : les limites de la technique s'imposent, il a fallu accepter un dispositif « suffisamment satisfaisant ».

Fig. 43. Exemple d'installation d'une sirène sur un toit

Un nouveau son a été défini pour être installé dans ces sirènes numériques, car le son initialement utilisé – son « corne de brume » des barrages PPI – se diffusait très mal. Une société a été chargée de concevoir un son spécifique qui se diffuse mieux dans les vallées. La Direction de la sécurité Civile est venue reconnaître que ce son se diffusait mieux et donc le valider. De nouveaux tests ont ensuite été organisés avec la population.

P. Chappet : Il a été décidé en réunion de ne pas mettre en place de dispositif de levé de doute, étant donné le délai très court d'évacuation. Il n'y avait pas le temps, une fois les balises de détection enclenchées (rupture de fusibles et/ou capteurs sismiques), de vérifier qu'il ne s'agissait pas d'une fausse alerte. Toute la procédure de sirènes et de déclenchement des secours était donc automatiquement engagée.

Questions

F. Gillet : Comment avez-vous évalué la fiabilité du système ? Avez-vous fait des tests ? Deuxièmement, comment avez-vous prévu d'assurer la maintenance ? On sait que dans des endroits comme ça – zones de montagne – les coups de foudre sont fréquents avec des destructions qui peuvent être importantes.

L. Lenoble : Plusieurs exercices ont été organisés. D'abord l'école ; il y a deux écoles sur la zone, une située dans le hameau de Bionnay, où il y avait 10 minutes pour évacuer, qui a été fermée avec les élèves déplacés sur une école en dehors du secteur, et une au Fayet – temps d'évacuation 30 minutes – dans laquelle l'organisation a été testée pour que les enseignants amènent les élèves au point de rassemblement. Deuxièmement le 16 septembre 2010, nous avons organisé un exercice global du système d'alerte / sauvegarde de la population : des techniciens sont montés jusqu'au glacier et ont coupé les câbles pour simuler l'arrivée de la lave torrentielle et vérifier si le système déclenchait bien les sirènes, si les autorités étaient bien alertées et comment réagissait la population. La population était invitée à participer à cet exercice ; sur chaque point de rassemblement se trouvaient des observateurs (un pompier, un gendarme, une personne de la mairie) ; par ailleurs un bureau de contrôle encadrait l'exercice, à la fois sur le glacier et en aval. Les observateurs accueillaient la population – au total 500 personnes mobilisées par l'exercice – tout en chronométrant les arrivées pour vérifier si les délais étaient respectés. Nous avons donc pu vérifier que dans les détails le dispositif fonctionnait.

Question : La population était-elle informée de cette simulation ?

L. Lenoble : Oui bien sûr. Nous avons eu quelques vieilles dames qui sont venue avant que les sirènes ne sonnent pour être sûres d'être dans les temps, mais la majorité des gens ont vraiment joué le jeu.

P. Ostian : Vous aviez donné une plage horaire ?

L. Lenoble : Oui, l'exercice avait été annoncé pour les environs de 19h – le soir pour avoir un maximum de personnes présentes.

A propos de la maintenance du dispositif, elle est prévue dans le cadre du contrat. Le dispositif lui-même détecte les anomalies, qui sont immédiatement communiquées à l'entreprise Myotis, qui en informe le maire ; le contrat prévoit des temps de remise en conformité, pas forcément trop précis à cause des contraintes météo. Les sirènes sont testées chaque mois, comme le réseau national d'alerte – le premier mercredi du mois, à 12h30 pour ne pas se surimposer à la sirène classique à midi.

3–C. Les missions de la gendarmerie sur la crise de "Tête-Rousse" – Commandant Daniel PUEYO (Gendarmerie 74)

La gendarmerie est un organisme d'Etat, qui a vingt siècles d'histoire, avec beaucoup d'évolution. Il y a deux ans elle est passée de la tutelle du Ministère de la Défense à celle du Ministère de l'Intérieur, tout en maintenant le statut de militaire des gendarmes, ce qui offre des possibilités, notamment le rappel immédiat des personnels qui peut être de grande utilité comme par exemple dans le cas qui nous intéresse.

1. Les missions traditionnelles et permanentes de la gendarmerie

Protection des personnes et des biens

Il s'agit principalement de la planification, de la préparation de matériel, quel que soit le domaine d'intervention : autour d'un dépôt pétrolier, d'un aéroport, d'un tunnel, d'un barrage....

Alerte

Le schéma d'alerte passe par le Centre Opérationnel de Renseignement de la Gendarmerie, qui réceptionne tous les appels 17, qu'ils proviennent d'un téléphone fixe ou portable. Le travail se fait en lien avec le SDIS – assuré par un réseau informatique très performant – le SAMU et le CTRA⁴.

Renseignement s

Il s'agit de la mission la plus importante de la gendarmerie. Toutes les brigades sont implantées sur un petit territoire, de l'ordre d'un canton – voire même deux brigades sur le même canton – ce qui rapproche énormément les gendarmes de la population

Maintien de l'ordre

Il s'agit ici de maintenir et non de rétablissement de l'ordre (on ne parle pas de manifestations).

Enquêtes judiciaires/administratives

Secours

2. Les missions spécifiques au dossier « Tête Rousse »

Les missions générales ci-dessus sont ici déclinées spécifiquement sur le cas qui nous intéresse.

Protection des personnes et des biens

Reconnaitances :

Dès la prise de connaissance du risque, qui était loin d'être bien défini, il y a eu de nombreuses reconnaissances du terrain : des reconnaissances pédestres, routières et notamment une aérienne à partir de laquelle a été établi un film sur les suites de la coulée de la lave torrentielle et les zones d'implication.

⁴ Centre de Traitement et de Régulation des Appels

Etude des conséquences (humaines et physiques) :

L'étude a été moins poussée que celle du SDIS, réalisée en parallèle, mais arrive à des conclusions similaires :

- 900 habitations ou bâtiments, 3000 personnes touchées ;
- nombreuses destructions d'habitations, voiries ;
- Isolement d'une partie de St Gervais, des Contamines et du Fayet

Planification :

Elle s'est faite en inter-service, avec le SIDPC, SDIS, SAMU, RTM, les communes mais aussi le service informatique et transmission de la préfecture car très rapidement nous avons su que tout le secteur de l'énergie électrique (ERDF) allait être touché, ce qui nous pénalisait en isolant tout notre réseau radio, nos relais – on ne pouvait pas compter sur la téléphonie mobile qui aurait été rapidement saturée (saturation quasi instantanée lorsque les média relaient une information de ce type car toutes les familles, tous les proches téléphonent). Il a donc fallu concevoir un système de radio très poussé, qui fonctionnait en mode dégradé ; cela a été réalisé avec les services de la préfecture. Nous avons échangé et mis en commun beaucoup de matériel : pour la gendarmerie les locaux, les groupes électrogènes, pour la préfecture les balises permettant la compatibilité entre les deux systèmes radio : cela couvrirait toute une zone allant des Houches à Sallanches et au côté savoyard, suffisante pour un événement de cette ampleur.

Cette planification s'est faite également avec ERDF et GRDF pour les aspects énergie, avec le Conseil Général pour tout ce qui concerne la voirie, avec les sociétés d'autoroute et avec les scientifiques qui nous amenaient toute l'information sur l'aléa, sa définition, la rapidité de propagation.

Alerte

Vérification de la pertinence du réseau d'alerte : La gendarmerie a participé aux côtés du SDIS et de la préfecture à toutes les réunions spécifiques, à tous les exercices (qui ont été très nombreux).

Mise en place d'un réseau de transmission dédié : explication ci-dessus.

Établissement d'un protocole d'information aux unités s'il est important d'informer la population, il est également très important d'informer les gendarmes : si les pompiers ont eu du mal à accepter le principe d'auto-évacuation, certaines brigades de gendarmerie allaient se retrouver enclavées, notamment celle aux premières loges de St Gervais, avec qui il a fallu faire une démarche d'explication.

Surveillance physique du glacier par le PGHM de Chamonix (en fait PGHM de la Haute-Savoie renforcé par des spécialistes des brigades territoriales) : lorsqu'a commencé le 16 septembre le pompage intensif il y avait des interrogations sur les réactions de la voûte de la cavité [cf. *présentation C. Vincent*] ; sous l'autorité du préfet et du maire il avait été décidé qu'au moindre signe, au moindre bruit, à la moindre suspicion de rupture du glacier, un homme allait prendre les devants du système d'alerte et « appuyer sur le bouton poussoir ». Dans la journée il y avait des ouvriers sur le chantier, la nuit s'était un peu plus compliquée. Il a donc été convenu que des gendarmes de haute montagne allaient surveiller visuellement l'évolution du glacier : cette surveillance a été assurée 24h/24 pendant une dizaine de jours.

Renseignement

La gendarmerie avait déjà une connaissance parfaite de la population locale grâce à l'implantation des brigades.

Mais il a fallu une recherche du renseignement spécifique sur le dossier (amont - aval) pour parer à toute désinformation. Pour l'anecdote, qui nous a fait sourire a posteriori, nous avons reçu une information indiquant que « les voyants étaient au rouge ». La gendarmerie a rapidement recoupé l'information avec la protection Civile et les pompiers ; finalement nous avons découvert que des extralucides – donc des voyants – avaient prévus la rupture du glacier : l'information « les voyants ont

vu rouge » s'était transformé en « les voyants sont au rouge ». Il faut couper court le plus vite possible à ce genre de désinformation : le message a été transmis très rapidement à toutes les unités de gendarmerie, à la mairie.

Recherche de renseignements pour la gestion de l'information des primo-intervenants : voir plus loin.
Continuité du renseignement tout au long de l'événement, pour renseigner les autorités locales, préfectorales et nationales.

Quand on parle de pression « il n'y a pas que le glacier qui l'a » ; elle ne concerne pas non plus uniquement les scientifiques et les gens du chantier en haut, mais nous également en bas, car il existe une fâcheuse tendance actuellement à chercher à connaître l'identité de la victime avant même de savoir si elle a été victime, et de connaître l'impacte de la catastrophe avant qu'elle ne se soit produite. Lorsque l'information arrive à Paris, les services préfectoraux et ceux sous leur autorité subissent une pression incroyable. La gestion de l'information est donc capitale. S'il y avait eu survenance de cette catastrophe, cela aurait eu une répercussion internationale, amplifiée par la localisation sur les flancs du Mt Blanc, ce qu'il fallait absolument anticiper. Nous nous y sommes donc préparés.

Secours

Projection de personnels aux points de regroupements, au côté des pompiers : dans les quelques minutes suivant le passage de la lave torrentielle, nous n'aurions pas été de trop de 2 ou 3 services (avec la mairie) pour se rendre aux côtés de la population, d'abord pour la rassurer – la proximité d'un service public est toujours rassurante, même s'il se retrouve dans la même situation que la population - ensuite pour alimenter la chaîne de renseignement.

Évacuations (pédestres et aériennes) : nous avons la chance en Haute-Savoie d'avoir beaucoup de vecteurs aériens, si les conditions météo s'y prêtent : il s'agit d'une aide matérielle indéniable.

Maintien de l'ordre

Conception de manœuvre :

Il fallait d'abord concevoir un plan de blocage et de fluidification – difficile d'avoir ces deux éléments sur un même poste - sur tous les points clés du terrain, pour à la fois compter les personnes sortantes en les identifiant pour éviter de compter par la suite des personnes manquantes alors qu'elles ont quitté la zone, et interdire l'entrée pour ne pas avoir à gérer un surplus de véhicules et de personnes qui n'ont rien à faire dans le secteur.

Le plan devait aussi servir à prévenir les pillages, les émeutes.

Prévisions humaine et logistique :

Pas moins de 400 gendarmes allaient être déployés en l'espace d'une quinzaine d'heures tout autour de la zone, deux forces mobiles demandées par la préfecture dans la Zone sud-est, 60 motocyclistes de la Région, 30 motards qualifiés de Savoie, Isère et Jura, un hélicoptère en plus de celui habituellement basé à Chamonix. Tout cela représente des logements, de l'approvisionnement et des relèves.

Enquêtes

Pourquoi une enquête judiciaire sur une catastrophe naturelle, alors que tout a été prévu à l'aval, que les responsabilités « on a le temps de les voir venir », d'autant que la préfecture et la mairie ont bien anticipé ? Car une catastrophe comme celle-ci fait des victimes. Et les familles n'attendent qu'une chose, de pouvoir récupérer les corps de leurs proches.

Nous devons le concevoir, nous avons besoin d'une cellule nationale, l'IRCGN (Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale) avec l'UNIC (Unité Nationale d'Identification Criminelle) et UGIVC (Unité de Gendarmerie d'Identification des Victimes de Catastrophe) pour identifier toutes les victimes. A titre de mémoire, l'UGIVC est l'unité qui s'est rendue sur le tsunami à Phuket ou en Algérie lors du dernier séisme. Les procédés utilisés sont l'odontologie, les empreintes dentaires et l'ADN.

Il faut également pour ces spécialistes prévoir l'hébergement, l'approvisionnement et la relève.

3. Points cruciaux

Préparation : comme cela a déjà été longuement évoqué, avant de rendre publique le risque nous nous sommes préparés en interservices.

Gestion du terrain : étude adaptée du terrain, des entrées et sorties du périmètre.

Viabilité des axes : il s'agit du point le plus important ; dans un cas comme celui-ci, dans les quelques minutes qui suivent l'événement il faut « projeter » des gendarmes sur le terrain, car inévitablement des gens vont prendre leur voiture pour quitter la zone, ce qui est humain, d'autre part des médias et des curieux vont chercher à rentrer dans la zone et en parallèle il faut acheminer les services de secours et d'incendie : tout cela sur un carrefour « ne fait pas bon ménage » et la gendarmerie est le seul service à pouvoir « faire le tri » et assurer le maintien de l'ordre.

Quelques heures plus tard il faut gérer la circulation des équipes de déblaiement, ce qui représente beaucoup de monde sur une telle zone.

Gestion des personnes : autorités, médias, familles, visites ministérielles également...

Tout cela se prépare sur le terrain. Ici nous avons la chance d'être bien implantés en termes d'unité de gendarmerie (« A » sur la Fig. 44) : une à Chamonix, une à Sallanches, une à Megève, une à Passy (hors zone) et le peloton d'autoroute au Fayet, plus une unité à St Gervais même, ce qui représente au total 60 à 70 personnels, rappelables pour la moitié en 15 minutes et pour les autres en moins de deux heures pour aller gérer les points de circulation.

Un plan a été prévu avec la préfecture et la société d'autoroute pour fermer l'autoroute à Sallanches et au Fayet pour dédier cet axe dans un premier temps uniquement aux secours ; la réouverture au public était prévue dans un second temps. P. Chappet a également évoqué le gros CRM présent à Sallanches (Centre de Regroupement des Moyens) qui participait aussi à la fluidité des secours.

Dans un second temps, l'accent était mis sur l'alimentation des Contamines, puisque la lave aurait coupé la seule route d'accès à la commune, démarche qui se serait inscrite dans le temps et une fois de plus en interservices.

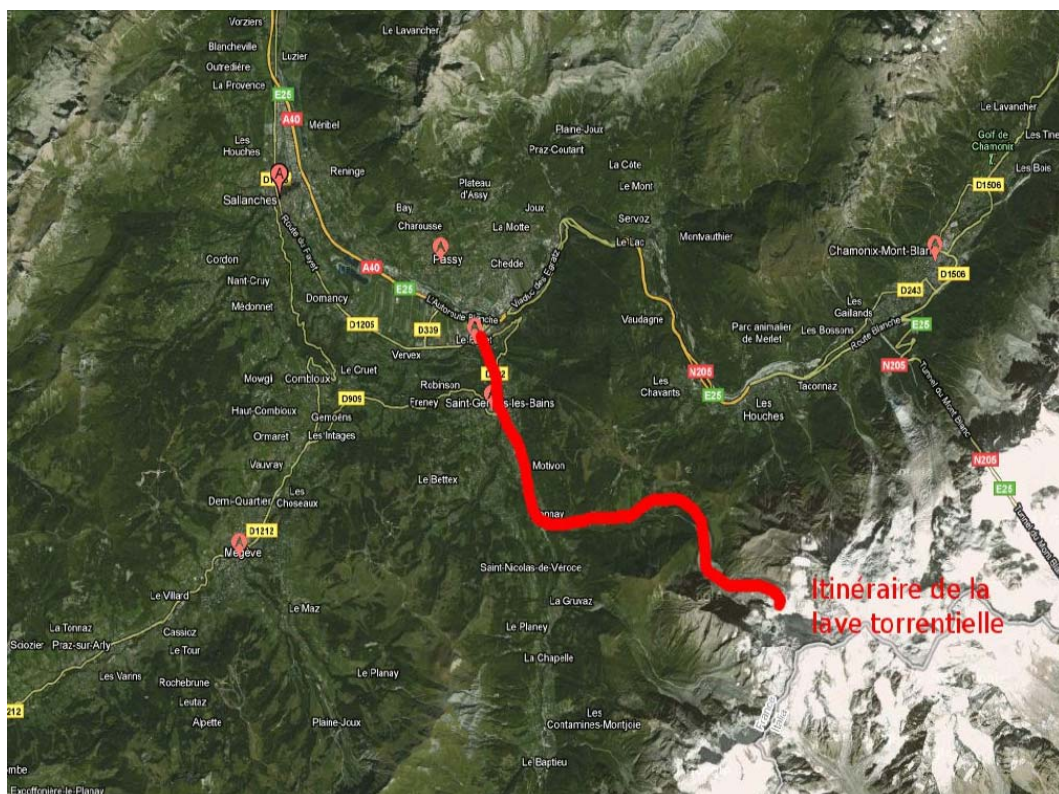


Fig. 44. Implantation des dispositifs de gendarmerie sur la zone

Conclusion (L. Lenoble)

Il faut avant tout noter encore une fois l'importance de la coordination de l'ensemble des services. Pour les laboratoires scientifiques et RTM responsables de l'analyse du risque et des travaux de purge, il a fallu vulgariser le discours scientifique pour faire comprendre le danger aux autorités – le préfet d'un département où il y a beaucoup de glacier, les maires – et lancer la démarche : cela s'est fait en une soirée. Le dossier a ensuite été très bien porté, notamment au niveau budgétaire, entre le maire et les services de l'Etat, en partie grâce à la volonté du maire de prendre en charge le problème sans se décharger complètement sur les services de l'Etat : il a assuré la maîtrise d'ouvrage et donc les demandes de subventions – si l'Etat porte le dossier, celui-ci n'est pas subventionnable et il est beaucoup plus compliqué de trouver d'autres crédits.

Les échanges réguliers – quotidiens avec le RTM, hebdomadaires avec les scientifiques, permanents avec le SDIS et la gendarmerie – ont permis une bonne osmose des équipes sur le dossier, due en partie au fait qu'« on a eu peur » (ce qu'il ne fallait pas laisser refléter dans la communication vers la population).

La coordination scientifique / opérationnelle et politique / décisionnelle a bien fonctionné : cela est sans doute dû grandement aux hommes qui ont travaillé sur ce dossier. Cela aurait pu mal se passer et il n'est pas sûr que cela se passe aussi bien dans un autre cas avec d'autres décideurs, d'autres opérationnels et d'autres scientifiques.

Quelles sont alors les généralisations possibles quand tout semble reposer beaucoup sur ces facteurs humains ?

Questions

Amandine Crévolin (chargée de mission gestion intégrée des risques, Pays du Grand Briançonnais) :
Avez-vous fait le bilan des moyens humains ?

L. Lenoble : Entre mars et juillet, la phase de préparation a mobilisé moins d'une dizaine de personnes, mises à part des sollicitations exceptionnelles des personnes du Conseil Générale, bien connues de nous et qui ne devaient pas délivrer d'information. En juillet deux axes se sont individualisés ; l'axe de la purge et l'axe du plan de sauvegarde, sous le pilotage de la mairie et de la protection civile. Cette deuxième phase a sollicité énormément de monde, en particulier au niveau des exercices : 50, 100 personnes et même plus.

Le coût global était en prévisionnel de 2.815 K€, mais en réalisé a priori moins – cela reste à calculer précisément. Ce coût se répartit comme suit :

- Etudes menées : 248 K€
- Travaux de purge : 2.330 K€
- Dispositif d'alerte : 534 K€

Il a été supporté par des subventions FEDER (40%) et Fond Barnier (40%), les 20% restant étant partagés entre la Région, le Département et la commune.

Il n'y a pas eu de facturation ni de la gendarmerie ni des scientifiques, qui ont assuré le dossier sur leur travail habituel.

An. Loipesberger (Ministère de l'Environnement de Bavière) : Pourquoi l'opération a-t-elle coûté si cher ?

L. Lenoble : Le coût est beaucoup lié aux conditions du chantier, situé sur un glacier difficilement accessible, ce qui a nécessité beaucoup de transport par hélicoptère, notamment un Super Puma venu de Suisse. Le coût comprend aussi beaucoup d'achat de matériel spécifique.

F. Gillet (ex directeur du PARN): En termes de prévention, maintenant que le risque est identifié, des mesures sont-elles prises ? Les Plans de Prévention des Risques sur les communes concernées sont-ils actualisés et si oui de quelle manière, en particulier au niveau du zonage ?

L. Lenoble : Le seul PPR concerné est celui de St-Gervais. Le risque est considéré comme exceptionnel, il n'y a pas (encore) tous les éléments pour caractériser son occurrence, donc pas de contrainte d'urbanisme particulière pour l'instant. Par contre la caractérisation de ce risque doit figurer dans le PPR et le maire a obligation de prendre en compte ce risque, notamment dans le Plan Communal de Sauvegarde, et d'organiser ses services en conséquence. Mais il n'y a pas encore de prise en compte dans le Plan Local d'Urbanisme.

Mélina Diot (chargée de mission Risque au Syndicat des Pays de Maurienne) : Que comptez-vous faire du système d'alerte maintenant qu'il est en place ? Y a-t-il une réactualisation prévue de l'information à la population et aux autorités ? Quel est ce fameux « son montagne » du système d'alerte ?

L. Lenoble : Tête Rousse a été l'occasion de mettre au point ce nouveau son, conçu pour être le plus désagréable possible : il s'agit d'un son séquentiel très rapide avec une forte montée dans les aigus [*ce son a été écouté pendant l'atelier*].

D. Pueyo : Lors des premiers tests sont apparues deux périodes difficiles : au milieu de la nuit – donc il faut que le son passe à travers les murs et l'isolant – mais aussi le soir lorsque les gens regardent la télévision, avec le son parfois très fort chez les personnes âgées. Ces détails prêtent à sourire mais sont très importants en matière de sauvegarde des populations. C'est pourquoi les essais ont été réalisés en début de soirée.

V. Boudières : je voudrais m'intéresser à la sociologie du risque. Nous sommes dans le cadre d'une catastrophe. D'après le Code Général des Collectivités Publiques, le maire est responsable de la sécurité et de la sauvegarde des populations. Or dans ce cas le préfet a aussi joué un rôle important car il s'agissait d'une catastrophe de grande ampleur potentielle : comment cela s'est-il passé entre le maire, élu du territoire, et le préfet, représentant de l'Etat ? Y a-t-il eu des points de divergence ?

L. Lenoble : Il y a eu partage des responsabilités total et intégral entre le maire et le préfet : toutes les décisions ont été prises en concertation, tous les comptes-rendus des comités de pilotage et des réunions de chantier ont été signés à deux mains. Le maire s'est beaucoup investi sur l'information à la population et sur la médiatisation, toujours dans le cadre fixé en commun, alors que sur ces points le préfet était plus en recul. La collaboration a été exemplaire. La nature du dossier – sécurité civile – fait probablement que le partage est plus facile que par exemple pour une négociation autour d'un zonage.

F. Gillet : En matière de sécurité civile, il existe un certain recouvrement des missions et des responsabilités entre le SDIS, qui dépend des collectivités territoriales, et la Gendarmerie, service de l'Etat : comment se fait l'articulation ?

L. Lenoble : Les missions sont en fait complémentaires : mission de secours confiée au SDIS d'une part, maintien de l'ordre et secours complémentaire à la Gendarmerie. Sur toutes les interventions du département de la Haute-Savoie, on retrouve toujours ces deux acteurs principaux – dans un département rural la police nationale est moins présente que la gendarmerie – qui interviennent simultanément et en complémentarité, dans une logique de concertation. Dans le cas présent le préfet était le directeur des opérations de secours au sens de la loi ORSEC avec un commandant des opérations de secours pompier comme le prévoit la réglementation et des appuis de services, notamment la gendarmerie sur les champs d'action définis. Pour déterminer la localisation du poste de commandement opérationnel, tous ces acteurs se sont retrouvés autour du sous-préfet compétent et du directeur des opérations de secours.

D. Puyeo : Oui, je confirme, les deux services sont indissociables, notamment sur les interventions de grande ampleur : le zonage des zones d'impact peut être fait par le SDIS seul, par contre la définition des points de rassemblement, du centre de commandement, du centre de regroupement de moyens et des accès soit absolument se faire en concertation.

P. Chappet : Je prendrai juste l'exemple de l'autoroute : lorsqu'on annonce à la société d'autoroute quelle ne va pas être impactée par la catastrophe, mais qu'il faudra la fermer dans les minutes qui suivent, il faut un certain poids...

4 – Discussion / Débat : Les leçons à tirer de l'expérience de Tête Rousse, ou "Comment transférer cette bonne pratique dans d'autres contextes locaux ou nationaux ?" – Médiateur : Pierre Ostian (Journaliste)

Pierre Ostian : Au cours de ce temps qui nous reste ensemble nous allons aborder la suite donnée à cette expérience réussie de Tête Rousse, nous verrons quel est le rôle de la mémoire et quelle est la mémoire des événements, différente pour un scientifique ou pour la population, et nous verrons également si tous cela est transposable à d'autres événements, pas forcément glaciaires.

J.M. Vengeon : Je voudrais souligner quelques points qui me semblent importants pour lancer la discussion. Je voudrais d'abord dire que je suis très satisfait des questions et discussions qui ont eu lieu jusqu'à maintenant, qui permettent une montée en généralité vers ce qui est transposable et ce qui ne l'est pas.

Je relève tout d'abord une dimension temporelle à deux vitesses : partant de l'événement de 1892, une phase d'étude et de travaux s'est déroulée sur 12 ans jusqu'en 1904, suivie par une sorte de « grand blanc », en apparence, qui dure 103 ans – ce qui représente 4 générations – jusqu'à la réactivation d'un processus avec interrogation sur l'entretien d'un ouvrage par le RTM en 2007 qui a déclenché une accélération quasi logarithmique, entre les études qui se suivent d'année en année puis de mois en mois, avec parfois une réponse demandée dans le week-end, jusqu'à finalement la préparation de la crise où le référentiel de temps est l'heure, pour ne pas parler des 10 min de délai d'évacuation.

Cela m'interpelle et soulève pour moi d'abord la question de la mémoire. Sur la phase de 103 ans « de blanc » la mémoire est restée vivante, a été entretenue par le service RTM : est-ce un cas particulier lié à l'ouvrage à maintenir et à la réactivation de question à chaque visite annuelle ? Aurait-on été capable de faire ça dans un autre cas ? C'est-à-dire, comment s'assurer que la mémoire reste vivante ? Je suis frappé de la différence avec le témoignage de nos collègues valdotains qui nous disent que la participation aux exercices d'évacuation, après une catastrophe, ne dure pas plus de 10 ans, soit un ordre de grandeur de moins. Qu'est ce que peut expliquer ce succès, et comment le rendre transférable ?

Ensuite, dans la phase d'accélération 2007-2010, nous avons vu l'importance de l'articulation entre les services. Au niveau du plan de sauvegarde, dans la sphère services de l'Etat / secours / sécurité civile, étiez-vous déjà « en routine » ou a-t-il fallu mettre au point de nouveaux modes de fonctionnement ? En dehors de cette sphère, un élément pointé par L. Lenoble est la forte articulation entre scientifiques et opérationnels, pourtant cela ne semble pas « gagné d'avance » : il existe a priori des temporalités différentes, des langages différents – par exemple quand on parle d'incertitude, c'est un élément à part entière du résultat pour un scientifique, mais comment peut-elle être appréhendée par les pouvoirs publics au niveau de la prise de décision ? Sur quoi s'est donc appuyé cet apprentissage des uns les autres ?

Enfin, pour reprendre un point abordé par S. Garambois, à partir du moment où apparaissent les premiers doutes, comment se donne-t-on les moyens de lever ces doutes ?

Voilà, ce sont les points que j'aimerais pouvoir approfondir.

P. Ostian : Nous allons pouvoir pour cela solliciter tous les intervenants de la journée, sauf S. Garambois qui doit assurer cet après-midi un cours à l'université. Je laisse tout de suite la parole à A. Loipesberger, qui doit nous quitter rapidement pour rejoindre la Bavière.

A. Loipesberger (Ministère de l'Environnement de Bavière, en anglais) : En venant ici, j'étais très intéressé, même si nous n'avons pas de glaciers en Bavière ; nous avons de belles montagnes et des situations à risques « plus ou moins jolies » - glissement de terrains, phénomènes torrentiels ; au final, ce n'est pas l'aléa considéré qui est important, c'est la façon dont on gère le risque. Cela a été montré aujourd'hui de manière très impressionnante ; les techniques d'étude et de travaux, qui ont occupé une partie des discussions, sont seulement un des éléments à considérer dans la gestion intégrée des risques ; le point clé est pour moi d'atteindre la prise de conscience du risque et l'acceptation du risque, ce qui n'est pas si facile ; je pense que dans ce cas, où il y a eu plus de 170 morts en 1892, les

gens peuvent se le rappeler, mais si le niveau est plus faible – 3-5 victimes, quelques maisons endommagées – l'événement va être oublié très rapidement : c'est un des problèmes auxquels nous sommes confrontés, comme vous en France. Nous essayons d'équilibrer cela par une **solide documentation des événements, pour pouvoir rappeler aux gens, photos à l'appui, ce qui s'est produit et qu'ils ont oublié**. Nous devons prendre les devants de ce caractère humain – l'oubli – pour nous et pour nos successeurs. En ce sens, quelles leçons tirer de cette expérience ? De retour en Bavière, je vais présenter ce que j'ai vu ici à mes collègues opérationnels, puisqu'au final c'est vers eux qu'il faut diriger l'information, pour les aider dans leur travail futur.

P. Ostian : Nous pouvons rebondir sur l'intervention d'Anton pour se demander comment cette mémoire toute fraîche va être entretenue auprès des populations et des services responsables de la sauvegarde des populations, comme pour les scientifiques qui continuent de travailler sur Tête Rousse.

C. Vincent : Je voudrais d'abord apporter un complément d'information à propos du « blanc » évoqué par J.M. Vengeon entre 1904 et 2007 : les Eaux et Forêts ont poursuivi les observations et mesures sur le glacier jusqu'en 1911, puis ont réalisé une douzaine de forages en 1950 pour évaluer l'épaisseur du glacier ; malheureusement tous ces forages, sans exception, ont buté sur des cailloux sans atteindre le lit rocheux, ce qui a abouti à la conclusion que le glacier faisait 30 m d'épaisseur, et à une lettre au maire de St-Gervais indiquant que le glacier avait perdu la moitié de son épaisseur depuis 1904 et ne posait donc plus de problème.

Actuellement le laboratoire de glaciologie propose un programme de recherche pour 2011, en collaboration toujours avec les laboratoires d'hydrologie et de géophysique interne, en impliquant également cette fois le CEMAGREF de Grenoble. Nous lançons en particulier une étude détaillée du régime thermique du glacier, à l'origine de la rétention d'eau (thèse en cours).

P. Ostian : Le Ministère de l'Environnement cherche à faire appel à toutes les compétences sur cette problématique glaciaire ; F. Gillet a été sollicité pour participer à cette prospective.

F. Gillet : Oui, le Ministère m'a demandé mon avis. Dans un problème de cette nature, il faut distinguer deux aspects importants. D'une part, un aspect de recherche sur l'évolution générale du glacier, sachant que la mémoire est importante mais que les conditions de 1892 ne sont plus celles d'aujourd'hui : à l'époque le glacier était, pour une part importante de son volume, à 0°C, alors qu'aujourd'hui il est en grande partie à température négative, ce qui change la nature du phénomène et pose donc une série de questions sur son évolution, l'origine de l'eau et son écoulement, la formation de la poche. L'autre aspect est celui de la gestion du risque : comment gérer le risque à la source pour diminuer le poids (financier, humain...) de la gestion de l'alerte et de la sauvegarde ? Cela suppose une approche spécifique, centrée sur le problème de la gestion du risque.

D'autre part, je voudrais rajouter à propos de la mémoire que, si elle est fondamentale, il faut également s'en méfier. Aujourd'hui, avec le réchauffement climatique, de nouveaux phénomènes apparaissent : le glacier voisin de Tacconnaz, dans la vallée de Chamonix, risque de présenter des risques importants dans les années à venir dus au réchauffement en cours de sa base – le réchauffement jusqu'à 0°C pourrait provoquer une déstabilisation importante de la glace, impliquant des volumes bien supérieurs à ceux des avalanches de neige, souvent provoquées par des chutes de séracs, contre lesquelles on se protège aujourd'hui. Le dégel du permafrost ou les lacs formés à l'avant des glaciers sont d'autres exemples de problèmes que la mémoire ne connaît pas.

Cela implique peut-être en matière de gestion de risque d'évaluer les aléas possibles mais aussi d'examiner plus attentivement les problèmes de vulnérabilité.

P. Ostian : F. Gillet élargit là le champ de la discussion avec la problématique du changement climatique ; dans le futur d'autres glaciers peuvent être concernés par des problèmes similaires à ceux que l'on a connus jusqu'ici à Tête Rousse, Rochemelon ou Arsine.

V. Courtray (Ministère du développement durable) : Je souhaiterais apporter un éclairage du point de vue de l'Etat. Comme on l'a vu le travail interministériel est important, en lien avec les collectivités. Plusieurs ministères travaillent autour de ce risque glaciaire : Ministères de l'Intérieur, de l'Ecologie mais aussi de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, chacun avec un objectif et des compétences différentes inscrites dans ses attributions. Pour le Ministère en charge de la prévention des risques, le cœur du sujet est le travail sur la réduction du risque ; or le risque ne s'entend que si l'on travaille sur la vulnérabilité, sur les enjeux. Il est évident que si ce glacier s'était trouvé au-dessus d'une vallée sans habitations, sans entreprises, sans axes de communication, l'opération n'aurait pas eu la même importance. Le ministère souhaite approfondir ces sujets et en cela le retour d'expérience sur Tête Rousse est intéressant. Je ferais un parallèle avec le risque sismique, également présent dans la région : on sait que le risque existe mais on ne sait pas prévoir précisément son occurrence ; comme il se produit très rarement, on est également confronté à un problème important de culture du risque : on pourrait **profiter de ce qui a été fait dans la vallée de St-Gervais en terme de travail avec les populations pour l'étendre au département/ à la région/ aux Alpes, pour essayer de faire appréhender à la population cette culture d'un risque très rare**, ce qui est particulièrement difficile comme le soulignent les sociologues.

P. Ostian : La culture du risque et la communication autour de cette culture du risque sont effectivement fondamentales ; on sait bien que les populations gardent peu de temps le souvenir des catastrophes ; je me souviens des avalanches de Val d'Isère et de Tignes en 1970, trois jours après les grosses alertes les gens étaient à nouveau dans la rue et voulaient aller skier alors qu'il y avait toujours des risques importants : le travail d'information de la population doit être de tous les instants, sinon il ne sert à rien. Sur cette culture du risque, Laurent Lenoble souhaitez-vous intervenir sur le travail réalisé pour ouvrir le dialogue, informer, faire des exercices, sans alerter/affoler les populations, autrement dit faire passer l'information sans créer de panique ?

L. Lenoble : Il existe de très bons exemples en France, d'autres moins : il est **très compliqué de faire passer des messages à la population française sur la notion de culture du risque**. C'est très difficile à mettre en œuvre, même si l'on progresse à chaque fois sur des campagnes d'information nationales, relayées au niveau départemental par les élus. Il y a un vrai **problème sociologique** derrière cette difficulté, pour faire comprendre aux gens dans le cadre que souligne la loi de 2004 que « les individus doivent se prendre en charge eux-mêmes » au titre des risques sans attendre d'être secouru par un pompier ou autre. La logique est plutôt bien amorcée depuis plusieurs années mais il faut relayer en permanence, par le biais des écoles entre autres. Ce dossier de Tête Rousse est très particulier, puisqu'il y avait un risque imminent avéré : il était donc plus simple de sensibiliser des personnes qui étaient à l'écoute ; malgré tout le jour de l'exercice départemental, certains habitants « s'en fichaient complètement » et prétextaient que « le maire et le préfet ont inventé ça pour nous distraire, laissez-nous boire tranquillement l'apéro en terrasse » – je n'exagère pas. Il ne faut pourtant pas baisser les bras. La logique sur ce dossier précis est (1) continuer à surveiller l'efficacité du plan de sauvegarde, (2) continuer à mobiliser la population, car on sait que la poche d'eau, vide aujourd'hui, se remplit petit à petit : c'est compliqué. Nous avons des campagnes d'information sur le monoxyde de carbone qui tue régulièrement, sur le risque d'incendie qui tue également régulièrement, sur le risque de ski hors domaine skiable par mauvaises conditions – plus que des touristes, des avalanches tuent régulièrement des résidents, qui ont l'information : que faut-il faire (de plus) pour sensibiliser ces gens-là ? Nous continuons les campagnes, nous continuons à aller dans les écoles ; il faut toujours « faire plus », mais je ne sais pas si c'est suffisant, a priori non. Il s'agit donc d'un problème global.

P. Ostian : Sur Tête Rousse, qu'envisagez-vous maintenant de faire, puisque la poche se remplit de nouveau ? Le niveau d'eau monterait de 8 cm / jour, d'après ce que j'ai lu.

L. Lenoble : Il est difficile d'évaluer précisément l'augmentation de niveau, du fait de la forme de la cavité, mais il y a effectivement de l'eau qui s'accumule dans la cavité, à cause du régime thermique

du glacier comme indiqué par C. Vincent. Nous continuons donc le programme d'études, même si cette fois nous ne sommes plus en phase d'urgence, avec le CNRS, différents laboratoires et une aide du service RTM pour rechercher des solutions opérationnelles pérennes en fonction des conclusions de l'étude : en 2011 nous allons évaluer la vitesse de remplissage, l'origine des apports d'eau, le volume d'eau seuil pouvant générer une lave torrentielle qui générerait un danger, le risque d'effondrement du toit de la cavité. Au regard de ces éléments, nous chercherons des solutions techniques pérennes pour régler la problématique de manière « définitive » (le terme est un peu fort). La question de l'évolution du régime thermique du glacier, qui est moins purement du domaine de la glaciologie, va nous permettre de réfléchir s'il faut « sortir l'artillerie » lourde si le régime n'évolue pas (avec pourquoi pas une vidange brutale de la poche), ou si le régime évolue et devient tempéré au niveau de la langue permettant un écoulement naturel de l'eau. Nous attendons donc les résultats des études pour présenter aux autorités des propositions de solutions. Encore une fois il faut que l'organisation soit claire entre ceux qui réalisent l'expertise et ceux qui décident (ce n'est pas le même métier) : les laboratoires n'agissent pas directement pour le compte des autorités. C'est le respect de cette règle qui a assuré la réussite de l'opération.

P. Ostian : Est-ce que l'expérience que vous avez vécue de huit mois d'urgence vous sert aujourd'hui pour plus sereinement étudier la suite et ce qu'il faut mettre en œuvre ?

L. Lenoble : Oui, puisque le dispositif de sauvegarde est en place – câbles détecteurs, sirènes, sensibilisation de la population. Pour les mesures, puisqu'on n'est plus en phase d'urgence, nous devons donner enfin le temps aux laboratoires de se poser les bonnes questions.

C. Peisser (PARN) : Pour rebondir sur cette interaction et sur le rôle respectif des scientifiques et des services de l'Etat, nous avons entendu ce matin l'importance de la réactivité des scientifiques, mais également la difficulté à mobiliser des financements ainsi que le fait que l'étude des risques ne constitue qu'une toute petite part de l'activité des laboratoires : n'aurait-on pas intérêt à renforcer un peu cet aspect, en développant au sein des laboratoires des unités qui s'occupent de façon plus spécifique des ces problématiques ?

C. Vincent : Je n'ai pas de réponse miracle. Au laboratoire de Glaciologie, il nous faudrait plus de moyens humains consacrés aux problèmes de risques naturels d'origine glaciaire. Mais c'est une question de recrutement sur le long terme, qui passe par le Ministère, via le CNRS ou l'Université : une telle politique pourrait être poussée par les pouvoirs publics en amont. L'autre difficulté est de réunir les compétences de différents laboratoires au bon moment : dans ce cas nous avons eu de la chance, j'ai sollicités différents chercheurs, que je connaissais à peine en 2006 et « ça a bien marché ».

C. Peisser : Est-ce que cela est lié à **l'existence de l'Observatoire** à Grenoble (OSUG Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble) ? Si oui, est-ce qu'un tel outil serait à **généraliser** ?

C. Vincent : Oui, certainement : tous les laboratoires impliqués appartiennent effectivement à l'OSUG, il est intéressant d'avoir ce rassemblement de partenaires qui travaillent sur la géophysique interne et externe, à la fois sur un même lieu et avec des relations privilégiées.

Dans le cas de Tête Rousse, il faut également mettre en avant l'absence de difficultés à convaincre les partenaires – pouvoirs publics, services de l'Etat- qu'il était **nécessaire de conduire des recherches qui n'ont pas directement trait à l'urgence mais sont nécessaires pour comprendre les mécanismes** et nous apparaissent indispensables, par exemple pour l'étude d'une solution pérenne. Cet aspect, réussi en 2010, se poursuit en 2011 puisque le programme de recherche a été validé sans qu'il nous soit dit « ça c'est de la recherche fondamentale, cela n'a rien à voir avec nos préoccupations de gestionnaires de territoire ». Ce n'a pas été le cas sur d'autres situations à risque.

Ce qui personnellement m'interpelle, et fait écho à la question soulevée par J.M. Vengeon, est que nous avons découvert cette situation à risque presque « par chance », grâce à l'interrogation de N. Karr (chef du service RTM) sur l'utilité de la galerie. Les dernières situations de risques glaciaires avaient

été découvertes, pas tout à fait par hasard mais de façon un peu similaire, en particulier le cas de Rochemelon. Le glacier de Rochemelon avait été suivi quelques années dans le cadre du projet européen GLACIORISK, suivi qui s'est interrompu à la fin du projet ; le 31 août 2004 nous avons fait une reconnaissance « fortuite » sur ce glacier avec un collègue et c'est à cette occasion que nous nous sommes aperçus de la présence de 65 000 m³ d'eau qui risquaient de se déverser dans la vallée. Pour le glacier d'Arsine, en 1986, il a également fallu vidanger d'urgence le lac pro-glaciaire découvert très tardivement. Est-ce le fait même de ces risques naturels d'origine glaciaire ou est-ce lié au manque de moyens pour réaliser des observations ?

P. Ostian : Poursuivons dans cette voie, en postulant que « A quelque chose malheur est bon ». Cette crise de Tête Rousse a permis à C. Vincent de travailler avec d'autres laboratoires, ce qui est positif. Est-ce le même cas de figure pour le RTM, ce dossier vous a-t-il appris à vous rapprocher d'autres acteurs ? Deuxièmement, sur le sujet du hasard, avez-vous l'impression que la part de hasard pourrait être réduite ? En surveillant les ouvrages, en étant plus « curieux » de ce qui se passe sur ces sites de montagnes... (Cela n'est aucunement une critique).

Florent Charles (chef RTM Haute-Savoie depuis début 2011) : Sur le premier point, oui, nous avons travaillé avec des chercheurs avec qui nous n'avions encore jamais travaillé au niveau du service Haute-Savoie (le cas de Rochemelon avait favorisé les rapprochements entre C. Vincent et le service Savoie). Cela a créé également des habitudes de fonctionnement en équipe avec les services de la préfecture/pompiers/gendarmes, qui sont intéressantes et ne sont pas si développées en dehors des situations de crise, qui créent vraiment des liens privilégiés du fait de l'intensité de la collaboration sur plusieurs mois.

Pour ce qui est prévu sur 2011, nous allons prendre le temps de balayer toutes les techniques envisageables, y compris les plus farfelues, en essayant de faire des voyages d'étude pour découvrir d'autres techniques à l'étranger, ce qui peut être aussi une façon de développer de nouveaux contacts. En matière de connaissance des phénomènes, il s'agit d'une des missions du RTM, confiée de manière annuelle voire pluriannuelle dans le cadre de conventions avec le Ministère de l'Agriculture : missions affectées aux séries domaniales – portions de territoire achetées par l'Etat au début du XXe siècle, aujourd'hui gérées par l'Office National des Forêts – qui comprennent souvent beaucoup d'ouvrages. Les visites annuelles de diagnostic de ces ouvrages sont l'occasion de se rendre dans de nombreux bassins versants, sans que cela soit exhaustif puisque l'Etat à l'époque n'a pas eu les moyens d'acheter toutes les zones à risque. Pour le RTM se pose donc la question des zones hors domaniales, sur lesquelles les connaissances sont beaucoup plus fragmentaires, souvent fonction des événements passés : il n'y a pas d'organisation qui garantisse une exhaustivité des connaissances.

C. Peisser : A propos de la collaboration entre services, en étant un peu provocatrice, faut-il attendre l'occurrence d'une telle crise pour apprendre à se connaître ou auriez-vous gagné du temps – et donc moins fonctionné dans l'urgence – si vous aviez déjà fonctionné ensemble avant ? Ou fonctionniez-vous déjà bien ensemble avant ? Comment cela se passe-t-il dans les autres services RTM ?

L. Lenoble : Au niveau de la protection Civile, nous avons par rapport à tous les acteurs (RTM, gendarmes, pompiers, etc....) des **règles de fonctionnement et d'information qui engendrent des contacts quasi quotidiens** : dès qu'un événement du ressort du RTM nous est signalé par la gendarmerie ou le SDIS (éboulement, glissement...), nous les en informons et ils peuvent se mettre à la disposition du préfet dans un délai de 48h dans le cadre de la convention nationale pour « aller voir ce qui se passe », puis se mettre à disposition du maire pour l'assister sur le dossier. En parallèle de Tête Rousse et depuis, nous avons géré plusieurs autres dossiers, ce qui est la routine en Haute-Savoie, comme sur les autres départements de montagne soumis à des risques naturels. **Nous connaissons donc parfaitement les acteurs.**

Le seul réseau d'acteurs que j'ai eu la chance de découvrir à l'occasion du dossier Tête Rousse, via le RTM, est celui des laboratoires. Dans nos départements soumis à des risques spécifiques tels que les risques glaciaires, il me paraît important que nous puissions **organiser des journées d'échange avec**

les collègues des SIDPC, des DDT en charge d'élaborer les Plans de Prévention des Risques – je regrette qu'aujourd'hui les chefs de SIDPC d'autres départements ne soient pas présents – pour connaître les réseaux d'acteurs et partager les informations.

Bruno Lailly (chef RTM Isère) : Je confirme ce qui vient d'être dit pour l'avoir vécu en Savoie et le vivre maintenant en Isère. Nous avons des relations très rapprochées avec la Protection Civile, pour qui nous intervenons dès qu'elle nous signale un phénomène de risque naturel.

La question soulevée de toujours intervenir en urgence révèle pour moi la difficulté de définir le seuil à partir duquel il faut intervenir. Déplacer toute la population trop tôt, vous l'avez dit, peut avoir des conséquences importantes. La définition du seuil passe par des échanges très rapprochés avec les scientifiques concernés, qui aboutit à une prise de décision la plus tardive possible pour éviter de « bouger tout le monde pour rien » au risque de perdre notre crédibilité. Par contre ensuite le temps est compté, surtout en montagne du fait des conditions, de la neige... Nous étions dans ce cas à Rochemelon.

Mélina Diot (chargée de mission Risques Maurienne) : Sur le cas de Tête Rousse, avez-vous profité de l'expérience de Rochemelon, en particulier au niveau de la gestion des populations ?

L. Lenoble : Par rapport à Rochemelon, l'exemple à ne pas suivre était le montage financier, puisque les opérations ont été lancées avant de savoir si les crédits étaient alloués, même si face à un tel risque « il ne faut pas se poser de question ». A Tête Rousse, le délai de trois mois entre les premières réunions en mars et la caractérisation du risque en juillet a pu être utilisé pour appeler l'ensemble des services départementaux, régionaux et nationaux pour faire le point et monter le volet budgétaire, qui a par la suite été salué par le Ministère. Il n'y a donc pas eu de problème de paiement des entreprises par exemple.

Je ne connais pas suffisamment le dossier au niveau technique pour dire quels sont les points forts/faibles qu'on aurait pu tirer de l'expérience de Rochemelon. Les problématiques techniques étaient un peu différentes, avec un pompage sans forages, plus classique que les techniques novatrices qui ont dû être développées à Tête Rousse

B. Lailly : Pour ce qui concerne la sauvegarde des populations, un système d'alerte avait été mis en place, suivi en direct par le RTM, la Protection Civile et le maire. Les capteurs un peu trop sensibles ont généré quelques fausses alertes, que nous avons gérées avec le chargé de l'instrumentation et des mesures, la Protection Civile et le préfet, avant qu'elles n'atteignent la population ; en effet il existait une grosse crainte de voir « sabotée » la saison hivernale dans les stations de ski de Haute Maurienne, alors que le risque était plus difficile à appréhender, en terme d'immédiateté, qu'à Tête Rousse.

Mélina Diot : Il y a eu également de l'information à la population, dans les secteurs concernés, et en cas d'alerte on faisait sonner le clocher.

F. Gillet : Même si des contacts existent entre les services RTM et les laboratoires, on peut faire le constat que généralement les services opérationnels ne connaissent pas très bien le monde de la recherche ; l'intérêt d'une structure comme le PARN, qui regroupe une série d'organismes de recherche, est de jouer ce rôle d'interface entre les services opérationnels et les chercheurs, en particulier pour identifier les bonnes compétences. Le PARN constate occasionnellement que des régions voisines – Valais, Val d'Aoste – via des programmes Interreg font plus d'appels aux compétences françaises que les services opérationnels français – tant en prévention qu'en gestion de crise. Cela montre le **besoin de renforcer ces liens**.

Au niveau des instances de la recherche, il n'existe pas aujourd'hui de programme spécifique de recherche sur les risques naturels. Le Ministère de l'Ecologie avait jusqu'à il y a peu un programme

« risque » - programme RDT⁵. L'Agence Nationale de la Recherche avait un gros programme risques naturels sur toute la France, mais il n'y a plus rien dans la continuité de ce qui avait été engagé. Au-delà des cas particuliers de Rochemelon ou Tête Rousse, cela pose le problème de financer des programmes de suivi, par exemple dans toutes les zones où le permafrost disparaît. On peut éventuellement trouver plus de financement du côté du changement climatique, mais il faut peut-être s'interroger sur cette lacune.

Alex Théodule (glaciologue Fondation Montagne Sure, Val d'Aoste) : En Vallée d'Aoste, en ce qui concerne le suivi des phénomènes glaciaires, nous avons recensé les lacs nouvellement formés (depuis 1975) : 120 lacs, proglaciaires et sur les corps de glacier, ont été identifiés à partir de photos aériennes, avec des visites de terrain pour lever des doutes sur les cas qui paraissaient à risque. Aucun site n'a été retenu comme présentant des risques. Par contre, une analyse historique a mis en évidence plusieurs cas de vidanges de poches d'eau intraglacières similaires à celle de Tête Rousse. Nous savons que les glaciers de la Vallée d'Aoste peuvent générer ce type de phénomène mais aucune étude systématique n'a encore été entreprise. Nous essayons d'expérimenter les techniques radar pour détecter ces poches. En parallèle, nous instrumentons un glacier, au dessus du domaine skiable du Val Ferret, pour suivre les mouvements de séracs ; il s'agit d'un glacier froid, qui ne « fond » pas mais chute brutalement. D'autre part nous conduisons toute une série d'études spécifiquement sur le permafrost (Michelle Curtaz)

P. Ostian : Merci à nos collègues transfrontaliers pour ce partage d'expérience. Nous arrivons au terme de cette journée, et même si nous n'avons pas forcément fait tout le tour de la question, je vais passer la parole à J.M. Vengeon pour conclure.

J.M. Vengeon : Merci d'abord à Pierre, avec qui nous collaborons pour la première fois, pour l'animation de cette journée préparée en commun.

En conclusion, ce qui me satisfait aujourd'hui, c'est la transversalité des débats, qui ne se sont pas focalisés sur les seuls aspects trop techniques et qui se reflète bien dans la composition de l'auditoire : services de l'Etat (niveau ministère et départements), potentiel scientifique grenoblois, partenaires transfrontaliers mais aussi certaines collectivités territoriales alpines, que nous avons la chance de côtoyer intensivement dans le cadre de l'opération « Site pilotes de gestion intégrée des risques naturels », portée par les deux Régions Rhône-Alpes et PACA ainsi que l'Etat (DATAR), qui s'intéresse à la façon dont les risques sont appréhendés de manière locale/communale. Nous sommes donc bien ici en prise, sur cette thématique de Tête Rousse, aux différents niveaux de la gestion des risques sur le territoire.

Au cours des discussions, nous avons vu que les pistes de réflexions sont très variées, ce qui peut intéresser assez directement le Ministère dans le cadre de sa réflexion en cours sur le risque glaciaire au sens large : caractérisation du régime glaciologique pour une présélection de glaciers potentiellement à risque, prise en compte de la vulnérabilité, travail sur la mémoire en tenant compte de divers changements climatiques, démographiques, d'activité industrielle... Face à des questionnements aussi transversaux, nous voyons se multiplier les acteurs et les sources d'information : cela me semble un formidable espace pour valoriser une plateforme d'échange, de capitalisation et d'animation autour de ces thématiques, avec une vision assez large des implications, qui nous fait sortir du champs des risques naturels : les travaux de C. Vincent dans le massif du Mont Blanc intéressent également le SM3A, qui s'occupe du bassin de l'Arve, sur des questions de ressource en eau, de son évolution, de son partage.

Ces thématiques montagne me semblent donc très intéressantes du point de vue de cette liaison amont-aval : d'un glacier très ponctuel qui peut ou non poser problème nous touchons un terrain beaucoup plus vaste avec des thématiques extrêmement variées.

P. Ostian : Il ne me reste plus qu'à remercier encore une fois tous les intervenants et tous les participants, et à vous souhaiter un bon retour.

Glossaire

ATDO	Assistance Technique à Donneur d'Ordre
ATMB	Autoroutes et Tunnel du Mont Blanc
CEMAGREF	Centre Machinisme Agricole Génie Rural Eaux Forêts
CODIS	Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours
CORG	Centre Opérationnel et de Renseignement de la Gendarmerie
COS	Commandant des Opérations de Secours
CTA	Centre de Traitement de l'Alerte (CODIS)
CTRA	Centre de Traitement et de Régulation des Appels
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
DATAR	Délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire et à l'Attractivité Régionale
DOS	Directeur des Opérations de Secours
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ERDF	Électricité Réseau Distribution France
FEDER	Fonds européen de développement régional
GRDF	Gaz Réseau Distribution France
ISterre	Institut des Sciences de la Terre
LGGE	Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
LGIT	Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique
LTHE	Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie en Environnement
MEDDTL	Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
MOA	Maître d'ouvrage
ORSEC	Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
PARN	Pôle Alpin Risques Naturels
PGHM	Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne
PPI	Plan Particulier d'Intervention
RMP	Résonance Magnétique des Protons
RTM	Restauration des Terrains en Montagne
SAMU	Service d'Aide Médicale Urgente
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SIDPC	Service Interministériel de Défense et Protection Civile
SM3A	Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords
SNCF	Société nationale des chemins de fer