



## Mesures de protection et contraintes d'ingénierie en milieu glaciaire : expérience des services intervenus sur les cas récents

Olivier MARCO, Bruno LAILY, Florent CHARLES (ONF-RTM)

### Introduction

Olivier MARCO (ONF-RTM – Délégation nationale)

Je laisserai mes collègues présenter les côtés pratiques et les difficultés qu'ils ont pu rencontrer sur les chantiers. Je voulais simplement recadrer le débat autour des problèmes liés à l'ingénierie, qui sont de plus en plus reconnus même au niveau national.

**En matière d'ingénierie en montagne, il faut toujours un peu de chance** : un peu de chance **pour la météo**, un peu de chance **pour trouver les bonnes entreprises** - celles qui ont l'habitude de travailler en montagne - et un peu de chance **au niveau des aléas rencontrés** - lorsqu'on réalise nos ouvrages de correction torrentielle, il n'est pas rare qu'une lave arrive, noie tous les fers à béton et nous oblige à tout reprendre ; il faut donc gérer les incertitudes et les problèmes. Il y a aussi beaucoup d'inconnues : dans notre pratique quotidienne il n'est pas possible de faire systématiquement des études préalables, qui parfois dépasseraient le coût du chantier (coût de l'ordre de 10-15% en moyenne) ; cela nous amène par exemple parfois à devoir changer la position d'un ouvrage en cours de chantier. Dans le domaine de l'ingénierie en montagne il existe donc une certaine culture, de prendre des risques avec cet environnement difficile.

Au sein du RTM nous avons aussi une expérience que certaines entreprises n'ont pas en matière de **gestion de crise**, pour laquelle je relève deux points importants : (i) la **gestion du temps** et (ii) la **communication** ; nous avons l'habitude de communiquer avec une préfecture, avec les élus, avec les scientifiques... c'est pourquoi les services RTM interviennent régulièrement en ingénierie pendant les périodes de crise.

Dans le cas particulier d'une **intervention sur un glacier** pour prévenir une catastrophe, la situation est différente des cas où l'on a le temps de faire les travaux, car en montagne tout devient plus difficile.

La **météo** devient vraiment un problème, il ne s'agit pas simplement des pluies et des hautes eaux qui empêchent l'avancée du chantier...

En plus des incertitudes techniques s'ajoutent des **incertitudes scientifiques** : tous les processus ne sont pas complètement connus mais il faut quand même réaliser des choses...

Il est d'autant plus problématique de **trouver les bonnes entreprises** car peu connaissent le milieu glaciaire - il faut vraiment le facteur chance... Il faut aussi des **compétences** en ingénierie assez larges. Enfin ce type de travaux comporte des risques et il faut éviter les accidents (ex. des difficultés sur le chantier de Tête Rousse situé sur la voie normale du Mont Blanc)...

Sur le milieu glaciaire, on entre en **communication avec de nouveaux acteurs**, avec beaucoup plus de **scientifiques** que pour le domaine des torrents où l'ingénierie a quand même un peu plus d'avance. Tout c'est très bien passé les deux dernières fois (Tête Rousse et Rochemelon). Par contre en 1985 (Arsine) la communication a nettement moins bien fonctionné entre scientifiques et services de l'Etat, puisque finalement la préfecture et les services RTM ont du intervenir sous la pression des scientifiques, qui avec le soutien

d'Haroun Tazieff, avaient alerté la population et les journaux pour obliger le préfet à intervenir : nous avons donc dû intervenir au début du printemps, des avalanches se sont produites durant le chantier, qui aurait pu être catastrophique.

Enfin, l'autre cas particulier est que l'on a **très peu d'expérience**, au RTM comme un peu partout (Arsine en 1985, Rochemelon en 2004 et Tête Rousse en 2010).

De plus, notre point faible est que, comme **dans le monde de l'ingénierie, on capitalise difficilement** : on ne publie pas, on ne travaille pas vraiment en réseau (pas d'échanges entre les entreprises privées ou autres sur les problèmes rencontrés). Les scientifiques communiquent beaucoup plus, en particulier dans le cadre d'instances comme celle-ci, c'est pourquoi j'ai demandé à beaucoup de collègues RTM de venir aujourd'hui. On a donc des difficultés à ce niveau-là et, sauf cas particulier qui repose non sur des instances mais plutôt sur des personnalités (ex. P. Desvarreux à l'ADRGT/SAGE), il est difficile de trouver des gens pour venir nous aider quand la crise se produit, et cet aspect n'est pas institutionnalisé.

Comme cela a été dit, je ne pense pas que le fait de faire tous les inventaires possibles permettra de régler le problème. Pour les inondations, 75% des problèmes surviennent en dehors des zones connues comme étant inondables, donc **on sait qu'il faudra intervenir probablement là où on ne s'y attendait pas**.

Par conséquent, je pense qu'il faut essayer de voir comment **mieux capitaliser nos expériences** et à quelle échelle. À mon avis l'échelle nationale n'est pas suffisante et il faudrait essayer de travailler **à l'échelle internationale** pour avoir des retours d'expérience en matière d'ingénierie (ex. sur les techniques de forage), pour qu'ensuite les personnes chargées de ces interventions puissent avoir, non pas une check-list – et surtout pas une check-list ! – mais des éléments sur les réflexions, les essais, les réussites et en particulier les échecs, qui sont très importants à capitaliser (comment on a fait, pourquoi ça n'a pas marché...).

Donc il ne faut pas négliger ce maillon d'ingénierie, et je vais maintenant laisser la parole à mes collègues pour qu'ils puissent illustrer ces aspects-là.

## Le cas du lac de Rochemelon (2004-2005)

*Bruno LAILY*

Les éléments présentés par Bruno Laily sur l'opération de vidange du lac épi-glaciaire de Rochemelon sont issus d'un rapport de **retour d'expérience** consultable en ligne qui, sans rentrer dans les détails techniques, permet de se replonger dans le **déroulement de l'opération** et de se remémorer les problèmes rencontrés.

- Rapport de retour d'expérience :  
<http://www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/ressources/Note-de-synthese-Rochemelon-RTM.pdf> (39,5 Mo)
- Diaporama de présentation du 15 mars 2005 présenté au séminaire :  
[http://www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/presentations/3.1\\_B.Laily\\_REX\\_Lac-epiglaciaire-de-Rochemelon.pdf](http://www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/presentations/3.1_B.Laily_REX_Lac-epiglaciaire-de-Rochemelon.pdf) (10,5 Mo)

Différents aspects de ce déroulement ont été abordés :

- Le travail réalisé dans le projet **Glaciorisk** permettait d'avoir une idée de l'épaisseur du glacier et de la profondeur du lac. **L'information sur l'existence d'un risque potentiel avait déjà été transmise aux autorités.** En septembre 2003, les pompiers du SDIS73 sont intervenus sur le terrain pour avoir une vision plus concrète de la profondeur du lac par rapport aux interrogations qu'on avait déjà à cette époque-là en matière de sécurité ; lors de cette journée étaient présents le préfet, le sous-préfet et la protection civile. Cela rejoint l'aspect « communication », pour lequel le RTM est un peu à **l'interface** entre certaines entreprises, les scientifiques et les autorités administratives.
- La situation à partir de laquelle a commencé la crise (visite du 31 août 2004) a été évoquée hier par Christian Vincent.
- La première réunion de gestion de crise, lors de laquelle le LGGE a présenté les différents cas de figure auxquels on pouvait être confronté, soit une vidange progressive par une bédrière, soit une rupture du verrou glaciaire, avec les conséquences évoquées sur les débits à l'aval (soit 100 m<sup>3</sup>/s au maximum, soit de l'ordre de 4000 m<sup>3</sup>/s).
- Les visites sur le site ont ensuite été de plus en plus rapprochées avec les autorités, les scientifiques, les ingénieurs, les techniciens, etc., pour envisager quelles mesures prendre, avec des questions en matière d'ingénierie sur la façon de traiter le problème et au meilleur coût, compte tenu du contexte particulier à 3200 m d'altitude : soit un déversement du côté col rocheux de Novalesse côté italien, soit côté français.
- Des mesures complémentaires du niveau du lac ont été effectuées et le 30 septembre 2004, le lac était déjà en limite de débordement.
- Les autorités italiennes sont venues lors d'une réunion au cours de laquelle le préfet a présenté les arguments pour et contre le fait d'abaisser le seuil rocheux côté italien pour faire baisser le niveau du lac et rejoindre un équilibre statique entre la masse d'eau et la masse de glace. Finalement, les italiens ont refusé la solution de déversement proposée, sachant qu'ils avaient déjà connu des laves torrentielles sur Novalesse suite à des ruptures de glacier au niveau du seuil rocheux.
- A partir de là, une solution franco-française de siphonage a été privilégiée, cela dit toujours dans l'urgence ; c'est là qu'apparaissent les **problèmes d'ingénierie et de « bricolage »**, parce qu'il fallait faire très vite du fait de l'incertitude au sujet du débordement et de ses conséquences.
- Le collègue Charles Maréchal a eu la bonne idée d'installer des sacs de sable en urgence, ce qui a nécessité de faire intervenir le SDIS, la DDE, les hélicoptères et la Protection Civile. On s'est ainsi donné une marge de quelques jours pour éviter le cas échéant le débordement : au moment où l'on a commencé à faire baisser le niveau du lac il restait une marge de moins de 10 cm avant le débordement, avec toutes les interrogations sur ses conséquences, compte tenu des enjeux en aval - le Ribon qui arrive sur le village de Bessans (qui ne serait pas impacté a priori) puis successivement sur Lanslebourg, Lanslevillard et Termignon.
- En même temps il fallait assurer une **permanence jour et nuit sur le site** pour savoir s'il risquait de se passer quelque chose et, en fonction des observations, passer l'information aux autorités à l'aval et faire réagir la population.

- En amont, nous avons déjà étudié avec le Cemagref les conséquences potentielles d'un débordement, même si c'était à une petite échelle, ce qui s'est traduit par une mise en cohérence du document réalisé par le SDIS sur les **zones de repli** - exercice de cartographie et d'analyse du repli sur des zones définies - avec toute l'incertitude déjà évoquée sur les amplitudes de débordement données par le Cemagref, qui dans la pratique n'était pas en mesure d'être plus précis. En parallèle, le RTM était en relation avec le CG73 concernant la sécurité de la route située à l'aval.
- Il a fallu parfois faire appel à l'armée (bataillon des chasseurs alpins), aux CRS, au PGHM, pour que chacun se relaie successivement, avec des conditions difficiles d'installation sur place et de mise en sécurité.
- Des **aspects techniques liés à l'opération de vidange** ont aussi été évoqués sur le dimensionnement des tuyaux, les techniques de forage, l'intervention à l'explosif, l'adaptation aux conditions météorologiques du matériel de transmission des données permettant un suivi de la vitesse d'abaissement du niveau du lac, en fonction de laquelle étaient prévu différents niveaux d'alerte, etc.
- Suite à cette opération de vidange, la trouée ouverte dans le rocher s'est décalée sous le fond du lac, et l'ouverture est de l'ordre de 2 m. Le lac à chaque refonte retrouve la sortie sans problème et **depuis cette époque le lac ne s'est jamais reconstitué.**
- En terme de **réactivité**, par rapport à ce qu'a dit Olivier Marco, le RTM a pris sa part mais il n'était heureusement pas seul : une trentaine de personnes ont été associées à ce projet, que ce soient les chercheurs, la protection civile, les élus, etc., et c'est le fait de travailler ensemble qui nous a permis de trouver une solution assez vite, puisque l'urgence a commencé le 31 août et que fin octobre on était revenu à un niveau de sécurité satisfaisant.

## Le cas de la poche d'eau de Tête Rousse (2010-2011)

*Florent CHARLES*

Sur Tête Rousse, je n'étais pas en Haute-Savoie en 2010, mais ce que je retiens de l'expérience 2010 et de l'expérience 2011 que j'ai vécue, c'est d'abord la **capacité d'anticipation**.

En 2010, les choses avaient été un peu anticipées en cours d'année ; l'alerte officielle a été donnée le 13 juillet mais il y avait, heureusement, une sorte d'alerte officieuse depuis le début de l'année 2010. Les scientifiques avaient fait part de leur présomption de la présence d'un problème dans le glacier, et c'est ce qui a permis tout de suite au comité de pilotage composé de maire, préfet, scientifiques, RTM, etc., de prendre les premières mesures et notamment de mettre en place des sous-groupes de travail, qui ont commencé à réfléchir à la question :

- Un sous-groupe conduit par Laurent Lenoble (SIDPC 74) a réfléchi aux aspects « protection civile », donc zonage du risque en aval, alerte et éventuellement évacuation de la population ;
- Les scientifiques, qui avaient de gros doutes, ont continué de chercher à confirmer ou à infirmer leurs hypothèses ;
- De son côté, le RTM a cherché des solutions en conduisant des réflexions sur l'ingénierie et les marchés publics.



Cette anticipation fait que lorsque le problème a été clairement posé le 13 juillet (présence d'environ 65 000 m<sup>3</sup> d'eau, avec une partie de cette eau sous pression), il n'y a pas eu « à tout inventer à ce moment-là », ce qui aurait certainement été trop court.

Le chantier a commencé fin août, soit un délai rapide d'un mois et demi pour que les entreprises commencent concrètement les travaux sur le glacier.

Le deuxième aspect est celui d'une sorte de « **bricolage au fur et à mesure** ». Il faut être très modeste, il serait prétentieux de dire qu'on avait tout prévu, tout calculé, que le marché public et le cahier des charges étaient carrés, etc. Il y a eu un appel à marché public auprès des entreprises sur les techniques qu'elles pouvaient proposer, et sur ces bases il y a eu de l'innovation permanente : par exemple la reprise d'une technique déjà utilisée depuis un certain temps par les scientifiques, que l'entreprise a améliorée et sur laquelle elle a déposé un brevet. Une idée venue un peu « sur le tas » a été de faire monter la pelle araignée sur le glacier, de façon quasiment « alpiniste », par le couloir d'accès au glacier. C'était probablement « un peu gonflé », mais finalement le fait d'avoir une pelle sur le glacier a rendu de grands services, ce qu'on n'avait pas spécialement prévu au départ.

Et c'est comme ça que tout au long d'un chantier. Des surprises de tous types surviennent lors de l'installation des forages ; les conditions météo difficiles font que parfois, lorsqu'on se lève le matin et que tout est gelé, il faut être très réactif et s'adapter – d'une part il n'est pas très agréable de devoir passer toute une journée à déglacer le dispositif, d'autre part les pressions sont importantes (au propre et au figuré), il fallait pomper très vite ; autre élément non anticipé, le risque d'effondrement de la voûte glaciaire surplombant la poche après un certain temps de pompage. Cet aspect n'a été perçu qu'en cours de route et il a fallu consacrer quelques jours à la réflexion sur ce sujet-là.

Cet aspect rejoint la question de la **nécessité d'une bonne coordination entre les différents acteurs** et de **l'échange permanent entre les uns et les autres** sur chacun de ses domaines de compétence.

Sur les aspects **capitalisation**, avec le recul en 2011, l'expérience de 2010 a permis d'améliorer certaines choses en terme d'ingénierie – nous avons fait appel aux mêmes entreprises, qui avaient déjà amélioré le dispositif, le type de pompe, la tuyauterie, etc. - mais pas suffisamment l'anticipation, puisqu'il a encore une fois fallu agir très vite entre le moment un problème a été détecté et le temps qu'il nous restait pour intervenir. Cette fois-ci l'alerte a été donnée fin août 2011 ; heureusement il y avait beaucoup moins d'eau à pomper.

L'aspect « protection civile » est traité ensuite par Laurent Lenoble<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Transcription : [http://www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/presentations/3.2\\_L.Lenoble\\_Definition-de-niveaux-d'alerte-et-gestion-de-l'information.pdf](http://www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/presentations/3.2_L.Lenoble_Definition-de-niveaux-d'alerte-et-gestion-de-l'information.pdf)



## Questions / discussion

V. Boudières : Le mot « bricolage » est revenu plusieurs fois, comme le mot « chance » hier, mais derrière ce mot il y a quand même beaucoup d'expérience. On voit aussi qu'il y a une vraie interface "scientifiques – décision – autorités locales", avec même une dimension géopolitique, et que le RTM dans ces moments-là est obligé de travailler dans des laps de temps courts. Pour lancer la discussion, Bruno Laïly parlait de choix de mesures techniques, qui vont avoir une implication forte. Finalement, sur quelles bases faites-vous ces choix au sein du RTM ? Est-ce que vous réunissez un mini comité de pilotage pour stabiliser ces choix ?

B. Laïly : C'est un peu ce qui s'est passé, car personne ne détient seul la vérité. Nous nous sommes retrouvés à plusieurs assez rapidement, on s'est posé des questions avec notamment la SAGE, un entrepreneur, le LGGE et aussi EDF pour l'aspect hydraulique, avec des discussions rapides et assez concentrées... Et puis en fait c'est l'évolution des contraintes qui finalement a fait qu'on est parti sur une solution plutôt qu'une autre, une solution qu'on n'envisageait d'ailleurs pas forcément au départ - la plus simple vu du côté français, qui aurait été d'abaisser le verrou rocheux, ayant été refusée du côté italien.

En termes de responsabilité et de décision des chercheurs par rapport à leurs convictions dans l'incertitude, c'est effectivement très prégnant comme le disait Christian Vincent. Nous l'avons exprimé fortement vis-à-vis du préfet et des élus mais aussi des autorités italiennes quand il y a eu ces discussions : je jouais le relais des incertitudes, en étant conscient qu'on ne peut pas rester trop longtemps dans l'incertitude, donc à mon avis il faut prendre sur soi et dire : « voilà monsieur le préfet, dans l'incertitude il me semble logique qu'on aille dans ce sens-là, en m'appuyant sur l'ensemble de toutes les incertitudes des uns et des autres qui sont fondées sur un certain nombre de choses ». Et je reconnais que ce n'est pas toujours facile à vivre ....

L. Ravanel : On a parlé de l'expérience de 2010 et de 2011 sur Tête Rousse, que peut-on peut attendre de 2012 ?

F. Charles : De l'eau dans la poche, c'est sûr, ça se remplit. Pour être très clair, le dernier comité de pilotage a eu lieu fin janvier 2012 avec le préfet, et le RTM avait pour mission dans un rapport d'essayer de balayer différentes solutions qui puissent être pérennes, un peu plus robustes et durables sur le moyen terme. Nous sommes un peu sous le sceau du secret puisque ces solutions ont été présentées aux autorités, qui ont demandé à pouvoir y réfléchir, et pour l'instant on attend le résultat de ces réflexions.

Nous n'avons aujourd'hui aucune idée de ce qui sera fait en 2012, sachant qu'il arrive environ 15 000 ou 16 000 m<sup>3</sup> par an dans la poche et qu'il reste de l'eau résiduelle après une vidange. En fonction des conditions météo, on va donc se retrouver fin août avec 15 000 à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau dans la poche. Pour l'instant, on n'a pas préparé d'intervention pour 2012.

Se permettra-t-on de passer une année sans aller pomper ? Là on rentre dans le débat sur le risque acceptable, c'est-à-dire le risque que l'on peut afficher et faire accepter à la population en aval. Il reste toute cette dimension, sur laquelle on n'a pas énormément investi jusqu'à maintenant, sur l'aspect information / éducation du public, pour convaincre qu'on peut, en toute connaissance de cause, laisser cette quantité d'eau dans la poche sans grand danger. En tout cas cela fait partie des questions, et convaincre la population reste « un gros boulot ».



L. Ravanel : Justement, est-ce qu'un seuil a été déterminé, au-delà duquel on passe au pompage ?

F. Charles : Cette question fait partie du travail demandé à l'équipe scientifique coordonnée par Christian Vincent, avec toutes les hypothèses et les incertitudes techniques pour afficher un volume. La seule vraie difficulté technique sur le glacier est que le seuil (volume qui une fois arrivé dans le lit du torrent peut générer un problème en aval) est un volume mélangé eau+glace. Quelle sera la proportion entre eau et glace, le volume d'eau sera-t-il suffisant pour emmener avec lui le volume de glace qui aujourd'hui fait bouchon ? Ce sont des incertitudes qu'on n'a pas encore levées.