

Synthèse du séminaire

Regards croisés sur la sécurité des transport par câble en montagne face aux évolutions du climat

15 mai 2025

Grenoble, domaine universitaire - MACI



Avec le soutien de :

Avec la participation de :



*Liberté
Égalité
Fraternité*

IARM, Section
France



Rédaction : PARN, Juillet 2025
Crédits photos : STRMTG et PARN

Sommaire

Introduction	p.4
Mot d'ouverture - Daniel PFEIFFER, <i>directeur du Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG)</i>	p.5
Les empreintes du changement climatique : des échelles globales aux régions de montagne - Martin MENEGOUZ, <i>chargé de recherche CNRS à l'IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble</i>	p.6
Impacts constatés du changement climatique sur la stabilité des terrains (vision des bureaux d'étude) - Pierre-Allain DUVILLARD, <i>Naga Geophysics</i> ; Ivan BRUNET, <i>Alpes-Ingé</i> ; Mathieu CAMUS, <i>SAGE</i>	p.9
Adaptation des exploitants au changement climatique pour la sécurité des infrastructures - Jean-Philippe DHABERE, <i>directeur technique domaine de Châtel (74)</i>	p.11
Risques naturels en montagne et changement climatique : exposition des remontées mécaniques et volet opérationnel du plan d'actions de l'Etat contre les ROGP - David BINET, <i>ONF-RTM, directeur de l'agence RTM Alpes du Nord</i>	p.12
Prise en compte de l'adaptation au changement climatique dans la conception des remontées mécaniques - Mathieu BABAZ, <i>IARM section France et POMA</i> ; Olivier BERTOLAMI, <i>IARM section France et GMM</i>	p.14
Table ronde : Sécurité de la construction et de l'exploitation des remontées mécaniques face au changement climatique : axes de travail prioritaires	p.16
Conclusion de la journée	p.20
Annexe : Retranscription de la table ronde et des échanges avec la salle	p.21

Introduction

Le **Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG)** a organisé, avec l'appui du **PARN**, un séminaire scientifique et technique axé sur les impacts du changement climatique sur les installations de transport par câble, le 15 mai 2025, sur le domaine universitaire de Grenoble (MACI).

L'événement a rassemblé 80 personnes, professionnels du secteur des remontées mécaniques concourant à la sécurité (exploitants, constructeurs, maîtres d'œuvre spécialisés), ainsi que des acteurs académiques et institutionnels spécialistes du climat, des aléas en montagnes et des impacts du changement climatique.

Le sujet de l'adaptation au changement climatique, sensible pour les acteurs du tourisme en montagne au sens large, fait l'objet de réflexions fournies et de communications nombreuses. Dans une démarche complémentaire, le STRMTG souhaite amener les acteurs de la profession à s'interroger sur la manière d'appréhender les risques climatiques (précipitations, températures et vent extrêmes) et si possible d'anticiper leurs impacts sur les risques naturels (mouvements de terrain, avalanches, aléas torrentiels...) sur la sécurité des systèmes, garantie de leur pérennité.

Cette journée a permis de croiser les regards et d'échanger entre acteurs universitaires, institutionnels et professionnels du transport par câble grâce à :

- des présentations sur les connaissances scientifiques disponibles concernant les aléas à anticiper et leurs conséquences sur les systèmes et le maintien de la sécurité en exploitation (stabilité des terrains, évolutions des régimes de vent, d'orage, etc.),
- des partages d'expérience sur les premières démarches d'adaptation engagées par les acteurs de la profession,
- des échanges entre les différents acteurs concernés par ces problématiques pour susciter l'émergence d'axes de travail contribuant à améliorer leur prise en compte.

Cette synthèse des présentations et des échanges, enrichie des analyses post-séminaires, a pour objectif d'alimenter les réflexions du STRMTG et de la communauté sur les actions concrètes qui pourraient être mises en place collectivement pour adapter le transport par câble aux impacts du changement climatique. L'ensemble des présentations est disponible le site du PARN, sur la [page de restitution de la journée](#)¹.



¹ <https://risknat.org/seminaire-securite-des-transports-par-cable-en-montagne-et-changement-climatique-15-mai-2025/>

Mot d'ouverture

Daniel PFEIFFER, directeur du Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG)

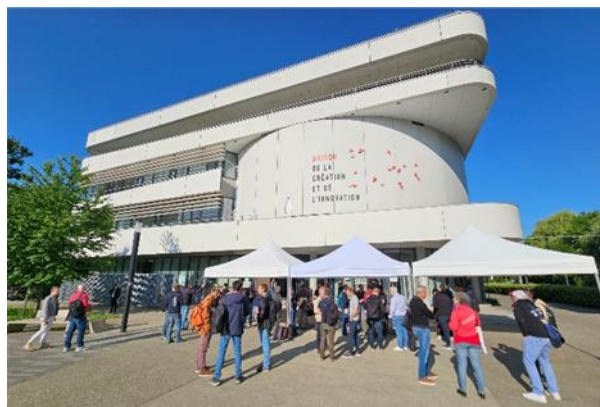
Merci aux exploitants de remontées mécaniques, aux constructeurs, chercheurs et experts d'avoir répondu présent pour rendre possible ce moment de partage de connaissances et de réflexion, touchant des sujets sur lesquels nous devons progresser, ensemble.

L'objectif de cette journée n'est pas de susciter un débat sur l'impact du changement climatique (CC) sur le maintien de l'activité touristique en montagne. Sans remettre en cause la nécessité des débats de société sur la question du CC – aujourd'hui, nous avons tous de nombreuses occasions de nous informer pour nous positionner sur ces sujets, qui génèrent souvent des réactions diverses et fortes. Pour de nombreux acteurs en particulier ceux de la montagne, la phase d'appropriation du CC est bien engagée à présent.

Ce séminaire a pour ambition **de suivre une démarche pragmatique prenant en considération les questions posées par ces évolutions**. Les politiques actuelles sur le CC comportent deux aspects incontournables : les actions pour en réduire les causes (atténuation) et les mesures d'adaptation des infrastructures. Dans le milieu montagnard, certaines évolutions étant plus évidentes que dans le reste du territoire, les effets du CC sur les infrastructures donnent déjà depuis quelques années lieu à des recherches voire à des mesures concrètes de prévention et de limitation des impacts. C'est ce deuxième volet que le STRMTG veut prendre le temps d'examiner avec l'ensemble des acteurs impliqués, avec un regard resserré sur les installations de transport par câble en montagne.

Au cours de la journée, **avec le concours de spécialistes d'horizons variés**, auxquels je renouvelle mes remerciements, nous aurons l'occasion de parcourir ces questions : quelles sont les caractéristiques du CC avérées et propres aux zones de montagne ? Quelles sont les limites des projections climatiques ? Quels enseignements pouvons-nous déjà tirer des démarches conduites relatives à l'étude des impacts de cette évolution et à l'adaptation d'une infrastructure de montagne existante ou projetée ? Et enfin, quelles pistes de travail est-il possible d'identifier pour avancer sur l'anticipation de l'évolution des aléas et de leur impact sur les infrastructures.

L'intérêt de cette journée est aussi de s'enrichir mutuellement : elle laisse donc toute leur place à l'expression de points de vue variés et au débat.



Les empreintes du changement climatique : des échelles globales aux régions de montagne



Martin MENEGGOZ, chargé de recherche CNRS à l'IGE – Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble

Il est nécessaire de considérer le changement climatique global pour comprendre les évolutions climatiques en région de montagne. L'association conjointe de mesures d'atténuation et d'adaptation est essentielle dans la mise en œuvre des politiques climatiques.

Changement climatique global : Le réchauffement observé est de ~0,7 degrés/siècle à l'échelle globale. La concentration en gaz à effet de serre (GES) CO₂ est passée de 340 ppm en 1980 à plus 400 ppm aujourd'hui, une valeur bien supérieure à la concentration observée au cours du dernier million d'années (reconstituée à partir de carottes glaciaires). Les températures sont sans précédent depuis au moins 2000 ans (d'après les reconstructions, notamment basées sur la végétation). Les observations météo montrent que chaque décennie est plus chaude que la précédente depuis 1970. Les continents se réchauffent plus vite que les océans et les hautes latitudes plus vite que les moyennes et basses latitudes.

Depuis les années 1970, les climatologues développent des modèles pour simuler l'impact des GES sur le climat et mieux comprendre les effets du CC notamment dans les zones de montagne. Le réchauffement climatique en France métropolitaine a atteint +1,66°C en 2020 par rapport à 1900-1930. Ce réchauffement est plus marqué à l'Est qu'à l'Ouest du territoire. La présence de montagne module ces tendances en fonction de l'altitude. Les simulations météorologiques dépendent essentiellement de leurs conditions initiales alors que les simulations climatiques dépendent essentiellement de leurs conditions aux limites (dont la concentration en GES). La forte variabilité d'une année à l'autre de l'atmosphère et des océans fait qu'il faut attendre plusieurs décennies pour détecter un changement significatif. Cette variabilité naturelle se ressent plus à l'échelle locale qu'en moyenne globale. Il est essentiel de considérer ce ratio signal/bruit pour étudier la réponse du système climatique à un forçage, réponse superposée à la variabilité climatique naturelle qui peut la masquer. On peut établir une relation à peu près linéaire entre le cumul des émissions de GES depuis 1850 et le réchauffement moyen de l'atmosphère. Ce constat physique est central dans la mise en place des politiques d'atténuation des

émissions pour définir un objectif ciblé de réchauffement à ne pas dépasser. Le rapport de synthèse du GIEC (2023) prévoit un **réchauffement global de 1,5° en 2050** et compris **entre +1,5 et +4.8°C en 2100 (par rapport à 1850)**. Ce niveau de réchauffement sera vécu par les humains nés en 2020. Avec un réchauffement global excédant +4°, l'ensemble des espèces animales est menacé du fait des conditions combinées de température et d'humidité incompatible avec la survie de nombre d'espèces sur de vastes zones. Ce constat concerne aussi l'espèce humaine.

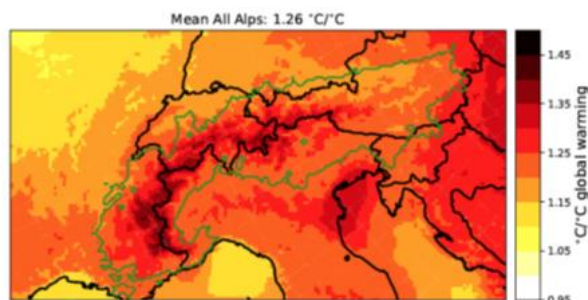
Le paradoxe de la pollution particulaire : les aérosols (particules) masquent le rayonnement solaire à basse altitude (plus froid) et absorbent le rayonnement solaire (réchauffement à moyenne altitude). Le réchauffement observé est dû aux émissions issues des activités humaines, avec le réchauffement dû aux GES, partiellement masqué par le refroidissement dû aux aérosols. Les poussières minérales, ainsi que les particules liées à la pollution accentuent aussi la fonte du couvert neigeux, en se déposant à sa surface.

Impacts dans les Alpes : les principaux impacts du CC concernent les **ressources en eau** (eau potable, irrigation, hydroélectricité), les **risques glaciaires et périglaciaires** (écroulements, itinéraires modifiés), les **événements extrêmes** plus intenses/plus fréquents (crues, sécheresses et canicules), la **diminution de la biodiversité** et la contribution des glaciers à la **hausse du niveau des mers**.

L'observatoire GLACIOCLIM, qui documente le bilan de masse de certains glaciers depuis 1950, montre une **perte de masse très marquée depuis 1980**.

La hauteur moyenne du manteau neigeux au col de Porte (Chartreuse) **a diminué de 40 cm en 30 ans** sous l'effet du réchauffement, tandis que les pluviomètres ne montrent pas de changement de précipitations.

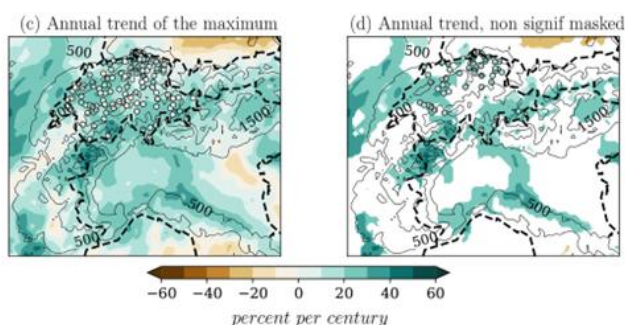
Les modèles régionaux, avec leur résolution plus fine, permettent une meilleure estimation du changement climatique local, mais ils restent dépendants des conditions aux limites fournis par les modèles globaux. Appliqué avec une résolution de 7 km sur l'ensemble de l'arc alpin, le modèle MAR montre un **réchauffement plus marqué dans les zones de montagne** dans des simulations couvrant la période 1960-2100 (décennies récentes + projection future).



Tendance de température en fonction du niveau de réchauffement global simulé avec le modèle MAR sur la période 1960-2100 (IGE)

Au cours des dernières décennies, les Alpes françaises montrent des tendances de température contrastées avec l'altitude et la saison : un réchauffement maximal s'étant produit vers 1000m en hiver, 1500m au printemps et à des altitudes supérieures à 2500m en été, tandis qu'aucune modulation du réchauffement avec l'altitude n'a été constatée en automne.

Les tendances de précipitations au XXème siècle montrent un assèchement de la plaine du Pô et du pourtour méditerranéen en toute saison. Sur les zones de montagne, aucune tendance de précipitation moyenne n'a été constatée au cours des dernières décennies. Une forte variabilité aux échelles annuelles et décennales est susceptible de masquer des tendances liées au changement climatique qui n'auraient pas encore émergé de la variabilité naturelle. En revanche, on constate à la fois dans les observations et les modèles une augmentation des précipitations intenses. **Le maximum annuel de précipitations a augmenté au siècle dernier de +10 à 30% sur l'arc alpin.**



Tendance du maximum annuel de précipitation journalière sur la période 1900-2010, (Ménégoz et al., 2020)

Les projections des modèles climatiques montrent que la tendance à l'intensification des phénomènes extrêmes (précipitations intenses, canicules) va se poursuivre dans le futur, avec néanmoins de fortes incertitudes à l'échelle locale.

La modélisation des précipitations sur la France à 12 km montre une augmentation en hiver sur le Nord de la France, mais un assèchement sur le pourtour méditerranéen, et un **assèchement partout en été**.

Les simulations à plus haute résolution avec un modèle capable de reproduire les précipitations extrêmes (AROME à 3 km), coûteuses en temps de calcul et seulement disponibles sur des périodes courtes, montrent des augmentations pour ces pluies intenses (Cévennes, Massif Central et un peu dans les Alpes).

Les modèles européens prévoient une **augmentation de l'intensité des précipitations extrêmes** (+30 à +40%). La fréquence de ces événements est susceptible d'augmenter ou de diminuer selon les saisons et les régions. L'intensité des pluies extrêmes au pas de temps horaire augmente à peu près partout mais avec une variabilité locale très forte. Les changements de précipitations sont **plus incertains que les changements de température**.

La **durée du couvert neigeux dans les Alpes** diminue de 10 à 15% par degré de réchauffement global (simulation MAR, IGE). Elle est donc très dépendante des émissions de GES.

Les tendances de vent sont incertaines (grande variabilité spatiale et temporelle, hétérogénéité des moyens d'observations) et ne montrent pas de variations significatives pour le vent moyen ou pour les extrêmes, avec des tendances parfois opposées dans les modèles et les observations. On n'est donc pas encore capable de conclure de manière robuste sur des changements à l'échelle locale dans les Alpes, pourtant ressentis. À l'échelle de l'Europe, les modèles prévoient une **augmentation de la fréquence des événements de vent fort**.

Echanges avec la salle :

Concernant le rôle des paramètres astronomiques, les variations de l'orbite terrestre (à l'origine des cycles glaciaires) concernent des échelles de temps caractéristiques de dizaines à centaines de milliers d'années. Les changements de l'activité solaire sont beaucoup plus faibles que ceux liés aux GES, et leur impact sur la température de l'atmosphère est très limité depuis la période préindustrielle (1850).

La concentration en CO₂ ainsi que d'une grande partie des GES est relativement homogène dans l'atmosphère à l'échelle globale en raison du temps de vie très long de ce gaz, qui lui laisse le temps de se mélanger. Le forçage des GES sur la température est à peu près spatialement homogène, mais la réponse est plus importante aux hautes latitudes en raison de rétroactions locales liées à la réduction de la neige continentale et de glace de mer (glace de mer remplacée par océan, plus sombre).

Concernant les cycles glaciaires, les déglaciations sont assez rapides (quelques milliers d'années) tandis que les glaciations sont beaucoup plus lentes

(plusieurs dizaines de milliers d'années). On est dans une période interglaciaire, mais l'on ne sait pas prévoir le début de la prochaine glaciation, et celle-ci pourrait être retardée par les perturbations anthropiques actuelles. Le niveau de CO₂ observé actuellement est **sans précédent depuis 1 million d'années. Le réchauffement actuel est sans précédent depuis au moins 2000 ans, il pourrait atteindre d'ici 2100 des niveaux exceptionnels à l'échelle du million d'années.**

Messages clés

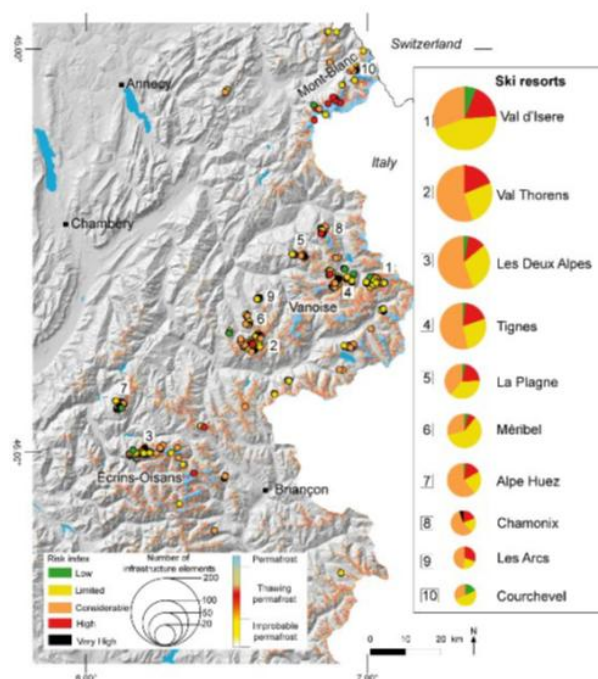
- Le changement climatique est en cours.
- Il y a 50 ans, nous savions déjà que ce phénomène allait se produire.
- Le réchauffement se poursuivra tant que nous continuerons à émettre des gaz à effet de serre qui ont un effet global à l'échelle de plusieurs siècles.
- Nous avons commencé à agir, mais pas assez pour tenir nos objectifs. Pour limiter la hausse de température à +2°C, les émissions de GES doivent être divisées par deux entre 2020 et 2030 et permettre une neutralité carbone en 2050.
- La pollution particulaire masque partiellement, temporairement et localement le réchauffement.
- Les Alpes figurent parmi les régions de la planète qui se réchauffent le plus rapidement.
- Les émissions passées seront responsables de la quasi-disparition des glaciers alpins d'ici la fin du siècle ; l'enneigement dans les Alpes dépend beaucoup des émissions futures.

Impacts constatés du changement climatique sur la stabilité des terrains (vision des bureaux d'étude)



Pierre-Allain DUVILLARD, Naga Geophysics ; Ivan BRUNET, Alpes-Ingé ; Mathieu CAMUS, SAGE

Analyse des terrains supports en contexte de permafrost : Dans les Alpes françaises, 9 forages scientifiques sont instrumentés dans des formations non consolidées (riches en glace) et des parois rocheuses (pauvres en glace) par le laboratoire EDYTEM. On observe un approfondissement de la couche active au fil des ans. Dans un milieu riche en glace, il faut beaucoup d'énergie pour la réchauffer. Compte tenu de l'inertie thermique, la température maximale apparaît en novembre, décalée par rapport au flux saisonnier dans l'air (max. en août). Face à l'augmentation des déstabilisations en haute montagne, un inventaire des dommages aux infrastructures a été conduit entre 2016 et 2019 auprès des exploitants. Ce travail a permis de recenser les dommages et les éléments d'infrastructures situés en terrain à permafrost afin de construire un indice de risque théorique d'évolution de la stabilité des terrains supports, basé sur des données régionales. Sur 947 composantes d'infrastructures identifiées, 148 sont exposées (16%). Des stratégies d'adaptation et d'atténuation sont déployées sur 26 d'entre eux, avec majoritairement des mesures réactives et coûteuses (adaptation des fondations, renforcement des terrains-supports) et encore peu de mesures proactives (diminution de la chaleur dans le sol, outils de surveillance et suivi scientifique à long terme).



Indice théorique de déstabilisation des infrastructures en terrain à permafrost dans les Alpes françaises.

Retour d'expérience sur des appareils existants : Les sollicitations par les exploitants augmentent. En 2016, un pylône du *Funitel de Val Thorens* s'est affaissé avec l'apparition de fissures/fractures en amont et un mouvement de 25 à 50 cm en tête. Les investigations sur le glacier rocheux terrain support ont montré que cette instabilité, localisée à la frontière entre zone gelée et non-gelée, avait pour facteur préparatoire l'aménagement d'une piste de ski, qui a supprimé la couche active, puis canalisé l'eau et lessivé les fondations du pylône. Les travaux ont consisté à installer ~40 micropieux pour renforcer les fondations et stabiliser l'ouvrage.



Glissement de terrain de novembre 2023 au niveau du Télésiège de la Roche (La Plagne)

En novembre 2023, un glissement et des coulées de boue ont déstabilisé le terrain support du *Télésiège de la Roche (La Plagne)*, suite à de fortes précipitations survenues sur un manteau neigeux récent, un renvoi d'eau ayant contribué à concentrer les écoulements et à saturer les terrains. Une solution de confortement en urgence (soutènement en module rigide, type Acrosols) a été mise en place, ainsi qu'une instrumentation (capteurs inclinométriques et GPS) pour avoir un suivi pendant la période hivernale. Sur le site du *Télésiège de Zore (Avoriaz)*, un glissement s'est produit dans des terrains morainiques argileux, avec des déformations >30 cm. Les investigations et le diagnostic géotechniques ont montré que la dégradation des sols résultait d'un apport d'eau lent mais prolongé, à la faveur de circulations souterraines et d'un glissement plan. La solution a consisté à stabiliser le glissement (purge et drainage profond du talus et de la piste amont) et à assainir la fondation du pylône (système de contrôle du bon fonctionnement des drains et réseaux avec dispositif d'entretien et de maintenance).

Prise en compte de ces évolutions progressives lors de la conception d'un nouvel appareil : Elle consiste à (1) intégrer dès la conception les retours d'expérience des ouvrages existants, (2) anticiper les aléas (glissements, chutes de blocs, érosion) et (3) adapter les ouvrages (tracé et position optimisée ; fondations spécifiques (micropieux, ancrages...) ; protections et dispositifs réglables ; suivi et surveillance dans le temps). Le remplacement du *Télesiège du Marais (Tignes)* a consisté à reculer légèrement la construction de la gare en dehors de la zone à permafrost, en anticipant les mouvements et directions futures grâce aux données de suivi *in situ*. Pour la construction du *Télécabine de la Masse (Les Ménuires)*, en contexte de terrain à permafrost de fracture, l'établissement de modèles géotechniques des gares et du garage a permis de définir les choix techniques de fondations adaptées. Ces exemples montrent l'importance de disposer de reconnaissances géotechniques et géophysiques précises et suffisamment nombreuses, de données de suivi topographique antérieur et de données de suivi inclinométrique, afin d'intégrer ces sujets suffisamment en amont pour avoir une meilleure connaissance du site et mieux adapter les solutions techniques dans la conception des ouvrages.



Fondations sur pieux verticaux de la gare amont du télésiège du Marais (Tignes) et dispositif de suivi topographique, inclinométrique et thermique.

Suivi des ouvrages et instrumentation associée : Sur le site du *Téléphérique de l'Aiguille du Midi (Chamonix)*, la couche active s'approfondit et la glace disparaît. Vu l'augmentation de la fréquence des petits et moyens événements (ex ; Arête des Cosmiques), le protocole de suivi avec la CMB (auparavant tous les 3 ans) est passé depuis 2020 à une inspection visuelle tous les ans et un suivi complet tous les 2 ans. Les capteurs installés ont montré une augmentation de la respiration du massif rocheux avec renforcement de

blocs. Le laboratoire EDYTEM a aussi augmenté le nombre de points d'observation. Le site de la *Gare Helbronner du TC Panoramic Mont Blanc*, située à 3462 m, présente des déformations qui font l'objet de suivi depuis plusieurs années, aujourd'hui notamment par drone topographique en 3D.

Pistes de travail et perspectives pour le suivi des remontées mécaniques : Les méthodes suivantes sont présentées : (1) Analyse multi-échelle (satellites, drone, LiDAR), (2) Prospection géophysique quantitative (combinaison de méthodes géophysiques, électriques et sismiques ; imagerie 3D ; évaluation de la teneur en argile, teneur en eau et perméabilité ; mesure en laboratoire et paramètres pétrophysiques ; détermination indirecte de la température et de la présence de glace ; suivi temporel et visualisation des circulations d'eau) et (3) Modélisation numérique (ex. modélisation des aléas en cascade pour identifier les secteurs qui peuvent être à l'origine d'événements gravitaires).

Conclusion : Face à l'augmentation relative des désordres depuis 30 ans, liée au dégel du permafrost et aux glissements de terrain, il est essentiel de : (i) intégrer ces évolutions dès la conception des nouveaux téléportés ; (ii) anticiper les aléas naturels, (iii) adapter les ouvrages existants et (iv) assurer un suivi et une surveillance continue avec méthodes récentes développées.

Echanges avec la salle :

Q : Le permafrost atteint son max de température en novembre, faut-il également un certain temps pour revenir à des conditions plus stables au niveau de l'ouvrage ? **R :** Autour de mars après l'effet de l'hiver de refroidissement (un peu plus tôt à l'Aiguille du Midi). Le rôle des pluies intenses en automne ou en hiver peut intensifier les déstabilisations, en particulier en l'absence de glace dans les fractures ou fissures.

Q : Y a-t-il une évolution du nombre de demandes de prise en considération dès la conception ? **R :** Les maîtres d'ouvrage et les donneurs d'ordre sont plus à l'écoute de ce que cela peut apporter à moyen terme. On fait des reconnaissances plus poussées.

Q : Ce sont les événements brutaux qui sont le plus impactant pour la sécurité des personnes. Sur l'exemple de La Plagne, est-ce que cela aurait pu être mieux anticipé ? **R :** On peut faire attention dès la conception au drainage des eaux superficielles. On aurait pu positionner le renvoi d'eau un peu plus loin, mais il existait depuis longtemps. Sur ce cas, les événements pluvieux étant plus intenses, cela a aussi des effets géomécaniques plus importants...

Jean-Philippe DHABERE, directeur technique domaine de Châtel (74)

Le **glissement de terrain du 24/12/2022 sur le domaine de Châtel résulte d'un cumul d'eau élevé** sur une période courte (près de 150 mm/48h et un pic de 100 mm/24h le 23 décembre en fin de journée) **associé à la fonte nivale**. La préfecture transmet l'alerte le 23 et les services techniques de la commune entament la surveillance des cours d'eau et des zones à risque identifiées au PPRN², à proximité d'un ruisseau menaçant des habitations et un camping en aval. Dans la nuit du 23 au 24, un glissement de terrain déverse d'importants volumes de boue et de bois sur une route communale, à l'aval du télésiège de Gabelou. Les services techniques alertent la SAEM le 24 à 7h00. D'importants écoulements d'eau surviennent sur l'ensemble des pistes du domaine skiable, qu'on ferme alors, jusqu'à reconnaissance préalable. Une visite au lever du jour montre que le pylône est encore à sa place, mais des résurgences diffuses et d'importants écoulements sont constatés dans la zone de glissement, qui risque de s'étendre. L'installation est alors condamnée. L'exploitant contacte le MOE qui suit cette installation depuis 2014, et le géotechnicien. Une reconnaissance élargie à l'aide d'un drone conduit à fermer la route et à contacter le BHS du STRMTG.



Près de 20 minutes après, **le pylône a glissé et s'est déporté de près de 16 mètres** en contrebas de sa position d'origine. L'analyse du phénomène montre que deux glissements antérieurs avaient affecté ce secteur à l'amont du pylône et à l'aval de la route communale et que les écoulements ont conduit à une infiltration d'eau importante dans les terrains dans la zone de glissement jusqu'à entraîner la rupture. Cette liaison inter-domaine

étant une ligne essentielle pour connecter les domaines de Châtel (secteurs de Super Châtel, Linga, Pré la Joux et Avoriaz), sa réouverture est jugée prioritaire. Des travaux de sécurisation permettent de rouvrir la RD dans la nuit du 24. L'exploitation de l'installation est reprise sans le P9, et avec un débit réduit.



La **reconstruction du pylône** requiert la définition d'un nouvel emplacement, décalé de 28 m par rapport à sa position initiale, avec un ancrage sur 6 micropieux et la sécurisation des talus par la mise en place d'un grillage plaqué en amont de la zone de glissement et en aval du nouveau pylône. Des drains subhorizontaux sont forés dans le talus amont et les eaux récupérées sont amenées dans une tranchée drainante. Ces travaux, menés dans toute la zone pour récupérer les eaux de ruissellement de surface et les ramener dans les cours d'eau, représentent un budget global de 1,8 M€HT.



Un **suivi annuel** des ouvrages hydrauliques et des écoulements d'eau à l'origine de ce glissement est alors mis en place. Les travaux réalisés en amont du pylône durant l'automne 2022 juste avant le glissement de terrain montrent que les eaux de ruissellement provenant du chemin situé en amont des pylônes ont été déversées à l'amont du pylône et que l'eau s'est ensuite infiltrée dans le sol en amont du pylône, dans

² Plan de Prévention des Risques Naturels

terrain morainique, plutôt drainant. L'eau s'est ensuite accumulée dans une couche de terrain argileux et a généré un glissement ; l'historique montre que les modifications d'écoulement d'eaux de surface associés à des cumuls pluviométriques exceptionnels ont généré ce glissement de terrain, suite au déversement des eaux de ruissellement provenant du chemin situé en amont des pylônes lors de travaux réalisés en amont du pylône durant l'automne 2022.

Echanges avec la salle : Cet événement de « pluie sur neige », peu habituel jusqu'à maintenant en décembre, est un exemple des impacts du CC constatables dès

aujourd'hui. Ce RETEX est utile aux exploitants pour être plus vigilants en cas de pluies intenses. On demande aux équipes qui font le contrôle de ligne chaque matin de regarder aussi ce qui se passe au sol. Pour les nouvelles constructions, on fait davantage attention aux circulations d'eau, notamment lors des terrassements.

Compte tenu de l'augmentation de ces impacts, les polices d'assurance évoluent, mais ce n'est pas chiffré. Cet événement n'a pas donné lieu à une recherche en responsabilité sur les travaux, qui aurait augmenté les délais de remise en service de l'installation et donc la perte d'exploitation.

Risques naturels en montagne et changement climatique : exposition des remontées mécaniques et volet opérationnel du plan d'actions de l'Etat contre les ROGP³



David BINET, ONF-RTM, directeur de l'agence RTM Alpes du Nord

Depuis les années 1970, les missions du service RTM (reboisement et protection) pour le compte de l'Etat et des collectivités ont été étendues à l'ensemble de la gestion des risques montagne (torrentiels, glissements de terrain, avalanches, chutes de blocs, ROGP), et de la prévention jusqu'au RETEX. Les **missions en lien avec les remontées mécaniques** portent sur : (1) **la connaissance et l'affichage des risques** en montagne (cartes d'aléas, CLPA⁴, Enquête Permanente Avalanche, base de données événements, et volet opérationnel du Plan d'actions national ROGP) et (2) les **projets de remontées mécaniques** (appui technique aux services déconcentrés pour avis sur les DAET et DAME⁵, et parfois sur des projets d'ouvrages de protection ou de retenues), et les rapports d'événements. **Les principaux risques auxquels sont exposées les remontées sont les avalanches en termes de nombre d'événements et les glissements de terrain en termes de coût.** Dans les Alpes du nord, les événements marquants depuis 10 ans sont des avalanches (généralement avec peu de dégâts), ainsi que quelques écroulements massifs pouvant se produire en phase d'exploitation (novembre voire décembre), et non plus seulement en été ou à l'automne compte tenu de l'inertie thermique en profondeur. Les avalanches impactantes (ex. avalanche de neige lourde à Saint-François-Longchamp en 2012) sont rares en phase d'exploitation. On note des différences importantes entre les contraintes liées à la sécurité des personnes et liées à la sécurité des biens. L'exploitation estivale des remontées s'est développée. Des phénomènes qui n'étaient pas des sujets il y a 20 ans génèrent des événements qui peuvent se produire en décembre (écroulements), mais aussi en juillet-août (glissements, crues torrentielles). Certains sujets sont aujourd'hui bien connus des exploitants : évolution des avalanches, augmentation des écroulements et des crues torrentielles, mais aussi des problématiques non liées au changement climatique (ex. prise en compte des glissements de terrain dans la conception des projets). **Les risques d'origine glaciaire et périglaciaire sont en recrudescence**, en raison du dégel de la haute-montagne, avec pour spécificités d'être mal connus

(peu d'historique) et d'impliquer des phénomènes brutaux, pouvant se propager loin (ex. Villaroger en nov. 2024, plus gros effondrement en Savoie depuis un siècle) ou concerner des remontées mécaniques (ex : glaciers rocheux). Il y a encore un **besoin de recherche** pour mieux comprendre les mécanismes et caractériser les phénomènes. L'Etat poursuit une politique très ambitieuse depuis 2020, qui s'est renforcée dans le cadre de la stratégie interministérielle de gestion des ROGP lancée en novembre 2024. Le plan d'action 2024-2026 comporte 4 axes : (1) **amélioration des connaissances**, (2) **connaissances opérationnelles**, (3) **accompagnement des collectivités** (ex. Les Bossons, Rosolin, Grand Marchet, Tête Rousse) et (4) **culture du risque** (acculturation). Cette stratégie est reprise dans la Mesure 6 du PNACC-3 (validé en mars 2025). Ces travaux alimentent notamment une **démarche de levée de doute** visant à passer en revue les 600 sites potentiels et à approfondir sur ceux qui posent question pour les différents types d'enjeux socio-économiques.

Les principales **incidences des ROGP sur les domaines skiables** relèvent de phénomènes qu'on peut hiérarchiser ainsi : **glaciers rocheux** (mouvements de terrain, en général déjà connus des exploitants et des bureaux d'études géotechniques expérimentés dans les RM), **augmentation de la disponibilité en matériaux mobilisables** (évolution des risques torrentiels), **parois à permafrost** (concerne davantage les pistes de ski que les RM), **lacs glaciaires et poches d'eau** (sujet dépassant les enjeux RM, majeur quand cela concerne des zones habitées, où l'enjeu RM apparaît alors secondaire) et **avalanches de glace**.



© ONF-RTM, août 2024

³ Risques d'origine glaciaire et périglaciaire

⁴ Carte de localisation probable des avalanches

⁵ Demande d'autorisation d'exécution des travaux de construction de remontées mécaniques (DAET) et demande d'autorisation de mise en exploitation des remontées mécaniques (DAME)

Echanges avec la salle :

Concernant la part respective entre climat et usage du territoire, la plupart des nouvelles remontées mécaniques étant construites sur d'anciennes installations, il n'y a pas de problématique d'extension sur sites vierges avec des risques nouveaux. L'attribution d'un événement aux impacts du CC requiert rigueur et précision. Il est important de dire ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas. C'est facile pour les ROGP, mais beaucoup plus nuancé pour les phénomènes à basse altitude (glissements, crues...). Ce travail est en cours. Malgré l'incertitude sur les phénomènes, la fermeture préventive d'une installation peut être décidée le cas échéant en cas d'élévation du risque, pour garantir la sécurité des usagers.

L'atténuation est complémentaire de l'adaptation. Pour POMA, le développement de solutions qui permettent de réduire l'empreinte carbone est un axe majeur stratégique, comme l'illustre le TSD du Marais à Tignes qui est le premier appareil équipé de la nouvelle gare LIFE éco-conçue). En termes d'adaptation, on a été jusqu'ici plutôt dans la réaction mais depuis quelques années, la profession a mis en œuvre une **démarche systémique** afin de lister tous les phénomènes qui impactent les remontées mécaniques et d'en déduire les conséquences pour leur conception. **5 catégories de phénomènes à prendre en compte** ont été identifiées :

Pluies extrêmes et inondations. Le transport par câble est peu affecté par les inondations (ex. téléphérique de New York). Mais l'exposition de certaines gares doit être prise en compte dès leur conception (hauteur des équipements électriques). En phase de réalisation, l'augmentation des précipitations en automne a un impact croissant sur nos chantiers (ex. novembre 2023).

Mouvements de terrain, séismes, éboulements. Les transports par câble aériens ont l'avantage d'être des structures souples, constituées d'éléments flexibles (câble) peu sensibles aux mouvements du terrain. Leur conception même leur confère un bon comportement au séisme, avec peu de dommages sur les pylônes (ex. aucun dégât sur la télécabine lors d'un séisme de magnitude 6,8 en 2023 en Equateur). La configuration de la ligne est conçue de sorte à ne pas dérailler en cas de mouvements relatifs de pylônes. La prise en compte de mouvements de terrain futurs repose sur la conception de massifs déplaçables pour les pylônes (systèmes de rails dans les massifs/dans les fondations, ou des châssis mécano-soudés pour permettre ce réglage). Cette approche est déjà mise en œuvre avec succès sur des télésièges et télécabines en Suisse, France et bientôt au Japon. Elle fonctionne pour des déplacements lents et faibles, mais pas pour des mouvements importants (ex. cas de Châtel).

Chaleurs extrêmes, fortes variations de températures. Les grandes variations de températures sur une même journée peuvent créer de grandes déformations sur les composants métalliques (pylônes, câble). Leur prise en compte dans la conception s'appuie sur des systèmes de protection des pylônes contre le rayonnement solaire et sur des

calculs d'allongement du câble permettant d'absorber des amplitudes de déplacement de l'ordre de quelques mètres (mais les amplitudes thermiques de plus en plus fortes au cours d'une même journée ou au cours d'une année peuvent conduire aux limites des systèmes de tension actuels). Aujourd'hui, cette donnée peut être prise en compte dans la phase de conception si elle est bien identifiée et caractérisée en amont.

Incendies. Dans un contexte d'occurrence accrue, l'évolution de la norme européenne EN17064 relative aux incendies vise notamment à prendre en compte les progrès récents de l'état de l'art sur les calculs de propagation d'un incendie sous une ligne de transport par câble, la caractérisation du comportement des composants affectés par les fortes températures (câble, balancier, cabine) et les moyens de détection par caméra thermique (ex. prise en compte de la présence de véhicules en milieu urbain). La modélisation des contraintes auxquelles sont soumis les câbles lors de la montée en température au-dessus de la source de chaleur permet d'en déterminer les limites physiques, afin de déterminer la hauteur des lignes. Les règles de conception consistent à minimiser les survols en tenant compte du type de végétation survolée et à vérifier le non-déraillement du câble lorsque les pylônes se déforment sous l'effet de la chaleur issue d'un incendie. Aujourd'hui, les distances aux sources d'incendie ont été augmentées, notamment au-dessus de la végétation, ce qui amène d'autres contraintes, notamment en cas d'évacuation.

Vents violents. Ce phénomène semble s'intensifier sous l'effet du changement climatique, avec des vents de plus en plus violents et de plus en plus soudains. Les vitesses maximales de vent demandées pour poursuivre l'exploitation sont de plus en plus élevées. Hors exploitation, des dispositifs cycloniques ont été développés et éprouvés avec succès lors des passages de cyclones >200km/h (ex. télécabine Papang à la Réunion). En exploitation, le système 3S (système bi-câbles, avec 2 câbles porteurs et un câble tracteur) permet une tenue au vent jusqu'à 110 km/h (au lieu de 90 km/h en monocâble environ). Mais le caractère imprévisible du vent peut mener à des situations dangereuses. L'évolution de la norme européenne EN12929-1 vise à prendre en compte les retours d'expérience et les évolutions de l'état de l'art pour

prendre en compte de nouveaux phénomènes, notamment de rafales de vent, dans le calcul de l'inclinaison au vent (pour éviter le risque de percussio n d'un pylône par le véhicule). De nouvelles règles aident l'exploitant à gérer les situations intermédiaires entre une situation normale de vent et une situation à risque, grâce à des seuils d'alerte, de ralentissement et d'évacuation. L'idée est d'anticiper au maximum les choses, d'identifier des tendances et les prendre en compte.

Des solutions techniques sont conçues pour détecter les déplacements du câble sur les pylônes liés au vent (capteur inductif, caméras), et pour accroître la tenue au vent (allongement des suspentes des véhicules, mise en place de lests dans les véhicules en cas de vent fort...). Elles permettent de mieux comprendre les situations, mieux les anticiper et faire des levées de doute. Ex. : en allongeant la longueur de suspente, on peut augmenter le gabarit et tolérer plus de vent sur des télésièges ou des télécabines.

L'état de l'art a ainsi beaucoup progressé ces dernières années. Pour aller plus loin, des travaux de recherche sont en cours (projet TurbCab) incluant STRMTG, constructeurs, laboratoires publics (CSTB et ENS Lyon) et académiques, pour mieux caractériser et calculer le comportement aérodynamique d'une cabine sous l'effet du vent et ainsi mettre à disposition des constructeurs des outils de conception de cabines intégrant des critères aérodynamiques, permettant de concevoir des installations plus résilientes aux vents violents.

Conclusions : La prise en compte de l'adaptation au changement climatique dans la conception des remontées mécaniques passe par une meilleure connaissance des phénomènes en jeu, des adaptations sur la configuration des systèmes, des solutions techniques (détection, réaction) et des évolutions normatives impliquant l'ensemble de la profession. Ceci afin de maintenir le niveau de sécurité des remontées mécaniques au plus haut malgré les changements qui s'opèrent avec le changement climatique. Ces actions sont évidemment complémentaires de celles visant à l'atténuation du changement climatique par l'éco-conception, afin de réduire le bilan carbone des projets de remontées mécaniques.

Commentaires :

Ces phénomènes sont intégrés dans le cadre d'un **dialogue**, afin d'essayer de trouver collectivement des solutions optimales. Cela passe aussi par du monitoring, un suivi sur plusieurs années. On est alors capable d'intégrer des solutions, pas forcément coûteuses ; ça peut être des questions de configuration des éléments. La notion d'humilité face aux phénomènes semble également importante, ainsi que l'intelligence collective : en tant que constructeur, on est loin d'avoir toutes les compétences et les connaissances, on a besoin des retours d'expérience des exploitants et des experts (par ex. géotechniciens).

Echanges avec la salle :

Le bilan carbone d'un télésiège ou d'une télécabine est très variable selon le type d'appareil et la saison d'utilisation. L'ordre de grandeur est de plusieurs milliers de tonnes de carbone, répartis ainsi (en France) : ~40% sur la partie fabrication, 40% pour l'utilisation, la maintenance et le transport et 10-15% en fin de vie.

On ne constate pas d'augmentation des valeurs d'avalanches demandées dans les projets. C'est du cas par cas et ça reste des cas plutôt minoritaires. En revanche, on voit de plus en plus de demandes pour des ouvrages de protection périphériques.

Concernant la limite des variations de températures et d'élongation du système de tension, il reste des marges de manœuvre pour continuer à s'adapter dans les 30-40 prochaines années. Le panel des solutions a plutôt tendance à s'étoffer.

Auparavant, la prise en compte des séismes dans la configuration des pylônes se faisait de manière assez simplifiée (en quasi-statique) pour éviter des déraillements. Aujourd'hui, les modèles en tiennent compte de manière plus fine (en dynamique). C'est plutôt de l'optimisation que du renforcement.

Concernant le vent, les changements ressentis ne sont pas encore étayés par les données scientifiques, mais malgré l'absence de tendance en valeur absolue, on constate des occurrences de phénomènes brutaux et des changements d'orientation (ex. davantage de vent d'ouest dans le Vercors), qui entraînent des situations compliquées en termes d'exploitation (interruption, chute, éjection). Pour le STRMTG, le vent est donc « l'ennemi numéro 1 ».

Table ronde : Sécurité de la construction et de l'exploitation des remontées mécaniques face au changement climatique : axes de travail prioritaires

Intervenants :

- **Philippe RAVIOL** – Ministère de la Transition écologique, Direction Générale de la Prévention des Risques, référent national prévention des risques en montagne
- **Gaëtan RIOULT** – STRMTG, chef du département installation de transport par câble
- **Pascal HAGENMULLER** – Météo-France/CNRS Centre d'Etude de la Neige, chercheur Neige et avalanches / Trésorier PARN
- **Yann CARREL** – Domaines Skiables de France, président de la commission remontées mécaniques / SATA Group, directeur des opérations
- **Mathieu BABAZ** – Association internationale des constructeurs d'installations de transport par câble (IARM), secrétaire national / POMA, responsable prospective et innovation durable

Animation : **Florence MARCHON** et **Carine PEISSER** – PARN

Introduction

Cette table ronde, organisée en 4 temps, avait pour but de construire, par le dialogue et par l'échange, une feuille de route identifiant des axes de travail pertinents, de nature à améliorer la prise en compte des effets du changement climatique pouvant affecter la sécurité de la construction et de l'exploitation des remontées mécaniques.

Chaque participant était invité à décrire : (1) sa pratique et sa vision actuelle de la question, (2) les enjeux auxquels s'attendre, puis (3) des actions à mettre en place collectivement dès aujourd'hui pour aller vers des solutions d'adaptation, avant (4) un temps d'échange avec la salle.

La retranscription complète des questions et des échanges est fournie en Annexe.

Synthèse de la table ronde

1. Sécurité actuelle : définition partagée et pratiques

Les intervenants s'accordent à considérer la sécurité comme un principe fondamental et transversal à l'ensemble des étapes de la vie d'une remontée mécanique : conception, construction, exploitation et maintenance. Ils partagent une vision commune : la **sécurité est une exigence réglementaire**, technique et humaine, reposant sur un **équilibre** entre prévention des risques, fiabilité des installations et conditions d'exploitation.

- **L'administration (DGPR, STRMTG)** rappelle que la sécurité s'appuie sur un cadre réglementaire robuste (construction, exploitation, maintenance), sur la connaissance des aléas, et sur un processus d'amélioration continue fondé sur le retour d'expérience.
- **Les exploitants (DSF)** soulignent la force de la **culture montagnarde du risque**, l'importance de l'observation de terrain – appuyée par les échanges avec Météo-France et la cartographie précise des aléas – ainsi que l'importance de la formation saisonnière adaptée.

- **Les constructeurs (IARM)** mettent en avant l'importance du collectif et du second regard dans les processus industriels ; la sécurité est au sommet de la « pyramide de Maslow » industrielle, avec des normes européennes exigeantes et des **collectifs de vérification croisée**.
- **Les experts scientifiques (Météo-France, CNRS)** insistent sur le rôle central de la prévision météorologique et de la définition des aléas de référence pour sécuriser les décisions d'exploitation à court et moyen terme ; la prévision météo à court terme est un levier essentiel de sécurité ; l'amélioration continue des systèmes de vigilance est en cours.

2. Enjeux émergents avec le changement climatique

Le changement climatique bouleverse les repères et complexifie la gestion de la sécurité, en particulier par :

- **La non-stationnarité du climat, avec des phénomènes nouveaux ou amplifiés :**

- Événements extrêmes plus fréquents : augmentation des vents violents, précipitations intenses – dont épisodes de pluie sur neige –, orages soudains et violents avec cellules convectives très localisées...
- Intensification de la dégradation du permafrost,
- Incertitude croissante, en particulier à l'échelle locale.
- **Un décalage entre cycle de vie des infrastructures et dynamique de changement du climat** : les installations conçues pour 30 à 50 ans doivent intégrer une évolution climatique rapide (jusqu'à +1°C en 30 ans dans les Alpes).
- **Une montée en complexité** : systèmes plus techniques, forte saisonnalité des personnels, importance croissante de la gestion des compétences et de la formation en continu.
- **Des contraintes économiques et assurantielles** : surdimensionner coûte cher, mais ne pas anticiper expose à des risques critiques – sous-dimensionner peut à terme mettre en danger. L'acceptabilité des coûts et l'appétence des assureurs deviennent des facteurs décisifs – certaines compagnies deviennent réticentes à couvrir des risques non maîtrisés.
- Favoriser l'initiation d'autres études ou les alimentant (ex. modélisations climatiques à des échelles plus locales dans les territoires de montagne...).
- Construire collectivement des guides (ex. de bonnes pratiques).
- Adapter les données de conception et les méthodes de maintenance en conséquence.
- Pour pouvoir s'adapter en cours d'exploitation, renforcer la **maintenance prédictive** via la collecte et l'analyse de données (développement de l'usage de capteurs sur les infrastructures), l'usage de jumeaux numériques et la capitalisation sur les retours d'expérience.

➤ **Leviers organisationnels – Gouvernance, culture et réglementation**

- Favoriser le **partage de données et de connaissances** entre experts, exploitants, chercheurs et autorités de manière ouverte et continue : les scientifiques ont besoin de remontées de données (ex. données nivométéorologiques, base de données RTM) autant que les exploitants ont besoin de portés-à-connaissance rigoureux (certaines perceptions locales peuvent être contre-intuitive, ou inexacte – ex. température du permafrost maximale en novembre < inertie thermique ; risque de mouvements de terrain brutaux en novembre et décembre, avec des conséquences en termes d'organisation de l'exploitation).
- Mieux articuler **règlementation et bon sens terrain**, notamment sur les pratiques d'entretien et de gestion des écoulements ; valoriser la « chaîne de valeurs montagne ».
- Se **préparer à la gestion de crise** : s'organiser pour faire face à l'imprévu, par exemple par des mises en situation et des formations basées sur la simulation pour mieux intégrer les réflexes de sécurité
- Valoriser et formaliser la **mémoire collective des risques** :
 - Structurer des bases de données accessibles et pérennes, en s'appuyant d'abord sur les BD existantes ;
 - Elargir les retours d'expérience (REX) et partages de bonnes pratiques, sur des gros événements mais aussi de « petits événements » plus quotidiens, et en particulier durant l'été, où de nombreux exploitants ont moins d'expérience ;

3. **Leviers d'action identifiés**

➤ **Leviers scientifiques et techniques**

- Renforcer la **caractérisation locale des aléas** (vents forts, foudre, aléa torrentiel, neige, permafrost...) et intégrer ces données dès la conception :
 - Mettre en place une démarche prospective destinée à réaliser des collectes de données, ou alimenter des études en cours ;
 - Besoin pour les scientifiques/ météorologues de continuer à alimenter des bases de données (exploitants, RTM).
- Encourager **l'interconnaissance et la co-construction entre métiers et territoires** (exploitants, chercheurs, constructeurs, collectivités) :
 - Mettre en place de cadres formalisés favorisant l'amélioration du **lien chercheurs/professionnels** dans ces démarches prospectives ;

➤ Transition et prospective

- Intégrer la sécurité dans une **vision de long terme**, en lien avec l'évolution des modèles économiques (remontées multi-saisons, nouvelles implantations...).
- Travailler collectivement à l'évolution des **profils métiers**, pour garantir le maintien des compétences dans des systèmes de plus en plus complexes.
- Participer activement aux dynamiques collectives portées par le **PNACC-3**, le **PACC alpin** et les programmes locaux de gestion intégrée des risques (ex. STePRiM).

4. 🗨 Paroles de la salle et messages clés

- Besoin de **référentiels historiques solides**, alors que certains événements extrêmes dépassent les modèles actuels.
- Importance de **ne pas créer de nouvelles normes inutiles**, mais de préserver la **souplesse locale et l'intelligence de terrain**.
- Nécessité de réfléchir à **de nouvelles solutions par câble**, y compris pour des situations d'urgence ou d'isolement (ex : La Bérarde).
- Rappel de l'idée que **l'adaptation aura ses limites** : on ne pourra pas tout gérer, et certains sites pourraient devenir non viables.

✅ Conclusion : Vers une approche intégrée, réaliste et collaborative

Les échanges ont mis en évidence la nécessité d'une approche systémique et collaborative pour faire face aux défis climatiques. Il s'agit de bâtir une stratégie de sécurité durable, intégrée dans les processus réglementaires, techniques et humains, tout en s'appuyant sur les valeurs et l'intelligence de terrain des acteurs de la montagne.

La dynamique initiée lors de ce séminaire appelle à être prolongée dans le cadre d'instances de dialogue et de coopération interprofessionnelles, autour de besoins qui ont clairement émergé lors de cette table ronde :

- **Travailler ensemble** : acteurs publics, privés, scientifiques ;
- Favoriser le **partage d'expérience** et la **structuration de la connaissance** ;
- Adapter les **pratiques réglementaires** tout en restant ancrés dans la réalité du terrain et sans densifier le cadre prescriptif (pas de nouvelles normes techniques ou réglementaires) ;
- **Anticiper** la complexité croissante des risques, sans laisser de côté les facteurs humains.

🔗 **Prochaine étape** : intégrer ces réflexions dans les feuilles de route du PNACC-3, du PACC alpin, et dans les outils de régulation, conception et formation.

Mot de conclusion du STRMTG

Le STRMTG adresse ses vifs remerciements à l'ensemble des intervenants pour leurs présentations, leurs contributions aux échanges, ainsi que tous les participants. Une mention particulière est dédiée au PARN qui a animé cette journée avec efficacité et réactivité.

Le premier enseignement à tirer de cette journée est un constat rassurant : **tous les acteurs sont imprégnés de cette culture du risque inhérent à la montagne et au transport de personnes**. La montagne demeure un terrain de situations imprévisibles, et ces conditions tendent à se renforcer avec l'évolution du climat. Dans notre domaine, l'avenir doit s'appuyer sur préservation de notre capacité collective à faire face à l'urgence et au « jamais vu ». Les acteurs de la profession sont tous concernés et mobilisés par cet objectif.

Le deuxième enseignement à retenir est que **nous disposons d'éléments précis sur l'évolution du climat ces 30 à 50 prochaines années en montagne, précises et affirmées**. Il y a bien sûr des incertitudes, mais la connaissance scientifique fait aujourd'hui consensus quant à la rapidité et à l'ampleur de ces changements, et le retour d'expérience qui l'illustre est déjà assez vaste et étayé pour faire avancer nos réflexions.

Troisième enseignement : **le changement climatique est à l'œuvre aujourd'hui et nous en ressentons les effets sur les remontées mécaniques**. Ce constat impose que nous mettions collectivement en service en 2025 des équipements adaptés à ce qui va advenir dans les 30 à 50 prochaines années. C'est un défi qui se présente dès aujourd'hui.

Au-delà de ces enseignements quant au problème posé et aux enjeux, 3 principes d'actions peuvent être dégagés des premiers échanges de ce séminaire :

1. **La nécessité d'avoir un réseau d'échanges interprofessionnel**: les exploitants, les constructeurs, les prestataires intervenant dans la conception et la réalisation, les autres acteurs de

la montagne, les scientifiques. Les différents savoirs se nourrissent mutuellement et il est important à travers ce réseau d'échange de garantir la fluidité des informations et la formation des acteurs. C'est uniquement par une approche globale et systémique que nous pourrions avancer significativement.

2. **La profession doit faire face à des incertitudes et à l'inédit**. Elle avait l'habitude de se baser sur une longue expérience, ce qui n'est plus suffisant aujourd'hui au regard des enjeux évoqués. Il va falloir intégrer au fil de l'eau les événements, les retours d'expériences et les connaissances nouvelles. La résilience des organisations et technologies en service, la réactivité, l'adaptabilité nécessaire, sont les principes fondamentaux à intégrer à chaque étape de nos projets et de nos réflexions dans nos organisations respectives.
3. Enfin, **quelques pistes concrètes ont été évoquées**. Sur certains sujets, notamment les risques glaciaires et périglaciaires, les choses sont bien avancées. En ce qui concerne les phénomènes liés au vent également, même s'il y a encore du chemin à faire. De façon générale, la **nécessité de caractériser les aléas et leur cinétique, en particulier pour optimiser les réponses**, est un enjeu déterminant. Enfin, la **formation des personnels impliqués** rester un enjeu fondamental.

Ce séminaire est un premier pas dans la structuration d'une réflexion pragmatique. L'adaptation au CC s'inscrit dans une urgence avérée, considérant l'ampleur et la proximité des évolutions attendues. La communauté évoquée doit ainsi continuer à réfléchir à la manière de progresser, pour établir collectivement une doctrine et capitaliser les retours d'expérience.

Le STRMTG continuera à apporter sa contribution à l'animation et l'accompagnement de cette démarche, qui apparaît fondamentale aujourd'hui.

Annexe :

Retranscription de la table ronde et des échanges avec la salle

Table ronde : Sécurité de la construction et de l'exploitation des remontées mécaniques face au changement climatique : axes de travail prioritaires

Intervenants :

- **Philippe RAVIOL** – Ministère de la Transition Ecologique, Direction Générale de la Prévention des Risques, référent national prévention des risques en montagne
- **Gaëtan RIOULT** – STRMTG, chef du département installation de transport par câble
- **Pascal HAGENMULLER** – Météo-France/CNRS Centre d'Etude de la Neige, chercheur Neige et avalanches / Trésorier PARN
- **Yann CARREL** – Domaines Skiables de France, président de la commission remontées mécaniques / SATA Group, directeur des opérations
- **Mathieu BABAZ** – Association internationale des constructeurs d'installations de transport par câble (IARM), secrétaire national / POMA, responsable prospective et innovation durable

Animation : **Florence MARCHON** et **Carine PEISSER** – PARN

Question 1 : De votre position, comment définissez-vous la notion/le sujet de la « sécurité de la construction et de l'exploitation » (que mettez-vous derrière ce terme) et comment cela se traduit aujourd'hui dans votre pratique / votre organisation ?

Philippe RAVIOL : La **politique nationale de prévention** des risques naturels et technologiques a pour logique de réduire les conséquences potentielles des aléas, en particulier sur les personnes et les biens. Elle prend en compte l'ensemble des phénomènes qui peuvent survenir en montagne, selon 4 thèmes : (1) **l'amélioration de la connaissance** (support à la recherche scientifique fondamentale et opérationnelle et transfert sur les territoires et auprès des gestionnaires des risques); (2) **l'information préventive** sur l'exposition aux risques, obligatoire au niveau communal (DICRIM) et départemental (DDRM) et lors des opérations immobilières (IAL); (3) **la prise en compte des risques dans l'aménagement et l'urbanisme** futurs voire existants (PPR) pour la protection des personnes et des biens, mais aussi des personnes dans les biens, notamment dans les bâtiments publics et les infrastructures telles que les remontées mécaniques ; (4) **la réduction de la vulnérabilité** (parades actives et passives).

Gaëtan RIOULT : C'est le droit qui définit la sécurité. La réglementation définit le périmètre à prendre en compte pour assurer la **sécurité des personnes** : les passagers, les personnels d'exploitation et de maintenance et les tiers. Cette problématique est partagée par le STRMTG avec l'ensemble des partenaires de la profession (maîtres d'ouvrage, constructeurs, exploitants, législateur). Chacun a un rôle à jouer, mais aussi ses propres contraintes. Notre administration a l'objectif prioritaire d'atteindre la

sécurité. Les autres objectifs des exploitants (disponibilité, maintien du niveau de service, limitation des coûts permettant une certaine rentabilité) ne nous concernent pas directement. Cela nous donne une position assez neutre et la possibilité de faire la part des choses. En termes d'actions, la sécurité repose sur un triptyque : (1) **l'écriture de la réglementation française et européenne** qui définit les règles de construction, d'exploitation et de maintenance des remontées mécaniques, (2) **le suivi et l'évaluation des projets** pour des appareils nouveaux ou des modifications pour vérifier que les risques sont bien pris en compte et (3) **le suivi du parc** qui permet d'animer un certain nombre de retours d'expérience. Cette sorte de cercle vertueux permet de bien intégrer l'évolution à la fois des techniques et du contexte global et climatique.

Yann CARREL : Les exploitants doivent prendre en compte plusieurs éléments dans leur dispositif de sécurité d'exploitation, donnant lieu à de très nombreuses données d'entrée spécifiées dans le cahier des charges de l'installation, en fonction du type d'implantation (haute montagne, moyenne montagne ou urbaine). Il faut trouver un équilibre entre le **schéma national** qui permet d'organiser l'exploitation d'un domaine skiable ou d'une remontée urbaine, les obligations à respecter dans les **contrats de délégation de service public** avec des collectivités locales et aussi, de plus en plus, les **exigences de clients**. On cherche à s'appuyer sur la **culture**

montagne et à enrichir les données d'entrée pour l'exploitation des remontées mécaniques, à travers une **veille terrain** toute l'année. On échange beaucoup avec Météo-France notamment sur l'évolution des risques. La **culture du risque** est implantée depuis de nombreuses années sur les territoires de montagne et elle a fait ses preuves. C'est **une richesse** au niveau national. Très tôt on a établi des cartes d'aléas pour évaluer les risques et la cartographie géotechnique nous a permis de construire des remontées mécaniques dans des zones plutôt saines qui permettent d'éviter d'avoir des problèmes.

Pascal HAGENMULLER : La sécurité de l'exploitation passe d'abord par une **bonne prévision météorologique à courte échéance** (24h). Anticiper de quelques heures ou d'un jour une situation dangereuse permet de mettre en sécurité les personnes et éventuellement de modifier sensiblement l'installation pour qu'elle soit plus résistante à l'événement météorologique. La mission principale de Météo-France est de surveiller l'atmosphère pour assurer la sécurité des biens et des personnes, à travers la vigilance basée sur la prévision des phénomènes météorologiques dangereux (vents forts, avalanches, canicules, orages). En tant que chercheur sur le climat de montagne, le second point est d'essayer de définir au mieux, avec les connaissances actuelles, **l'aléa de référence sur une période assez longue**, pour pouvoir prédire le pire événement météorologique auquel une remontée mécanique est exposée (ex. cumul de neige maximal sur une période de 30 ans). Progressivement, la vigilance au niveau national intègre de nouveaux phénomènes dangereux (ex. vague-submersion depuis 2011) et s'améliore au niveau spatial et temporel. On est passé à la **prévision à 2 jours** (de J+1 à J+2) depuis 2021. Une discussion est en cours sur une **descente d'échelle spatiale** à l'échelle infra-départementale, - comme c'est déjà le cas pour les avalanches à l'échelle du massif - pour d'autres phénomènes dangereux.

Question 2: En contexte de changement climatique, quels sont pour vous les enjeux à venir en matière de sécurité ? En pensant essentiellement adaptation, mais atténuation également

Pascal HAGENMULLER : Le changement climatique dans les Alpes est marqué et a des impacts importants du fait de la présence d'eau gelée en altitude. Les Alpes se réchauffent de 0,3°C par décennie depuis les années 1970. Cette tendance va continuer jusqu'en 2050 et dépendra ensuite des mesures d'atténuation. Les

Mathieu BABAZ : En tant que constructeur, la sécurité des personnes qu'on transporte est un prérequis, mais c'est quelque chose qui n'est jamais acquis et qui **peut être remis en question de manière régulière**, notamment par les évolutions de l'état de l'art, des normes et des phénomènes du CC. La profession a été marquée par des accidents dramatiques (Vaujany par exemple), que l'on n'oublie pas et qu'on essaie de garder dans notre culture d'entreprise, quels que soient les constructeurs. La sécurité doit être maintenue au plus haut niveau, à travers une **organisation qui permette de mettre la sécurité au centre**. La conception des installations se réfère à des guides nationaux et à des normes européennes. On s'appuie sur un collectif et des seconds regards, qui sont extrêmement importants dans la profession. L'erreur est humaine, donc il est important d'avoir cette **capacité à se contrôler, à se vérifier et à faire avec différents regards**. On doit s'assurer que tout a bien été pris en compte. La **certification européenne en matière de sécurité** fait référence au niveau mondial. Les constructeurs européens veulent garder cette avance. La prise en compte de tous les phénomènes et des évolutions de l'environnement sont des éléments importants. Il s'agit de se tenir au plus haut niveau de l'état de l'art pour assurer le plus haut niveau de sécurité et le retranscrire dans les évolutions normatives. En tant que constructeur, **l'enjeu sécuritaire est la base de la pyramide**. Ensuite viennent s'ajouter différentes couches (fabrication, industrialisation), avec des coûts qui doivent être optimisés et la prise en compte de l'environnement (changement climatique, empreinte carbone). Ces éléments de contexte sont essentiels pour le constructeur afin d'avoir une **vision durable de nos systèmes et de nos solutions**. On a l'habitude de raisonner sur la pyramide de Maslow, en vue de **prendre en compte tous les enjeux dans nos solutions**. Cela apporte des solutions forcément complexes, qui nécessitent une recherche de compromis.

événements extrêmes sont plus fréquents et plus intenses que par le passé, avec des **effets extrêmement marqués en altitude** du fait des changements de phase entre eau solide et liquide, dont les impacts sont forts (pluie à la place de la neige, événements pluie-sur-neige, dégradation du pergélisol).

L'enjeu majeur est **la prévisibilité**, car si les événements n'ont jamais eu lieu, il est difficile de les anticiper. Dans ce contexte de climat extrêmement non-stationnaire, le deuxième enjeu concerne la **durée de vie des installations**, qui sont conçues pour durer 30 ans. C'est la période de référence pour le climat, mais c'est déjà 3 fois +0,3°C, soit quasiment +1°C. Le changement climatique est donc extrêmement rapide et la difficulté est d'**anticiper les valeurs extrêmes** parmi les nombreuses réalisations météorologiques statistiquement possibles dans le futur. Les projections de température présentent peu d'incertitude à l'échelle du globe (sauf les émissions anthropiques), mais **l'incertitude liée à la variabilité interne du climat** augmente énormément à l'échelle régionale/départementale et devient pratiquement dominante à l'échelle locale. Il faut donc **travailler à des échelles assez grandes pour parler d'impacts très locaux**.

Mathieu BABAZ : La **durée de vie de nos installations** est en effet l'un des enjeux majeurs. Il est important d'arriver à mieux prévoir et comprendre ce qui va se passer, ce pour quoi on a clairement besoin de s'entourer d'experts. Plus largement, cet enjeu peut être pris sous différents angles, notamment **économique**. Si l'on veut sécuriser au maximum nos installations, on va peut-être avoir tendance à prendre en compte et à cumuler tous les pires phénomènes envisageables pendant les 30 ou 50 prochaines années et finalement à aboutir à un système très largement surdimensionné, pour un événement qui, soit n'arrivera jamais, soit arrivera peut-être une fois dans la vie de l'installation. Cela génère des surcoûts importants, et du point de vue de l'atténuation, une consommation accrue de matière et d'énergie et davantage d'impacts sur l'environnement. Il faut donc arriver à trouver ce compromis entre prendre en compte un maximum d'événements et malgré tout rechercher un **optimum local**, ce qui suppose une connaissance précise de la localisation des phénomènes, à partir du retour d'expérience des experts locaux. Un autre enjeu fort est **l'atténuation du changement climatique**. En phase avec les accords de Paris, l'entreprise POMA s'est donné pour objectif de réduire de 50% le bilan carbone de ses projets de remontées mécaniques. Cela nécessite un vrai travail d'innovation, pas seulement en interne, mais aussi avec d'autres acteurs, industriels notamment. On a donc cette **nécessité de travailler en réseau**. Par exemple, on fait appel à l'utilisation de

matériaux recyclés et à l'économie circulaire en général.

Yann CARREL : L'économie est un sujet essentiel, parce que le **bon dimensionnement** conditionne la justesse dans la définition du projet. La **partie organisationnelle** est aussi un sujet majeur, avec toutes les contraintes en termes de réglementation de la construction et du fonctionnement de l'exploitation des remontées mécaniques, qui incombent à DSF en tant qu'exploitant. On a pour spécificités d'avoir un **très grand nombre de métiers** et une **saisonnalité** marquée en montagne (avec des personnes qui nous rejoignent 6-7 mois de l'année pour certains et 3-4 mois pour d'autres), avec **plusieurs compétences-métier** pour certains. Il faut donc pouvoir suivre des modèles d'exploitation et, même si l'ancienneté rappelle et construit l'expérience et les connaissances, il faut tout reprendre chaque année. On est organisé pour l'exploitation du domaine skiable à partir du mois de novembre et les services RH sont prêts à anticiper et organiser le suivi des formations quelques mois à l'avance en profitant des périodes favorables. C'est aussi l'occasion de mettre en œuvre et de **tester la robustesse de cette organisation**. Nos schémas d'organisation professionnalisent énormément les compétences. DSF a mis en place des certificats de qualification professionnelle, en priorité sur les métiers d'exploitation, et actuellement, on professionnalise les connaissances et la formation des agents techniques de maintenance, indépendamment de leur cursus scolaire initial, afin de permettre de conserver cette organisation. Depuis quelques temps, on fait évoluer cette robustesse d'organisation vis-à-vis du changement climatique. Pour cela, les **retours d'expérience** sont fondamentaux, car ce qui marchait il y a 10 ans ne marche peut-être plus aujourd'hui. Au sein de DSF, on essaie donc de faire évoluer les pratiques en diffusant des **bonnes pratiques**. Chez SATA Group, on développe aussi la **mise en situation**, à travers des procédures adaptées dans les cahiers des charges. Par exemple, les épisodes de vent ont tendance à augmenter, ce qui pose la question de notre capacité à y réagir. La **temporalité dans l'organisation** en réaction aux phénomènes de tempête et de montée rapide de vent va être **structurante sur la mise en sécurité des personnes**. En deuxième niveau, la **sécurité du bien** va rentrer dans notre préoccupation, avec là encore de nouvelles dispositions qui arrivent du côté assurantiel. **L'assurance aujourd'hui est un enjeu majeur** du fait de réticence des compagnies à continuer à nous

assurer quand on leur parle de sécurité vis-à-vis des évolutions climatiques et du terrain et des dommages potentiels. On essaie aussi de mieux **prendre en compte les événements qui se sont plutôt mal passés** (retours d'expérience) et d'organiser des mises en situation pratique pour pouvoir être efficace sur ces réactions.

Florence MARCHON : Quels seraient pour vous les enjeux majeurs, notamment en termes de développement des connaissances ?

Gaëtan RIOULT : Du point de vue de la sécurité des passagers et des personnels d'exploitation, la plupart des phénomènes décrits ce matin (glissements de terrain et problématiques liées au permafrost) se produisent plutôt **hors exploitation** en première approche, avec des **phénomènes relativement lents** sur lesquels des précurseurs permettent en théorie **d'anticiper l'identification des situations à risque** avec les contrôles mis en place par les exploitants. Certains phénomènes sont néanmoins brutaux, comme l'exemple du pylône déplacé d'une quinzaine de mètres. Concernant la problématique des installations ancrées dans le permafrost, on détecte généralement les situations à temps, lorsque les phénomènes ont été identifiés à l'avance. Environ 10% à peine des installations type téléphériques sont concernées par le permafrost et les autres ne le sont pas. L'enjeu est d'être sûr qu'on ne se trompe pas pour éviter des situations qui iraient plus vite qu'attendu et généreraient un risque pendant le fonctionnement des appareils. L'un des enjeux est **d'être en capacité de bien connaître ces aléas**, de les comprendre et de les anticiper. Les exploitants doivent donc intégrer dans leur organisation cette capacité à prendre en compte des paramètres un peu nouveaux, précurseurs d'une situation qui va potentiellement se dégrader. Dans le cas de Châtel, l'exploitant est averti, mais quid des autres ? La **culture de sécurité** est aussi une donnée importante du problème. On a donc introduit dans la réglementation un **Système de Gestion de la Sécurité** aux différents niveaux de l'exploitation et de la maintenance. Aujourd'hui, nous devrions examiner **comment les exploitants intègrent cette donnée dans leurs schémas d'organisation**. Concernant le retour et l'apparition brutale de phénomènes violents (vent, orages), certains événements dramatiques survenus récemment (ex. personnel éjecté de son télésiège par une tornade en juin 2024), démontrent que **la vigilance des exploitants peut être partagée plus largement sur ce genre de situations** (car tant

qu'on n'est pas confronté à une situation, on a tendance à la minimiser).

Philippe RAVIOL : Les politiques publiques du ministère portent au niveau macro sur la définition d'outils adaptés à une situation. Concernant la gestion et la prévention des risques en montagne, dans le cadre du changement climatique, il y a une adaptation à la situation actuelle. Par exemple, les ROGP sont identifiés depuis une dizaine d'années par les services du ministère et par les acteurs de territoires qui subissent ces phénomènes. La politique interministérielle de gestion des risques d'origine glaciaire et périglaciaire présentée en décembre 2024 comporte toute une série d'actions, parmi lesquelles la **levée de doute** pour identifier tous les territoires potentiellement concernés par ces risques. Cette politique est intégrée dans un autre dispositif de politique publique, le PNACC-3, composé de 52 mesures qui traitent de toutes les activités du territoire national et mobilisent tous les secteurs de la société, avec pour ambition de s'adapter à une perspective de trajectoire assez pessimiste de +4°C à l'horizon 2100, avec un volet spécifique aux territoires de montagne. La mesure 6 concerne l'ensemble des aléas en montagne affectés par le changement climatique et concerne toutes les zones de montagne (qui ne sont pas toutes englacées). 3 mesures transversales permettent d'avoir une entrée très technique sur les risques naturels mais aussi très organisationnelle, notamment sur **le développement et l'adaptation du tourisme**, la prise en compte de l'aléa inondation et la question de l'adaptation des écosystèmes de montagne. La démarche du PNACC consiste donc à **décliner des politiques très génériques, affiner la connaissance locale et la transférer aux acteurs locaux**, dont les gestionnaires des risques dans les collectivités (qui sont supports du ministère notamment via les délégations de service public). L'enjeu est donc de **partager au mieux possible les projets** qui peuvent être menés dans ce cadre.

Florence MARCHON : Avec le PNACC, on est à un moment essentiel d'écriture de ces enjeux, d'outils qui vont être déployés et de possibilités de travailler les uns avec les autres. À l'échelle du massif alpin l'écriture du PACC est aussi en cours, avec une **démarche ascendante** qui vient du massif. Le PARN coanime le GT Risque et c'est important de vous entendre aussi dans ce contexte de co-construction d'objectifs et de programmation d'actions sur des enjeux majeurs pour 2030 (et 2035 pour le PACC).

Question 3 : Quelles actions mettre en place, quelles pistes travailler ensemble pour contribuer à l'adaptation des remontées mécaniques aux effets du changement climatique (en termes de sécurité) ?

Gaëtan RIOULT : Tout d'abord, **on ne va pas modifier les règles techniques et sécuritaires ni ajouter des règles supplémentaires** (ex. pour le calcul par rapport aux avalanches, le vent, etc.). L'organisation de cette journée est un exemple de ce qu'on veut faire demain : **mettre en relation les uns et les autres**, afin de **mieux identifier et partager les connaissances et les bonnes pratiques**. Il est également essentiel de **mieux caractériser les aléas et suivre leur évolution** sur les différents sites. Les situations présentées par le domaine de Châtel et les bureaux d'études techniques montrent qu'il y a déjà des cas qui relèvent effectivement des conséquences du changement climatique. Mais ces situations peuvent être aussi parfois aggravées par des erreurs de conception commises en amont ou de paramètres mal pris en compte. Il faut donc **continuer à travailler sur les petits sujets indépendants du changement climatique** et organiser un **partage d'expériences** pour éviter de ne rendre ces situations plus délicates qu'elles ne peuvent l'être.

Yann CARREL : La **culture montagnarde** est l'essence de cette implantation de remontées mécaniques en haute altitude car c'est un **milieu sensible** à différents niveaux (risques, environnement, patrimoine). Des pratiques de bon sens qui pouvaient se faire par le passé pour entretenir les infrastructures permettaient une certaine maîtrise du risque, mais au fil des ans **certaines réglementations nous interdisent ces dispositifs de bon sens**. Il s'agit notamment de la capacité à réguler les écoulements au moment de la fonte, qui consiste à dimensionner, entretenir et curer les réseaux de torrents qui sont secs pendant 7-8 mois pour pouvoir évacuer les volumes à un instant T. Ces pratiques ne sont plus possibles aujourd'hui, ou alors avec d'énormes contraintes, avec pour effet d'amener l'eau dans des endroits où il n'y en avait pas ou peu et la déstabilisation des terrains. Il est donc important de préserver cette culture, qui au final est aussi garante de la sécurité de l'implantation, à condition qu'on nous permette de recourir à ces pratiques anciennes. Donc **ce partage des enjeux au niveau de la réglementation** est très important pour nous. Souvent c'est un casse-tête, parce que l'on est à la fois contraint par le maintien sécuritaire vis-à-vis du STRMTG et puis de l'autre côté on ne nous donne pas la possibilité de le faire. Par exemple, **le partage de connaissances avec Météo-France est**

un enjeu croisé, parce que nos enjeux sont très proches. Ça nous permet d'être mieux organisés et de mieux anticiper sur certaines conceptions et ça permet aussi aux modèles des ingénieurs de Météo-France d'être enrichis sur l'expérience terrain.

Et dernier point aussi, celui de la **co-conception**. Il faut prendre en compte la spécificité des différents types de zones de montagne, qui n'ont pas les mêmes problématiques. Les zones de très haute montagne ne peuvent pas recevoir les mêmes conceptions que des zones où on a déjà au niveau de la mise en œuvre plus de facilité. On sait que la conception et la mise en œuvre notamment vis-à-vis de la neige ou vis-à-vis du vent dans certaines hauteurs de domaine s'appuient vraiment sur le retour d'expérience. On doit développer ce retour d'expérience pour avoir la capacité à trouver un juste équilibre dans la conception et la mise en œuvre de matériaux tenant compte des aspects durabilité et impact. Il est vital aujourd'hui qu'on arrive à **comprendre les enjeux croisés des réglementations et le partage de la connaissance pour enrichir cette culture ou cet esprit montagne**.

Pascal HAGENMULER : Ce qui a été évoqué, c'est un peu la mémoire des risques. Comprendre ce qui s'est passé, c'est quelque chose d'important pour la connaissance locale et de manière plus générique à l'échelle des Alpes par exemple. On travaille déjà avec les pisteurs-secouristes pour tout ce qui est réseau nivo-météorologique, pour structurer en gros cette donnée qui existe, mais qui ne peut pas être juste dans la tête de quelqu'un, qui doit être structurée en base de données formalisée, parce qu'on ne peut compter sur la mémoire collective pour les événements rares. Même chose pour le service ONF-RTM qui a une base de données très riche sur les événements. Avoir **des bases de données qui sont maintenues au même niveau sur une grande période**, c'est quelque chose d'essentiel **pour avancer sur la connaissance et aussi sur des enjeux vraiment opérationnels**.

Mathieu BABAZ : Comme évoqué précédemment, les systèmes sont de plus en plus complexes et l'on cherche aussi des optimums économiques. Tous les constructeurs s'intéressent à la collecte de données de surveillance sur les installations pour améliorer la connaissance, arriver à croiser les regards et à faire des parallèles entre des situations avec des

phénomènes parfois assez proches. Cette **stratégie de collecte et d'analyse de données** est essentielle, mais il faut aussi croiser ces données avec des regards d'exploitants qui vont permettre de qualifier ces données et de mieux comprendre les phénomènes et leurs conséquences sur les machines. Il y a donc un fort **enjeu de partage des données** en vue d'**optimiser** nos installations en tenant compte de ces retours d'expérience, qui permettront ensuite d'échanger sur des évolutions réglementaires. Sur ce volet, on a un **projet européen sur la maintenance prédictive**, regroupant 8 pays partenaires avec des expertises académique et industrielle sur la surveillance des ouvrages critiques (qui fait suite à l'accident du pont de Gênes). L'objectif est de retranscrire sur des jumeaux numériques les données collectées sur les ouvrages, afin de suivre l'évolution de certains paramètres dans le temps pour arriver à identifier des optimums dans la conception. L'approche est vraiment **centrée sur l'humain**. L'idée est de mettre à disposition toutes ces données aux équipes qui sont au quotidien sur l'installation pour leur faire remonter les bonnes alertes, en évitant de les saturer avec une trop grande masse de données. Cela vise donc à faire progresser l'humain, avec une notion de **formation continue par la collecte de données**.

Philippe RAVIOL : Le Ministère fait un véritable effort pour **améliorer la connaissance**. Ce travail est ensuite mis en pratique pour adapter des outils de gestion des risques en local, qui peuvent potentiellement être mobilisées à diverses finalités. Même si l'objectif de la politique de prévention des risques est la protection des personnes et des biens, l'amélioration de la connaissance est profitable à tous. L'idée est donc bien de **partager cette connaissance et de permettre l'accès à ces données** à travers les publications scientifiques, les outils développés, les politiques publiques et les démarches locales qui peuvent servir d'expérience. L'idée est de **mutualiser les moyens** qui ont été mis en œuvre **au bénéfice du plus grand nombre**.

Florence MARCHON : *Comment avancer sur la question de la **temporalité entre la production de la connaissance et les formes de prise de décision** ? Comment travailler collectivement sur cette question, dans un contexte où les événements s'accroissent tandis que le développement de la connaissance a besoin de temps ?*

Philippe RAVIOL : Je vois deux manières d'appréhender ce sujet. Il y a la phase plus immédiate de gestion de

crise avec des décisions très rapide à prendre en fonction de la survenue d'un événement imprévu, puis il y a une phase plus longue qui va permettre à la fois de s'organiser et de développer des outils qui vont servir à la première phase, mais qui vont aussi permettre d'anticiper et de prendre en compte tous les éléments pour aménager un territoire, un dispositif ou un outil de production.

Yann CARREL : Dans un deuxième temps, l'aspect **transition des territoires de montagne** nous amène aussi à réfléchir sur le type d'évolution de nos installations, selon un modèle qui peut dépendre plus ou moins de la neige et avec des **objectifs de maintien de l'activité**. Il faut qu'on arrive à intégrer l'évolution du climat pour concevoir de nouvelles installations, par exemple pour remplacer des télésièges conçus pour des altitudes autour de 1500m par des installations de type tous publics hiver-été. Il s'agit donc de **se projeter vers la transition** pour les 30 ou 50 prochaines années, avec un focus sur le **maintien de l'existant** et de l'**activité économique**. Cette temporalité moyenne est aussi importante parce que les décisions prises aujourd'hui auront un impact pour 50 ans.

Florence MARCHON : *Y a-t-il un intérêt pour vous à travailler ensemble pour **faire évoluer les profils-métiers** autour de la question de la sécurité des remontées mécaniques ?*

Mathieu BABAZ : La **gestion des compétences** est essentielle, surtout au fur et à mesure que les connaissances, les métiers et les systèmes évoluent et deviennent plus complexes, dans un monde où les carrières sont moins linéaires avec des turnovers importants. Il s'agit de maintenir un niveau général de compréhension et une connaissance suffisante des installations pour pouvoir réagir et s'adapter à toutes les situations, un peu à l'image des conducteurs de train d'autrefois. On a besoin d'un accompagnement fort pour conserver des ressources critiques en termes de métiers, par **des formations adaptées à chacun** et suffisamment rapides à prendre en main, basées sur l'exemple, la simulation et la pratique, pour arriver à **transmettre le plus rapidement possible les compétences essentielles**.

Gaëtan RIOULT : Il faut aussi raisonner à moyens constants. Quelques personnes connaissent les risques naturels au STRMTG, mais pas la majorité. On est davantage orienté système et l'on ne va pas créer des postes pour travailler sur ce genre de sujet. En

revanche, nous souhaitons continuer à organiser ce genre de journée en mobilisant les compétences des universitaires, des bureaux d'études spécialisés et des services comme Météo-France et le RTM pour nous apporter le savoir et les associer davantage sur des sujets très techniques et opérationnels. Il faut peut-être élargir l'assiette des partenaires sur lesquels on s'appuie pour produire des orientations, des guides de bonnes pratiques et discuter dans les instances d'échanges existantes. Plus largement, se réunir plus régulièrement sur le sujet des risques naturels pour partager des expériences, identifier les sujets et recueillir des bonnes pratiques à mettre en place dans

Echanges avec la salle

La salle : La culture de la sécurité est ancrée dans nos métiers.

La salle : Je suis heureux d'entendre qu'on ne va pas écrire de nouvelle norme, le bon sens montagnard peut nous aider.

La salle : Beaucoup d'exploitants ouvrent l'été et sont confrontés à des phénomènes d'orages, de vent, de foudre, à mettre en avant. Presque 30 ans de données sur le domaine des Portes du soleil.

La salle (Vincent KOULINSKI, ETRM) : L'élément important dans la prévention, c'est l'historique. Ex. : la période de retour de la tempête Alex est de 420 000 ans. La Bérarde est un événement qui ne s'est pas produit pendant l'Holocène. On perd le référentiel. Et ça va être de pire en pire. On se rend compte qu'on pourrait arriver à une situation où on double le débit centennal. Et ça change les phénomènes. Ex. : à La Bérarde, avec un débit double on n'a pas quelques mètres d'engrèvement mais 14 m ! On ne sait pas s'adapter à ces phénomènes. Aujourd'hui personne n'est capable de faire un vrai PPRI ! Donc dire qu'on fait un plan et qu'on va s'adapter, ça ne marche pas ! On va se retrouver confrontés à des choses qu'on ne saura pas gérer, donc il faudra partir. Ex. de l'enneigement artificiel : ça ne marche que pour un réchauffement limité.

La salle : Ça reste des territoires avec un patrimoine, avec de la vie, donc on essaie d'accompagner ces schémas de vie locale, avec une évolution à court terme et voir comment on peut trouver notre chemin au mieux avec ce que le climat va nous apporter.

Philippe RAVIOL : Le PNACC ne donne pas de solutions toutes faites mais est plus dans l'idée de poser la

les projets et cahier des charges, pour modifier et faire évoluer les appareils afin d'être plus résilient vis-à-vis du changement climatique.

Florence MARCHON : Ce qui est intéressant aussi c'est que chacun parle d'où il est dans sa réalité. Vous insistez sur le fait qu'il y a un existant et qu'il faut l'utiliser et le valoriser, mais aussi dans d'autres structures, qu'on peut faire évoluer les profils, toujours en ne reniant pas son existant et ses valeurs. Donc il n'y a pas d'opposition effectivement et c'est bien une chaîne qui se complète.

question du « comment fait-on en fonction de ». Il fournit le cadre et les moyens de cette réflexion, mais pas les solutions. Il laisse ouvert à l'intelligence qui sera mobilisée...

La salle (Vincent KOULINSKI, ETRM) : La France est le seul pays qui n'a pas fait d'études de risques. Ce qui est problématique, c'est que ce plan fait croire qu'on va s'adapter !

La salle : Concernant l'évolution des remontées mécaniques, elles étaient très résistantes, mais pas aux impacts de foudre. Toute la partie électrique peut sauter et on est obligé d'évacuer en mode dégradé (du fait que les automatismes ne fonctionnent pas). Comme pour l'avionique, il faudrait réfléchir à des matériels spécifiques capable de résister aux impacts de foudre.

Mathieu BABAZ : On observe en effet des phénomènes plus fréquents. Retour d'expérience international : on a développé de nouveaux systèmes mieux protégés, mais qui ne permettent pas de maintenir l'exploitation, c'est un enjeu pour les prochaines années.

La salle : A la Bérarde, les gens sont désespérés. Est-il possible de relancer des solutions par câbles pour soulager les populations ? On sait faire, on l'a fait ! La télécabine de Venosc a continué à fonctionner et heureusement qu'elle était là ! Est-ce que notre profession est capable de faire preuve d'imagination et de solidarité ?

Réponse : Oui bien sûr c'est possible, après c'est une question de volonté et d'intégration dans un plan d'adaptation.

Synthèse de la table ronde (réalisée en salle)

Quelles actions mettre en place, **quelles pistes travailler ensemble** pour contribuer à l'adaptation des remontées mécaniques aux effets du changement climatique en termes de sécurité ?

Vigilance

- Ne pas rajouter de nouvelles règles ni normes techniques ou réglementaires

Amélioration de la connaissance

- Partage des éléments de connaissance : interconnaissance des acteurs (ex. échanges Météo-France – exploitants qui connaissent très bien le terrain) ;
- Besoin pour les scientifiques/ météorologues de continuer à alimenter des bases de données (exploitants, RTM) ;
- Idem pour constructeurs, besoin de données = Principe de maintenance prédictive (constructeur) ; collecte de données par capteurs « en direct », mais approche basés sur l'humain,
- Mise à disposition de la connaissance ; mutualiser tous les éléments de connaissance

Retours d'expériences et partage des bonnes pratiques

- Sur des gros événements mais aussi des « petits événements » plus quotidiens
- En particulier durant l'été, où de nombreux exploitants ont moins d'expérience
- Adapter les RM aux « nouveaux » aléas spécifiques : vents forts, foudre

Entretenir et enrichir une « chaîne de valeurs montagne » : pragmatique, avec bonne connaissance des enjeux à la fois environnementaux et réglementaires

- Gestion des compétences dans des systèmes de plus en plus complexes ; garantir le maintien des compétences
- Travailler ensemble sur l'évolution des profils métier

- Intégrer tous les partenaires pour ouvrir des espaces d'échange, construire collectivement des guides (ex. de bonnes pratiques)

Travailler sur les aspects organisationnels

- Préparation à la gestion de crise : s'organiser pour faire face à l'imprévu → *Remarque post-séminaire : perception du contexte pouvant être contre-intuitive, ou inexacte : par exemple, actuellement, température du permafrost maximale en novembre < inertie thermique. Risque de mouvements de terrain brutaux en novembre, décembre. Commentaire : quelles conséquences en termes d'organisation de l'exploitation?*
- Pouvoir s'adapter en cours d'exploitation (ex. maintenance prédictive)

Intégrer les questions de sécurité dans une approche globale de la transition (temporalité 30-50ans) et faire profiter les territoires impactés par le changement climatique des compétences de la profession RM

Actions possibles sur cette base

- Contribution à une meilleure caractérisation des « nouveaux » aléas (vents violents, foudres, laves torrentielles) actuellement difficiles à prévoir : mise en place d'une démarche prospective destinée à réaliser des collectes de données, ou alimenter des études en cours
- Mise en place de cadres formalisés favorisant l'amélioration du lien chercheurs/profession dans ces démarches prospectives ...
- Construction d'actions favorisant l'initiation d'autres études ou les alimentant (modélisations climatiques à des échelles plus locales dans les territoires de montagne...)