

## La stratégie de restauration des terrains en montagne

La Rédaction<sup>1</sup>.

### Le service Restauration des Terrains en Montagne (RTM) et son évolution

L'appellation RTM remonte à la 2<sup>ème</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, avec l'adoption de plusieurs lois de lutte contre l'érosion (1860, 1864 et 1882<sup>2</sup>) et elle a perduré comme telle pendant un siècle. Durant cette période, le service a été rattaché à l'administration des Eaux et Forêts.

Au départ, la vocation du service était de remédier à la dégradation des états de surface de la montagne par érosion, dont la cause invoquée était le surpâturage et la déforestation massive (bois de chauffage). Fin XIX<sup>e</sup>, le service a étendu son champ d'intervention aux avalanches et aux glissements de terrain. Les chutes de pierres, considérées comme anecdotiques à l'époque, ont été prises en compte beaucoup plus tardivement.

L'administration des Eaux et Forêts a disparu au 1<sup>er</sup> janvier 1966, pour être remplacée par l'Office National des Forêts (ONF) et la Direction Départementale de l'Agriculture (DDA). Depuis, les services RTM se retrouvent au sein de l'ONF et les DDA au sein des Directions Départementales des Territoires (DDT). Les services RTM ont conservé le suivi comptable des travaux faits au nom de l'État sur les propriétés domaniales, éventuellement les Collectivités et les particuliers. Aujourd'hui, le service RTM est un service spécialisé de l'ONF au sein de 11 départements alpins et pyrénéens<sup>3</sup>, mais pouvant intervenir en dehors de ces régions. En témoigne l'exemple de Vendôme (Loir-et-Cher) et de l'escarpement de tuffeau qui s'y trouve. Le service est intervenu pour l'État dans le cadre de la préparation du Plan d'Exposition aux Risques (PPR). Globalement, le service intervient sur les propriétés de l'État ou au nom de l'État dans les collectivités. Les interventions pour privés sont très modestes.

Les services RTM représentent 120 personnes, dont une vingtaine de géologues ou experts « risques naturels ». Les services comportent un pôle « Expertises » et un pôle « Travaux », qui traitent de tous les risques naturels liés à la montagne (risques torrentiels, avalanches, glissements de terrain, chutes de pierres). Ne sont pas traités les risques météorologiques (tempêtes), sismiques ou les inondations de plaine.

### Nature de l'intervention

L'intervention des géologues dans les services RTM relève beaucoup plus de l'expertise que du chantier et se développe dans deux domaines :

- préventif : cartographie PPR et autres, fréquemment à l'échelle communale ou infra-communale ; notamment mise à jour des cartes d'avalanches avec le Cemagref et suivi de 4 200 couloirs d'avalanches dans les régions alpines ;
- gestion de crise, en lien avec élus et État. Un géologue peut d'ailleurs se trouver à leurs côtés en service d'astreinte.

Les ingénieurs travaux des services RTM sont sollicités pour définir des travaux, vérifier des cahiers des charges ou, de façon plus approfondie, par les élus pour des ouvrages importants ou de coût élevé. Des experts RTM peuvent être mis à disposition des élus pour des activités de conseil, qui peuvent concerner d'autres types d'ingénieurs : hydrauliciens, ingénieurs forestiers, etc. Les ingénieurs sont majoritairement spécialisés en fonction de leur centre d'intérêt et se retrouvent plus polyvalents pour intervenir en dehors de leur territoire.

### Exemples d'intervention

#### Poche d'eau sous glacier

Une poche d'eau a été identifiée sous le glacier de Tête Rousse (74) qui s'étend entre 3 300 et 3 100 m d'altitude. Suite à la catastrophe qui a dévasté St-Gervais le 12 juillet 1892<sup>4</sup> (Fig. 1), une galerie a été creusée en 1898-1899 pour s'assurer de la vidange du puits amont de 1892. Les forestiers constatent alors que les cavités se combleront et la galerie elle-même disparaît au début du XX<sup>e</sup> siècle. En 1901, la découverte d'une crevasse remplie d'eau (50 m de long, 4 m de large et 40 m de profondeur) déclenche le percement de la galerie actuelle et, en quatre ans (1901-1904), 207 m sont ainsi percés permettant la vidange de 22 000 m<sup>3</sup> d'eau de la crevasse.

Il faudra ensuite attendre l'année 2007 pour que l'État finance une étude pour connaître le risque sur Tête Rousse et évaluer l'utilité de la galerie. Cette étude, réali-

1. Remerciements à Jérôme Liévois (Office National des Forêts, Service RTM, Annecy) pour la fourniture des documents de base et la relecture du texte.

2. - Loi du 10 juillet 1860 (reboisement des montagnes et régulation du régime des eaux).

- Loi du 9 juin 1864 (regazonnement des montagnes).

- loi du 4 avril 1882 qui introduit la création de périmètres domaniaux de RTM sur les zones les plus sensibles et la prise en charge des travaux par l'État après acquisition de ces terrains à l'amiable ou par expropriation.

3. Alpes : Haute-Savoie, Savoie, Isère, Hautes-Alpes, Alpes de Haute Provence, Alpes-Maritimes. Pyrénées : Pyrénées-Orientales, Ariège, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Pyrénées Atlantiques.

4. 80 000 m<sup>3</sup> d'eau entraînant 120 000 m<sup>3</sup> de glace et 800 000 m<sup>3</sup> de matériaux sur leur passage. La catastrophe a entraîné la mort de 175 personnes (dont 130 des thermes), la destruction de 11 maisons à Bionnay, de 8 autres au Fayet et de deux bâtiments des thermes. Un million de m<sup>3</sup> se sont déposés au Fayet, couvrant 77 ha.

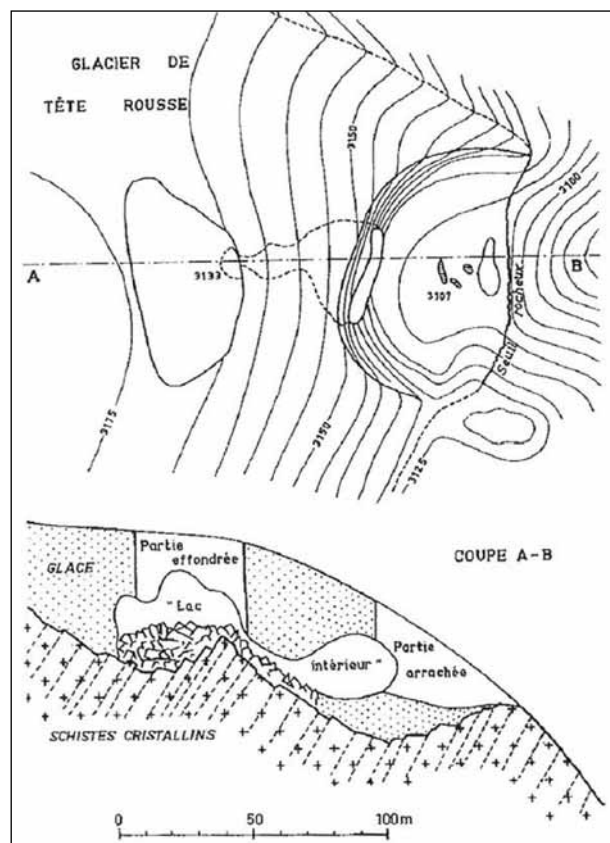


Figure 1. Relevé des cavités par Joseph Vallot en 1892 (source : Vallot et al., 1892<sup>5</sup>).

sée par le laboratoire CNRS LGGE<sup>6</sup>, comporte une topographie de surface et une autre du *bedrock* à partir de mesures radar. Les conclusions mettent l'accent sur la probable inutilité de la galerie et la présence d'une anomalie radar, sans présumer de son origine (eau, sédiments, anomalie de température...).

Ces résultats conduisent au lancement d'une nouvelle étude du LGGE/LTHE<sup>7</sup> en utilisant la méthode de résonance magnétique protonique (RMP). Il apparaît que l'anomalie radar correspond à une masse de 65 000 m<sup>3</sup> d'eau, sous une pression de 7 à 8 bars, sans que sa géométrie ne soit connue avec précision. En raison du risque de vidange brutale, il est proposé de pomper cette eau.

Après réalisation de 12 forages selon la technique du forage thermique à l'eau sous pression, forages qui traverseront jusqu'à 70 m de glace, 5 d'entre eux seulement pourront être utilisés. Le pompage de la poche a été entrepris le 26 août 2010 et s'est terminé le 8 octobre. Sur les 65 000 m<sup>3</sup> d'eau, près de 48 000 ont été pompés. En cours de chantier, des mesures complémentaires ont été réalisées : suivi piézométrique en continu, topographie de surface à intervalles réguliers, sonar, modélisation du risque d'effondrement du toit de la cavité et RMP complémen-

taire. Le service RTM est surtout intervenu dans l'organisation du pompage. Il est prévu de poursuivre le suivi de la poche par piézomètres et mesures RMP.

### Laves torrentielles

Le site de Sixt Fer-à-Cheval (74), dans le bassin du Nant des Pères, a un long passé de désordres naturels : éboulement et surtout laves torrentielles. Les grands jalons historiques sont les éboulements de 1440, et de 1602 et, bien plus tardivement, l'amorce du glissement de terrain en 1997, les crues de 1989 et 1993 et les laves torrentielles et éboulements de 2002 à 2006, avec un événement majeur en décembre 2002 (coulée de 300 000 m<sup>3</sup>) et six événements en 2003 (Fig. 2). À cette date, la surface déstabilisée est estimée à 10 ha. Les laves torrentielles de 2002 et 2003 n'ont pas entraîné de pertes en vies humaines, mais des dommages matériels : CD 907 détériorée, deux ponts partiellement endommagés, une passerelle emportée et une autre endommagée, et d'importantes pertes sur l'économie du site.

Depuis, des études ont été menées sur les aléas d'éboulements et de laves torrentielles, ainsi que sur leur évolution à court et à moyen terme. Les laves torrentielles se sont formées, suite à une brusque accélération de la fonte de petits glaciers elle-même suivie d'un glissement banc sur banc dans les calcaires et marnes de l'Oxfordien.

En 2003, à la demande de la préfecture, le BRGM effectue un diagnostic géologique qui souligne une géologie et une morphologie très défavorable dans le haut du bassin, en raison du niveau de dégradation des masses rocheuses de ce secteur.

Dans un rapport de 2004, le bureau d'études SAGE<sup>8</sup>, sollicité par le Conseil général de Savoie et s'appuyant sur des survols en hélicoptère (prises de vues) et des données de terrain confirme le caractère défavorable du contexte



Figure 2. Localisation des écoulements de laves torrentielles de 2002 et 2003 sur le site de Nant des Pères (document RTM).

5. Vallot M.-J., Delebecque A., Du Parc L., 1892 : La catastrophe du Saint-Gervais 12 Juillet 1892. Archives des Sciences Physiques et Naturelles, Genève. Troisième Période, v. 28, 179–201.

6. Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement.

7. Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement.

8. Société Anonyme de Gestion de l'Environnement.

géologique (bancs schisteux et marneux à pendage défavorable<sup>9</sup>), délimite un certain nombre de zones instables au-dessus de 2 500 m d'altitude et envisage un scénario d'évolution « à court terme » sous forme d'une succession de coulées de 500 000, puis 350 000 et 150 000 m<sup>3</sup>.

Cette étude a été complétée par une analyse du bureau d'études ETRM<sup>10</sup> dont le rapport de février 2006, s'appuyant sur les conclusions du rapport SAGE notamment en matière de volume de coulées, préconise des aménagements réalisés selon l'ordre suivant : piège amont et deux merlons freineurs, plage aval, système d'alerte, piège central (Fig. 3). L'objectif est d'éviter autant que possible les impacts d'un événement type 2002, de permettre le transit des crues ordinaires vers le Giffre, de protéger le camping, le restaurant et les accès au site.

Comme suite à ces propositions, une première tranche de travaux, autorisée par le ministre chargé des sites, a été réalisée, comprenant le piège à matériaux amont, de 140 000 m<sup>3</sup> de capacité estimée, le merlon amont et un merlon aval du piège central le long du Nant des Joathons. L'aménagement d'ensemble du site est encore en devenir, pour des raisons de coût mais également en raison d'une vocation touristique forte qui nécessite de trouver un juste équilibre entre le respect de l'environnement et les aménagements de protection.

### Glissement de terrain

L'exemple retenu est celui de La Valette à Barcelonnette (04). Situé sur la rive droite de l'Ubaye, le glissement de la Valette se trouve dans le bassin du torrent du même nom, dont le lit a été aménagé par des barrages en maçonnerie et le bassin en partie boisé. En 1970, le torrent était considéré comme éteint. En mars 1982, un vaste glissement, lié à une rupture profonde au niveau du contact<sup>11</sup> nappes de charriage<sup>12</sup> – marnes autochtones<sup>13</sup>, déstabilise progressivement les dépôts morainiques<sup>14</sup> à l'aval. La surface concernée passe de 26 ha en 1983, 32 en



Photo 1. Vue générale du secteur de La Valette (cliché RTM).

84, 50 en 1985 et 57 en 1987. Actuellement, on estime le volume de matériaux en mouvement à plus de 5,5 millions de m<sup>3</sup>. Les enjeux à l'aval englobent : 170 logements, 5 commerces, un centre aéré, un abattoir et une gendarmerie (Photo 1).

La rupture s'est produite au niveau du contact anormal, au lieu-dit le Rocher Blanc. Un glissement rotationnel s'est ainsi développé sur une partie rocheuse, entre 1 600 et 1 900 m d'altitude environ entraînant la mise en mouvement des placages glaciaires formant un replat en contrebas. Aujourd'hui, l'altitude minimale du glissement est de 1 300 m. En 1988, les coulées à partir du front du glissement ont atteint au moins 40 000 m<sup>3</sup>. La coulée boueuse a descendu le torrent de la Valette, atteignant presque les premières maisons.

Le service RTM est impliqué depuis le début de la **surveillance** du glissement et il centralise les résultats des études qui soulignent notamment le rôle essentiel du contact anormal. La surveillance est principalement assurée par un suivi topographique, notamment par une ligne de repères installée vers 1 450 m d'altitude et qui traverse tout le glissement sur 300 m de longueur. Cette ligne a été complétée par un profil géophysique donnant la topographie du substrat rocheux.

De 1988 à 2005, les levés, effectués tous les 8 à 30 jours, ont permis de mesurer le passage d'environ 440 000 m<sup>3</sup> de matériaux. Depuis 1993, une série de 28 points topographiques, répartis sur le glissement et en périphérie, est levée à une fréquence bimensuelle (mensuelle initialement) et 9 écartements sont relevés tous les 3 mois au niveau de la fissure principale apparue en amont de la niche d'arrachement qui, en 10 ans, s'est ouverte de 2 à 6,5 m. Par ailleurs, l'écartement entre quinze piquets formant une ligne depuis la niche d'arrachement jusqu'au versant Est de la crête de Soleil-Boeuf est également relevé tous les trois mois depuis 1997. L'objec-



Figure 3. Localisation des aménagements préconisés par le bureau d'études ETRM (document RTM).

9. Calcaires et marnes de l'Oxfordien.

10. Eaux, Torrents et Rivières de Montagne.

11. Contact marqué par une ligne de sources et quelques écailles de calcaire turonien.

12. Nappe de l'Autapie constituée de flysch sénonien : schistes, calcaires et grès très fracturés, ces derniers formant un réservoir d'eau pour l'ensemble du versant.

13. Terres noires du Callovo-Oxfordien.

14. Formant des placages, en général très argileux et imperméables.

tif est de repérer les fissures secondaires et de mesurer la régression de la niche d'arrachement. Trois zones principales de fissures ont ainsi été repérées et mesurées.

En avril 1989 et novembre-décembre 1992, deux pics de déplacement de 35 à 40 cm par jour environ ont été mesurés. Depuis la réalisation des travaux de drainage et d'assainissement, le déplacement moyen varie entre 0,3 et 3 cm par jour selon les saisons, ce qui correspond à un volume de 10 à 100 m<sup>3</sup>/j. Actuellement les vitesses de déplacement ne dépassent pas 4 à 5 cm par mois.

Dès 1988, on a créé un piège à matériaux de 100 000 m<sup>3</sup> de capacité environ et mis en place un système de captage et d'évacuation des eaux superficielles au moyen d'un réseau de fossés et canalisations qui détournent les eaux hors du glissement. En 1989, ce système a été complété par une vingtaine de forages destinés à récupérer en profondeur les eaux alimentant le glissement. L'efficacité de cette récupération profonde a été amoindrie en raison de mouvements profonds qui modifient les niveaux de circulation des eaux souterraines. Néanmoins l'efficacité de l'ensemble du système semble actuellement suffisante, du moins pour freiner le mouvement des terrains. En dehors de l'entretien hebdomadaire, tous les deux ans, des travaux lourds d'entretien du dispositif doivent être réalisés.

Au printemps 1991, on a procédé à un reverdissement de l'ensemble de la zone du glissement par semis hélicoptéré de sainfoin, de luzerne et d'orge. L'objectif est d'augmenter le pompage de l'eau en excès par la végétation. Pour assurer ces travaux réguliers, ainsi que l'entretien du système de surveillance, les communes de Barcelonnette et Saint-Pons se sont réunies en août 2001 en un Syndicat Intercommunal à Vocation Unique (SIVU).

Une information des populations menacées a été réalisée et le plan d'alerte et d'évacuation mis en place doit être rénové pour constituer une annexe du nouveau plan ORSEC départemental. En outre, les PPRN des deux communes interdisent toute construction nouvelle dans la zone menacée. Deux contacteurs électriques sont installés sur le trajet envisagé des coulées boueuses et leur vocation est d'alerter en cas de passage d'une telle coulée. L'alerte est transmise au CODIS<sup>15</sup> de Digne-les-Bains qui assure une veille 24 h sur 24. Le dispositif matériel d'alerte et de vidéosurveillance a d'ailleurs été rénové en 2004 sous maîtrise d'ouvrage du SIVU de La Valette.

### Érosion météorique

Les Terres noires de la région de Digne ont été replantées de conifères (pins noirs) il y a plus d'un siècle. Se pose aujourd'hui la question du renouvellement de ces plantations et de la pérennité du couvert forestier.

Plusieurs solutions sont envisageables pour assurer cette pérennité : la sélection d'espèces différentes ou de différentes classes d'âge, par exemple.

### Mouvements rocheux

Les forêts domaniales, du Capet à l'Ouest et de la Mongie à l'Est se situent à 2 115 mètres d'altitude, en bordure du Parc National des Pyrénées (Photo 2). En contrebas (1 200 m d'altitude), se situe la petite ville de Barèges (Hautes-Pyrénées) dans la vallée encaissée du Bastan. Réputée pour ses eaux thermales (deux établissements) et son domaine skiable, Barèges a aussi été le siège d'avalanches à plusieurs reprises dans le passé (1802, 1822, 1860, 1895, 1907, 1939, 1981, 1986). Son sort et sa survie sont toujours étroitement liés à la forêt domaniale RTM du Capet et à son dispositif de protection paravalanche.

L'origine de cette forêt est liée à la volonté de Napoléon III de protéger Barèges des « effets des coulées de neige ». La forêt, acquise par l'État par expropriation pour cause d'utilité publique (arrêté préfectoral du 10 juin 1863), correspond à l'ancienne série de Sers du périmètre RTM du « Bastan » (décret du 21 février 1863).

La forêt domaniale du Capet culmine à 2 328 m et est entaillée par cinq couloirs d'avalanches, dont les deux plus importants (Midaou et Theil) menacent directement le centre de Barèges. La destruction de l'hôpital militaire en 1860 a conduit le capitaine du Génie de Verdal à installer 5 000 pieux en fonte et de nombreux barrages en pierre. Quelques années plus tard, l'administration des Eaux et Forêts prend le relais et installe des boisements sur banquettes et des murs en pierres sèches sur l'ensemble des ravins. D'autres types d'ouvrages seront ultérieurement mis en place en haut des couloirs : ouvrages de rétention (râteliers, claies, filets...), ouvrages mixtes associant gabions et éléments métalliques, et ouvrages modifiant le dépôt de la neige (barrières à vent et toits - buse disposés en crête pour



Photo 2. Vue générale de la forêt du Capet (cliché RTM).

15. Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours.

supprimer la formation de corniches). À souligner l'existence d'un téléphérique d'accès bi-câble, mis en place en 1951 et qui couvre une dénivelée de 1 025 m.

Aujourd'hui, la pérennité des 900 ouvrages de protection, qui représentent 5 232 m, implique suivi et entretien pour assurer un niveau d'efficacité optimum, une action conduite par du personnel ONF/RTM travaillant en régie et utilisant un matériel diversifié (téléphérique de chantier, ancrage, câble et appareil de levage, hélipontage, etc.). Grâce à la technique du béton projeté, le confortement de 4 431 m de murs et gabions (294 unités) a été également assuré, en utilisant environ 3 000 m<sup>3</sup> de béton.

La forêt du Capet représente environ 147 ha couverts d'une futaie irrégulière de résineux et feuillus divers. Il y a en outre près de 73 ha non boisables (affleurements rocheux, couloirs d'avalanche).

## Valorisation pédagogique

Dans les torrents aménagés depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, seuils, digues et plages de dépôt témoignent de diverses époques d'aménagement. Par exemple : plusieurs torrents ainsi aménagés se jettent dans l'Arve (74). Une mise en valeur pédagogique serait possible en lien avec le Syndicat de l'Aménagement de l'Arve et de ses affluents. Le problème soulevé pour l'instant est l'éloignement des sites les uns des autres, nécessitant des déplacements motorisés. Ce concept décrivant l'histoire des aménagements en vue de réduire le risque serait différent de l'opération Chablais, très orientée paysages.

## Conclusion

Le travail de restauration des terrains en montagne a évolué dans le temps et il est par essence pluridisciplinaire, faisant appel à une diversité de compétences d'ingénierie qui s'efforce de maintenir un haut niveau technique dans une structure de service public. Dans ce contexte, le rôle des géologues est important et leur nombre dans les différentes structures RTM en témoigne.