

Journées Régionales 2025 du CFGI

« Risques géologiques et aménagements en montagne »

Maurienne - Vanoise, 10 et 11 juillet 2025

Les journées régionales CFGI en Maurienne et Vanoise de 2025 ont été organisées par Jérôme Sénémaud, Nicolas Villard et Jean-David Vernhes. Le programme prenait le parti de regards croisés entre les aménagements en montagne (infrastructures de transport, industries hydroélectrique et minérale) et les risques que l'environnement géologique particulier de la Maurienne et de la Vanoise faisait peser sur eux. Le groupe des 12 participants a eu la chance d'arpenter la Maurienne sous un soleil éclatant, sans chaleur excessive, et dans une bonne humeur saluée par chacun. Le compte-rendu qui suit donne un panorama succinct de la géologie rencontrée pendant ces journées régionales. Plusieurs des sites visités et des thématiques associées sont ensuite repris plus en détail, chacun illustrant la variété des sujets étudiés par la géologie de l'ingénieur, tous traversés par la nécessité de concevoir les ouvrages et aménagements en harmonie avec la nature et l'environnement géologique, ce qui est au fond l'essence même de notre discipline.



Figure 1 – Le groupe des journées régionales 2025 devant les falaises de flysch schisteux ultra-dauphinois.

Paysage géologique traversé

La vallée de la Maurienne, bordure méridionale de la Vanoise, offre un terrain d'études géologiques riche en aménagements et en applications pour l'ingénieur. Le groupe du CFGI, parti de Chambéry, est remonté depuis Saint-Julien-Montdenis à Modane, en passant par La Praz. Le cheminement emprunté dans cette vallée, quasi perpendiculaire à l'orientation des formations alpines, a permis de croiser des environnements géologiques divers et liés ainsi que différents chantiers et aménagements. Nous allons passer en revue dans ce paragraphe la géologie des zones visitées dont certaines font l'objet d'un article en insertion dans la suite de ce compte rendu.

Les zones visitées sont localisées sur le profil géologique du tunnel de base du Lyon-Turin ci-dessous :

- Première journée :
 - o La zone de la tête France du tunnel de base du Lyon-Turin et son environnement géologique (cône de déjection et massif de flysch schisteux),
 - o La zone de l'effondrement de la Praz, en aval de Modane, en Briançonnais,
- Seconde journée :
 - o Les barrages de la chute d'Aussois (Plan d'Amont et Plan d'Aval),
 - o Le fort Victor Emmanuel (Barrière de l'Esseillon).

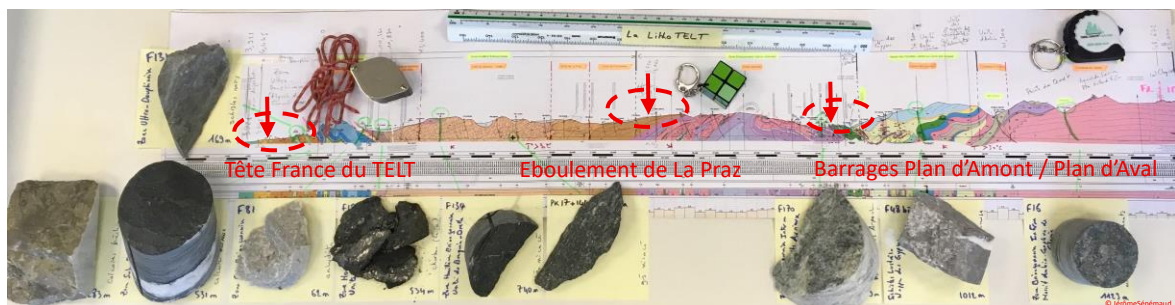


Figure 2 – Lieux de visites reportés sur le profil du tunnel de base du Lyon-Turin avec quelques faciès typiques du tracé du tunnel.

Première journée

Sur les hauteurs de Saint-Julien-Montdenis, le groupe a pu découvrir le matin un panorama sur Saint-Jean-de-Maurienne, avec une vue sur l'Arvan, le massif granitique du Rocherey et les falaises surplombant le site de stockage des matériaux d'excavation (MATEX) des Resse. Ces matériaux sont issus du creusement du tunnel de base de la ligne ferroviaire Lyon-Turin. Les aménagements de la vallée ont aussi été observés : l'endiguement de l'Arc, l'autoroute A43, la voie ferrée historique, l'urbanisation de Saint-Jean-de-Maurienne ainsi que les travaux dirigés par Tunnel Euralpin Lyon-Turin (TELT) comprenant la construction de la ligne nouvelle et les structures associées : travaux de remblaiement, bandes transporteuses des MATEX, sous-station électrique et portail France du tunnel.

Le groupe a ensuite remonté, depuis le cône de déjection du torrent du Saint-Julien, les gorges qu'empruntent le sentier aménagé des « Ardoisiers » qui nous a mené à un point de vue sur les falaises de flysch schisteux et ses carrières jadis exploitées. Le thème des exploitations des minerais et matériaux des deux Savoies a été abordé.

L'après-midi a été consacré à une visite des travaux du Chantier Opérationnel 08, à la tête française du tunnel de base du Lyon-Turin. Après un exposé par TELT, la visite en souterrain s'est faite par demi-groupe.

En fin de journée, le groupe s'est rendu dans la zone de l'éboulement récent de La Praz, en aval de Modane, dans la zone houillère briançonnaise (schistes et grès).



Figure 3 – Débriefing de la première journée et échanges sur la formation des Alpes.

Seconde journée

Le groupe a été projeté au cœur de la zone briançonnaise interne en Vanoise avec une thématique Aménagements hydroélectriques. Le site des chutes d'Aussois, avec les deux barrages de Plan d'Amont et Plan d'Aval, est aménagé dans un environnement géologique marqué par le socle schisteux, des formations de couverture (quartzites et cargneules) et des formations superficielles (éboulis, glacier rocheux).

Pour aller plus loin :

— [le « bilan de plus de 20 années d'études et de reconnaissances » pour le tunnel de base du Lyon-Turin, présenté à la conférence de l'AFTES en 2022, à Chambéry.](#)

Formations superficielles

La visite du Chantier Opérationnel 8 (CO8) du tunnel de base Lyon-Turin a constitué une belle transition entre les observations de surface faites le matin de la première journée, le long du sentier des Ardoisiers et le contexte géologique des premiers kilomètres du tunnel. À partir de la tête côté France, les deux tubes traversent le cône de déjection du torrent du Saint-Julien sur un linéaire d'environ 500 m. Cette formation a été reconnue à de multiples reprises, pour le projet TELT mais également pour des projets EDF, ce qui a permis d'en apprécier la variété et la complexité des dépôts. Quatre formations se superposent, successivement (du haut vers le bas) : (a) un ensemble de matériaux essentiellement limoneux (cône de déjection « récent »), (b) une couche d'épandage torrentielle sablo-graveleuse, (c) une couche déposée par une lave torrentielle d'une épaisseur de 12 m environ (datation grâce à des bois fossilisés), et enfin (d) les alluvions anciennes de l'Arve. L'imperméabilité de la couche (c) implique que la nappe sise dans (d) est en charge. La forte hétérogénéité de l'ensemble du cône de déjection, dépourvu de cohésion, a d'abord nécessité la réalisation d'environ 1000 colonnes de jet-grouting pour renforcer la zone d'attaque, et a également imposé la réalisation de soutènements lourds pour en garantir la traversée.



Figure 4 – Entrée du tube sud côté Saint-Jean-de-Maurienne du tunnel de base Lyon-Turin, réservé aux trains circulant vers la France. Les sections divergentes (succession de tronçons de cône) sont caractéristiques d'un avancement à l'abri de voûtes-parapluie. L'étanchéité a été posée, le radier bétonné, les armatures du revêtement définitif positionnées.

Les participants du CFGI ont pu observer, dans les 500 premiers mètres après la fouille de lancement, la forme divergente des premières passes d'excavation, caractéristique d'une

attaque à l'abri de cintres lourds renforcés par l'installation de voûtes-parapluie, en plus du traditionnel béton projeté. Lors de la visite, le tube direction Lyon (tube sud) avait son étanchéité disposée en tête, et le radier du revêtement définitif était coulé sur une dizaine de mètres, tandis que les armatures de voûte étaient en attente. Le revêtement a été fini dans cette zone en septembre 2025. Au-delà des 500 premiers mètres du tunnel, hors du cône de déjection, le groupe a pu noter le passage dans le massif rocheux de flysch du Cheval Noir schisto-gréseux de la zone ultra-dauphinoise à un soutènement sans voûtes-parapluie mais toujours avec des cintres. Au moment de la visite, 1975 m de tunnel et 7 rameaux d'interconnexion avaient été excavés. Pour sortir de cette zone de flysch et atteindre le célèbre front pennique, séparant les domaines ultra-dauphinois et subbriançonnais, il reste en principe moins de 2000 m à excaver.



Figure 5 – Demi-groupe dans le tube sud du tunnel de base du Lyon-Turin (Chantier Opérationnel 08 de TELT).

Pour aller plus loin :

- Crouzet C., Nicoud G., Fudral S., Rampnoux J.P., Dzikowski M., Paillet A., Lacombe P., 1999 : Contrôle du remplissage détritique Tardiglaciaire à Holocène d'une haute vallée alpine par les dynamiques de versant : l'exemple de la moyenne Maurienne (Savoie), *Quaternaire*, 10, (1), pp. 37-48.
- Egal E., Baudin T. et Marty C., Tunnel de base du Mont Cenis. Présentation de la coupe géologique de référence (côté France), *Géologie de la France*, n° 3, 2020, pp. 41-65 ([gf3-1-2020.pdf](#))

Activités extractives en Maurienne

Les mines et carrières de Savoie

Dans la continuité des journées régionales du CFGI de 2015, organisées par le très regretté Denis Fabre, cette visite, en Savoie, a permis d'examiner entre autres les conditions d'exploitation des carrières souterraines des schistes ardoisiers du flysch alpin, accrochées aux flancs de versants.

Cette visite complète le programme de 2015 qui était consacré aux mines et carrières de Maurienne et Tarentaise, avec l'étude des sites miniers de La Plagne (plomb), d'Aime (anthracite), l'exploration des dépilages du musée de la mine de Saint-Georges-d'Hurtières (fer) et la visite des carrières à ciel ouvert de gypse et d'anhydrite de Saint-Jean-de-Maurienne exploitées par BPB Placo.



Figure 6 – Les participants aux journées régionales de juin 2015, également en Savoie.

Les sites d'exploitation des mines et carrières de Savoie ont été inventoriés et abondamment décrits par le spéléologue minier Robert Durand dans ses deux publications qui font référence :

Pour aller plus loin :

- *Anciennes mines et carrières souterraines de Savoie. Hier et aujourd'hui*, publié en 2005 aux éditions Cléopas ;
- *Un siècle dans les mines de Savoie. Sites d'extraction, patrimoine, histoires vécues*, publié en 2010 aux éditions Gap.

Les carrières de schistes ardoisiers de Maurienne

Au point le plus haut du sentier des ardoisiers, le groupe a pu visualiser les parois montagneuses qui surplombent le village de Saint-Julien et qui sont percées de nombreux orifices assez énigmatiques au premier abord. Il s'agit des entrées de petites carrières souterraines d'ardoises (une centaine recensée), abandonnées depuis 1982. Le flysch schisteux y était extrait de manière artisanale, dans des conditions souvent acrobatiques et périlleuses au vu des conditions d'accès, par une population pour la plupart émigrée. Les archives indiquent par exemple que 217,6 millions d'ardoises y ont été produites entre 1860 et 1900. L'extraction se faisait dans des chambres d'assez petite taille (quelques dizaines de mètres de long, pour dix à vingt mètres de large et trois à quatre mètres de haut) auxquelles on accédait par des galeries « filantes ». Le matériau était descendu dans la vallée notamment par un téléphérique dont on retrouve encore les traces. Ces vestiges ont été préservés par l'Office National de Forêts et la commune. Ils sont mis en valeur depuis 2004 le long du sentier pédagogique richement documenté que nous avons pu parcourir.



Figure 7 – Entrée d'une galerie de carrière de schiste ardoisier de Saint-Julien-Montdenis, le long du Sentier des Ardoisiers.

Pour aller plus loin :

On peut trouver le récit de cette épopée dans l'ouvrage abondamment illustré de Pierre-Marie Charvoz, *Ardoisières et ardoisiers de Maurienne, les carrières de Saint-Julien*, publié en 2001 aux éditions Derrier.

Production d'ardoises (en milliers)

1860	1000	1870	3000	1880	2650	1890	8370
1861	1250	1871	2500	1881	3830	1891	8950
1862	1500	1872	3000	1882	3950	1892	8640
1863	1800	1873	2500	1883	4490	1893	9700
1864	2100	1874	2700	1884	6250	1894	7200
1865	2368	1875	2500	1885	7195	1895	11350
1866	1825	1876	5700	1886	6700	1896	11150
1867	3325	1877	3600	1887	6800	1897	11150
1868	2110	1878	3600	1888	9565	1898	8750
1869	3600	1879	3000	1889	8600	1899	11060
						1900	9280
	20878		31100		60030		105600

Figure 8 – Production annuelle des ardoisières de Saint-Julien-Montdenis entre 1860 et 1900 (les années sont classées par colonnes ; Figure extraite du livre de Pierre-Marie Charvoz publié en 2001).

Chutes de blocs et éboulements

Protection du site des Resses (stockage provisoire et définitif du CO11)

Le circuit des ardoisiers offre un panorama que le groupe a pu apprécier avec une vue dégagée sur une partie de la basse vallée de la Maurienne et sur le versant rocheux surplombant le site des Resses, situé en face. À cette occasion, SETEC Terrasol a présenté aux autres participants la thématique des études menées sur le risque de chutes de blocs. En effet, le site de dépôt des Resses, en pied de versant rocheux raide, sensible à l'érosion et au ravinement, a nécessité avant toute activité de stockage et de traitement des matériaux d'excavation du chantier du tunnel de base du Lyon-Turin, la mise en place de dispositifs de protection des activités vis-à-vis des chutes de blocs.

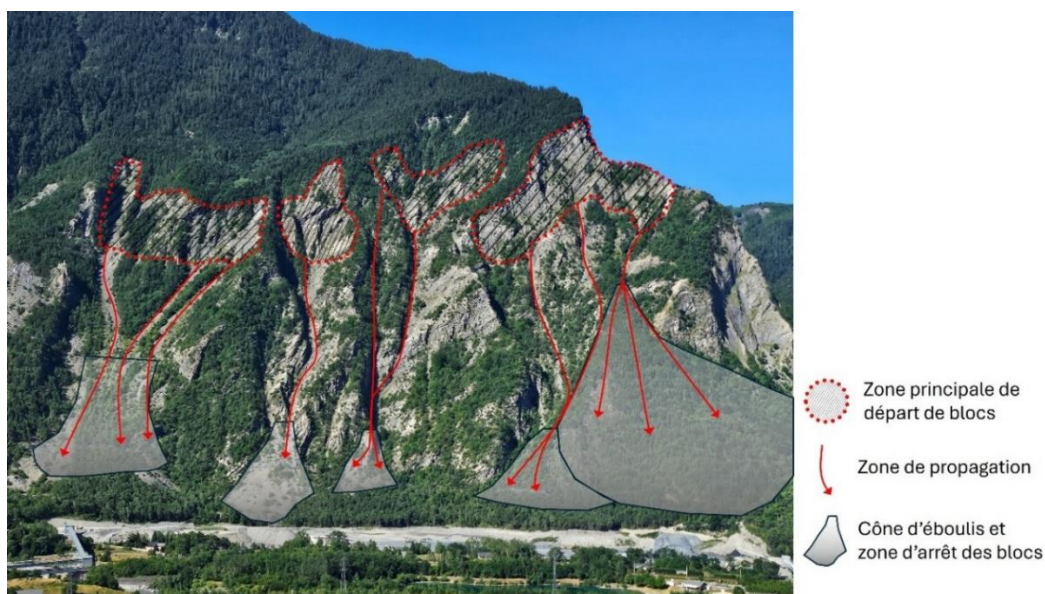


Figure 9 – Analyse trajectographique du versant au-dessus du site de stockage et de traitement des matériaux excavés des Resses (Chantier Opérationnel 11 de TELT).

En 2018, SETEC Terrasol a réalisé, à cet effet, une étude trajectographique afin de qualifier et quantifier les risques liés aux chutes de blocs au-dessus du terrain des dépôts des Resses et de dimensionner les filets pare-blocs adéquats. Les grands principes du déroulement de ce type d'études en sont les suivants :

- En premier lieu, une visite de terrain a permis de localiser et d'investiguer les zones de départ de blocs : une analyse des conditions géologiques et structurales sur site a ainsi été réalisée pour définir les tailles et les formes de blocs dans les calcschistes et des calcaires gréseux.
- En deuxième lieu, les zones de propagation ont été recensées, avec quatre ravines principales (couloirs) guidant les éboulements rocheux. Ces informations ont permis le bon calage des profils trajectométriques.
- En troisième temps, les zones d'arrêt ont également été recensées sur place afin de caler les paramètres de restitution par rétro-analyse. Les blocs observés dans la zone d'arrêt présentaient des dimensions de l'ordre de 1 à 12 m³.

L'ensemble de ces données a servi à la réalisation de calculs trajectographiques, permettant ainsi de définir la position optimale des écrans, leur hauteur et leur classe d'énergie. On retrouve aujourd'hui six écrans pare-blocs dynamiques disposés en pied de versant d'une hauteur minimale de 5 m et de capacité nominale de 5 000 kJ.

Pour aller plus loin :

- [Lien vers la présentation de Terrasol](#)
- AFNOR. « NF P95-308 - Equipements de protection contre les éboulements rocheux - Ecrans de filets », 20 février 1996.
- EOTA. « ETAG 027 - Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits », avril 2013.

Effondrement de la Praz

L'observation du site de la Praz, détaillée par NGE, a permis de revenir, en fin de première journée, sur l'effondrement rocheux survenu en 2023. Cet événement avait alors coupé les différentes infrastructures de transport : voie ferrée vers l'Italie, autoroute A43 et route départementale. Seule la route départementale en rive droite de l'Arc permettait de maintenir le transit vers la Haute-Maurienne. Le lieu de l'éboulement est actif depuis longtemps, puisque le chemin de fer, construit au XIX^e siècle, avait été identifié et protégé au droit du site par un tracé couvert (tunnel de la Brèche). Sur place, le groupe a pu observer les parois purgées pendant les travaux de stabilisation. Etaient visibles les anciens filets destinés à prévenir le départ de blocs, arrachés dans leur majorité par l'effondrement de 2023, et les nouveaux, dont l'installation a nécessité de spectaculaires travaux d'accès difficile. Afin d'assurer un suivi continu de la paroi, la SNCF a disposé en rive droite de la vallée des caméras qui en surveillent les mouvements, en plus des traditionnels câbles électriques de détection situés aux abords

de la voie ferrée. Le soir, les participants du CFGI ont échangé autour d'une présentation de NGE et en particulier sur le retour d'expérience des mesures entreprises en urgence : pose de containers maritimes et écran de protection des chaussées. Ces travaux rendirent possible la réouverture de l'autoroute, mais en régime dégradé (chaussée à trafic bidirectionnel) et permirent ensuite une sécurisation de la paroi et des enjeux en contrebas.



Figure 10 – Le site de la Praz : la paroi objet de l'effondrement de 2023, le tunnel ferroviaire de la Brèche, la route départementale 1006 et l'autoroute A43.

Aménagements hydroélectriques

Le 11 juillet au matin, le groupe s'est rendu dans la vallée de Saint-Benoît, en surplomb des barrages de Plan d'Amont et de Plan d'Aval, afin d'observer les pentes sub-occidentales de la Dent Parrachée. Le point de vue a permis d'aborder la géologie du secteur et d'appréhender le contexte d'implantation des deux ouvrages à destination hydroélectrique.

EDF a ensuite présenté, depuis la crête du barrage de Plan d'Amont, les caractéristiques techniques de ce dernier. Barrage-poids, fondé sur des schistes verts, il offre une esthétique remarquable avec sa série de plots évidés. La visite s'est poursuivie à l'intérieur de la galerie périmétrale, avec la présentation du système d'instrumentation, de surveillance (pendules, cibles de théodolites) et de drainage de l'ouvrage (piézomètres).

En début d'après-midi, le groupe s'est dirigé vers le barrage situé en contrebas : Plan d'Aval. Ce dernier possède la particularité de combiner deux ouvrages : un barrage-voûte et un barrage-poids. EDF a, enfin, précisé l'articulation entre les ouvrages de retenues de Haute-Maurienne et leurs groupes de production hydroélectriques dans la vallée.



Figure 11 – Vue d'un des barrages (ici la voûte) fermant la retenue de Plan d'Aval. A noter les deux cibles fixes de mesure sur l'éperon rocheux (côté gauche de la photo), permettant le suivi des déformations de l'ouvrage.

La visite de deux barrages de types différents a permis d'illustrer les interactions clés entre la géologie du site et la structure du barrage, analysées dès la phase de conception. Les études géologiques et géophysiques visent d'abord à détecter d'éventuelles faiblesses majeures

(comme des failles) sous l'ouvrage. Ensuite, des forages évaluent la qualité du rocher pour supporter les charges du barrage et comprendre l'hydrogéologie, afin de maîtriser les sous-pressions et de dimensionner les systèmes d'étanchéité et de drainage. En aval des organes de décharge (évacuateurs de crues et vidanges), le rocher est aussi étudié pour éviter une érosion de la fondation. Enfin, à l'échelle de la retenue, l'identification des glissements de terrain, actifs ou réactivés par la mise en eau, est systématique depuis l'accident du Vajont en 1963 (Italie).

Rappelons enfin, que dans le cas des barrages en béton, l'étude statistique de l'accidentologie montre que les ruptures sont principalement causées par une fondation rocheuse insuffisante ou une érosion interne de celle-ci. Dans le cas des voûtes, la totalité des ruptures est d'origine géologique-géotechnique. Une statistique qui souligne le rôle central de la géologie de l'ingénieur dans la sécurité des barrages.

Pour aller plus loin :

- Monographies de Plan d'Amont (https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/monobar_plan-damont.pdf) et de Plan d'Aval (https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/monobar_plan-daval.pdf), Comité français des barrages et réservoirs (CFBR), 2022.
- *Fondations rocheuses de barrages*, Bulletin n° 88 de la Commission internationale des Grands Barrages (CIGB).
- *Fondations de barrages : considérations géologiques, méthodes d'investigation, traitement, auscultation*. Bulletin n° 129 de la CIGB.
- *Ruptures de barrages : analyse statistique*, Bulletin n° 99 de la CIGB (1995) et sa mise à jour dans le bulletin n° 188 (2019).

GLOF

L'excursion dans le massif de la Vanoise a permis au groupe d'observer la Pointe de la Fournache (3642 m) située au pied de la Dent Parrachée ainsi que son glacier rocheux, lieu de la vidange brutale d'un lac proglaciaire en 1979, dont l'eau libérée a atteint la retenue EDF du Plan d'Amont. Ce phénomène fait partie de ce qui est appelé *Glacial Lake Outburst Floods* (GLOF), défini comme la vidange brutale d'un lac supra-intra-sous ou pro-glaciaire.

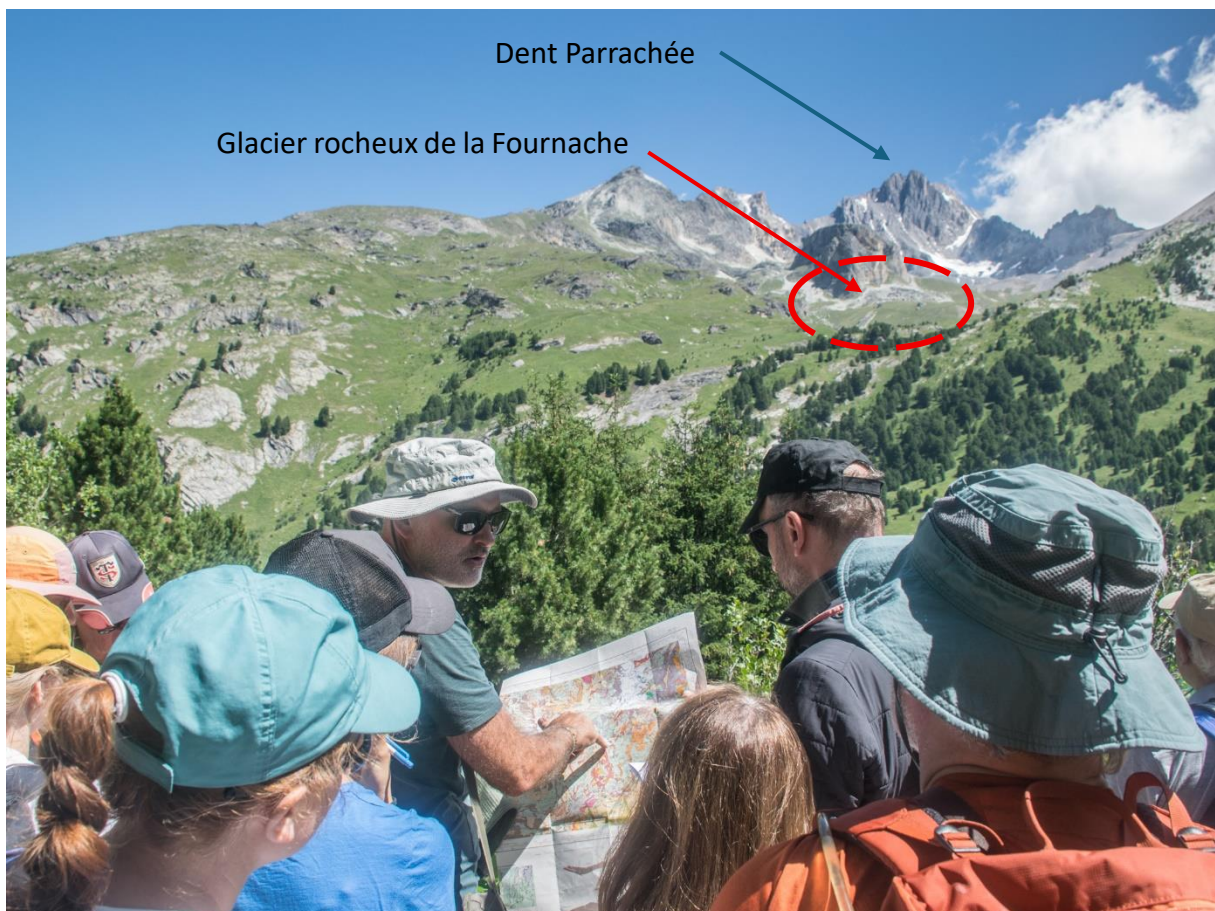


Figure 12 - Ensemble des participants écoutant attentivement les explications d'EDF sur le GLOF qui s'est produit au niveau du vallon de la Fournache en 1979 et sur les risques de la survenue d'un nouvel évènement, notamment vis-à-vis de la retenue d'eau EDF de Plan d'Amont.

Dans le cas du glacier de la Fournache, le lac s'est formé à l'arrière de la moraine frontale hétérogène et particulièrement développée du fait des parois environnantes, formées de quartzites à pendage quasi-vertical et découpées par le gel/dégel. Les écoulements se faisant préférentiellement au niveau des zones de faiblesse, un conduit de 2 à 3 m de diamètre s'est formé et la libération de l'eau s'est faite brutalement par rupture du bouchon du conduit. Il a été rappelé que les GLOF peuvent également être dus à la fonte accélérée des glaciers, à l'instabilité de glaciers ou encore à l'activité sismique. Cette libération brutale d'eau peut provoquer des coulées de boue, des laves torrentielles, des crues de torrents ou encore des avalanches pouvant atteindre les vallées. Les échanges lors de cet arrêt paysager ont donc aussi porté sur les conséquences possibles pour les enjeux en aval (population potentielle de

15 millions de personnes concernées dans le monde, notamment en Asie), infrastructures, écosystèmes, pollution des eaux, etc. Afin de limiter la survenue de ces phénomènes - comme en 1892, où la rupture d'une poche d'eau sur le glacier de Tête Rousse à Saint-Gervais-les-Bains avait fait 175 morts - amplifiés par le réchauffement climatique, des mesures de prévention et de gestion sont prises : surveillance et travaux de vidange de lacs glaciaires, comme au glacier des Bossons, à Tignes ou à Pralognan-la-Vanoise, mise en place de dispositifs d'alerte précoce ou encore sensibilisation auprès de la population et des élus.

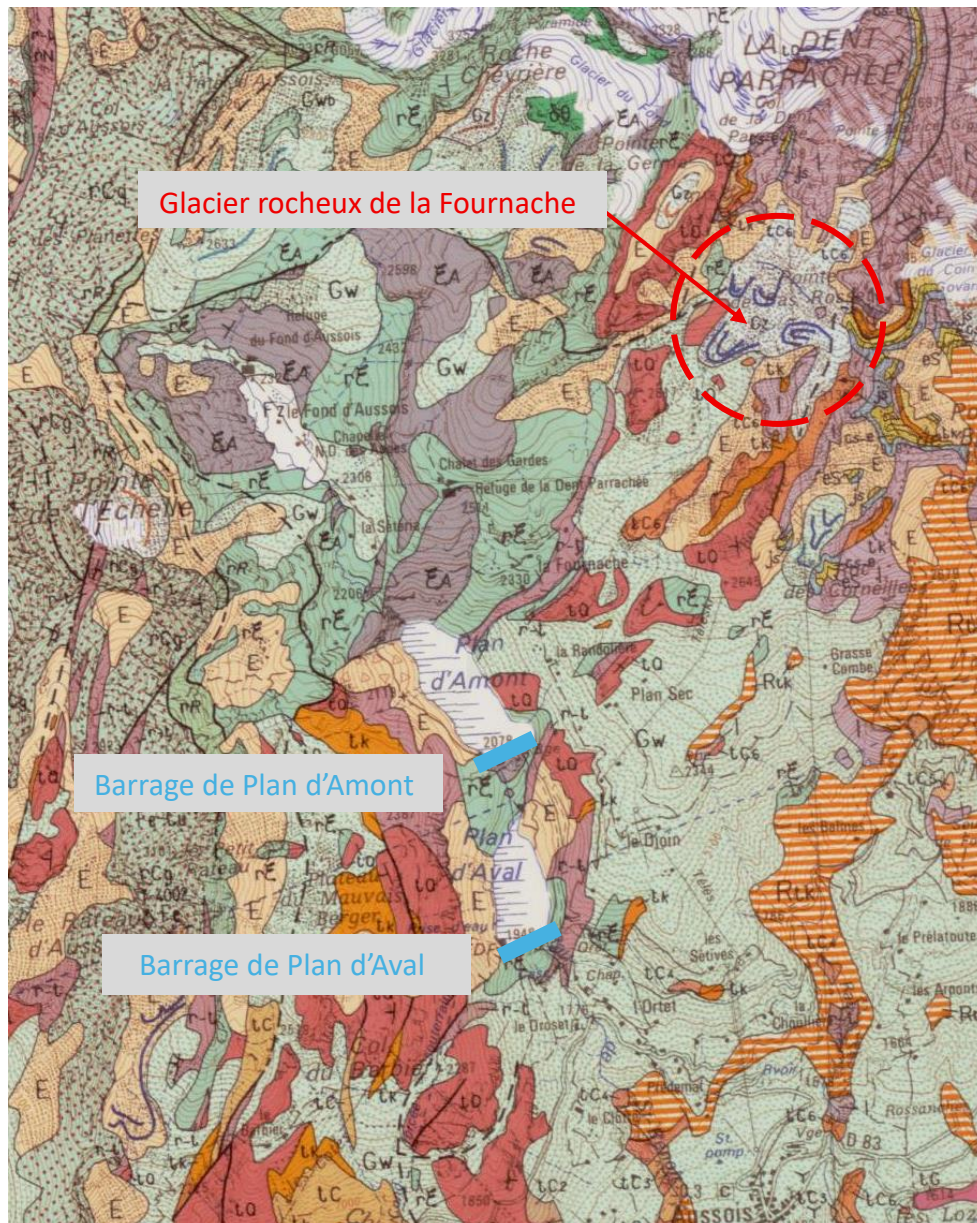


Figure 13 - Extrait de la carte géologique Infoterre BRGM, feuille Moûtier, J. DEBELMAS et al., 1989, avec le glacier rocheux de la Fournache, au pied de la Dent Parrachée.

Pour aller plus loin :

- Marnezy A. Vidange brutale d'un lac proglaciaire en Vanoise. *Revue de géographie alpine*, tome 69, n°3, 1981. pp. 489-494.
- Taylor, C., Robinson, T.R., Dunning, S. *et al.* Glacial Lake outburst floods threaten millions globally. *Nature Communication*, 487 (2023).
- ONF. Prévenir les crues torrentielles à Chamonix : travaux de vidange du lac glaciaire des Bossons. 25/04/2025. <https://www.onf.fr/vivre-la-foret/enjeux-foret/risques-naturels-foret/restauration-terras-montagne/+2793::prevenir-les-crues-torrentielles-chamonix-travaux-de-vidange-du-lac-glaciaire-des-bossons.html>
- Lacroix D. (IGA), Mayet L. (IGESR), Roche P-A. (IGEDD). Risques d'origine glaciaire et périglaciaire – Eléments en soutien à un plan d'action (12/2022).

Remerciements

Dans la continuité des activités du CFGI, ces journées ont permis d'illustrer quelques-uns des nombreux thèmes passionnants qui constituent la discipline de la Géologie de l'ingénieur dans son Environnement.

Nous remercions tout d'abord les membres du bureau et du conseil du CFGI qui ont permis ces journées et plus particulièrement son Président, Jean-David Vernhes qui en a été l'initiateur et le co-organisateur. Nos remerciements vont aussi aux intervenants qui lors de ces journées ont su transmettre la quintessence de leur domaine et activités (TELT : Julien Vennat, Carole Marty, Benjamin Serrano ; EDF : François Vaysse, Bruno Adobati ; SETEC Terrasol : Juliette Baroux, Éléa Gaudefroy ; Nicolas Villard, NGE). Une mention spéciale aux participants à ces journées qui ont montré tout leur intérêt et leur bonne humeur et qui ont eu à cœur de transmettre leurs expériences et connaissances. Enfin, un grand merci aux contributeurs à ce compte-rendu : coordination et rédaction (Flavien Chapuis, Lombardi et Jérôme Sénémaud, Amberg Engineering), rédaction (Juliette Baroux et Éléa Gaudefroy, Setec Terrasol ; Zoé Boudier, Omexom ; Magali Goesel, Ginger CEBTP ; Gildas Noury, BRGM et Yves Paquette, retraité d'INERIS).