

Histoire de la nivologie

Les dangers spécifiques auxquels étaient exposés les voyageurs ont été évoqués par les géographes et écrivains de l'antiquité tels que Strabon, Tite-Live, et Silius Italicus. Le mot « avalanche » n'existait pas à cette époque et les auteurs ont utilisé des mots génériques comme *ruina* (qui pouvait aussi bien désigner des glissements de terrain et des éboulements), mais les détails que les auteurs ont donnés dans leur description ne laissent planer aucun doute quant à leur connaissance des dangers liés à la neige. Cette absence de mot pour désigner les avalanches a perduré jusqu'à ce que les langues nationales remplacent le latin dans la littérature technique au cours du XVIIe siècle. À la fin du Moyen Âge et à la Renaissance, le style narratif mettait encore l'accent sur les dangers qui menaçaient les voyageurs dans leur traversée des Alpes. Dans son livre *De Alpibus Commentarius* (1574) qui offre la première compilation de toutes les informations disponibles sur ces dangers, le théologien suisse Josias Simler a donné la première description complète des avalanches (*labina*) en examinant leurs causes et leurs effets. Avec une emphase qui ne diffère guère de celle qui animait déjà les écrits de Strabon 1500 années plus tôt, Simler avertissait les lecteurs contre les terribles dangers dans les Alpes.

Lorsque la littérature scientifique a commencé à employer les langues nationales, le mot avalanche a émergé, mais l'étymologie exacte n'est pas connue (et ce d'autant plus que chaque communauté a utilisé ses propres mots): les auteurs de langue allemande pensait que avalanche (Lawine en allemand) venait de *Löwin* (lionne), tandis que les écrivains de langue française ont vu le mot latin *labina* (le verbe *labor* signifie glisser ou tomber) comme la racine du mot avalanche. Et d'autres, y compris les auteurs francophones et italophones (en italien *valanga*), font remarquer que le mot est proche du mot vallée.

La fin du Petit âge glaciaire au cours du XIXe siècle a été marquée par plusieurs inondations catastrophiques en Europe. En parallèle, dans le sillage de la Révolution française et des guerres napoléoniennes, les états européens ont renforcé leur administration centrale et ont affirmé leurs prérogatives dans toutes les parties de leur territoire. Les catastrophes naturelles ne sont alors plus considérées comme des actes de Dieu, mais que les conséquences de la mauvaise conduite des populations locales. En 1792, ingénieur civil Ramond Lomet a été envoyé par le gouvernement révolutionnaire français à Barèges, une station thermale à la frontière franco-espagnole. Sa mission était de trouver des solutions durables pour la protection d'un hôpital militaire contre les avalanches. Il a offert une vision très dure des habitants de Barèges : « Autrefois, toutes les montagnes qui dominant Barèges étaient revêtues de bois de chêne jusque vis-à-vis de la vallée d'Escoubous. Des hommes actuellement vivants en ont vu les restes et les ont achevés... Les habitants des plateaux ont tout ravagé eux-mêmes, parce que ces pentes étant les premières découvertes par leur exposition et par la chute des avalanches, ils y ont de bonne heure un pâturage pour leurs moutons, et que, le jour où ils les y conduisent, ils oublient que pendant l'hiver ils ont frémi dans leurs habitations de la peur d'être emportés avec elle par ces neiges, dont ils provoquent obstinément la chute. » Ce type de déclarations était commun à cette époque et a certainement influé la vision des représentants de l'État. Ces plaintes sont également arrivées au bon moment pour les politiciens en leur donnant la possibilité d'intervenir dans les régions connues pour leur farouche volonté de préserver leur indépendance.

Des écoles forestières nationales ont été créées dans la première moitié du XIXe siècle, tout d'abord pour assurer une meilleure gestion des ressources en bois. Les ingénieurs forestiers étaient également fermement convaincus que les inondations et les avalanches résultaient de la déforestation massive dans les zones de montagne et de ce fait le

reboisement leur semblait la solution évidente. Et où aucun arbre ne peut pousser, par exemple dans les zones de haute altitude, les forêts pourraient être remplacées par des rangées de pieux métalliques... cette idée qui peut nous sembler folle aujourd'hui a été mise en œuvre par le génie militaire en 1860 à Barèges. Il suffit de quelques hivers pour souffler la forêt de pieux, et du projet a été abandonné. Les forestiers connurent plus de succès que les ingénieurs militaires. A cette époque, l'école forestière allemande était considérée comme exemplaire à travers toute l'Europe. Elle défendait l'idée que les forêts pouvaient être gérées selon des principes scientifiques. Dans les pays alpins, cette idée a poussé les forestiers à réaliser un suivi scientifique de l'activité avalancheuse. Ce fut le début de la nivologie telle que nous la connaissons aujourd'hui. Le pionnier était l'ingénieur forestier et topographe suisse Johann Coaz, un homme aux multiples talents, qui a commencé à recueillir des données d'avalanche dès 1876. En 1881 et 1910, il a publié les premières monographies scientifiques entièrement consacrées aux avalanches et aux systèmes de protection paravalanches. Les services forestiers nationaux maintenaient des échanges fréquents entre eux et ainsi, les ingénieurs forestiers autrichiens et français se sont inspirés de l'expérience suisse qu'ils ont reproduite dans leur propre pays à la fin du XIXe siècle. En 1900, Paul Mougins a développé l'idée d'un suivi permanent des avalanches en France, en particulier à proximité des zones habitées, et a créé une base de données d'avalanche, qui est encore en usage aujourd'hui. Cet ingénieur forestier n'était pas seulement un fervent défenseur des forêts comme système de protection, mais il a également fait la promotion des structures paravalanches telles que murs en pierre et râteliers. Il est l'auteur du premier modèle d'avalanche en 1923. Ce modèle simple est fondé sur l'analogie entre une avalanche et un bloc glissant. Il permet de calculer les vitesses de l'avalanche et les forces qu'elle peut exercer. En Autriche, l'ingénieur civil Vincenz Pollack a travaillé en cheville étroite avec Johann Coaz sur des

ouvrages paravalanches pour la protection des lignes de chemin de fer, qui à l'époque étaient en pleine expansion. En 1906, il publia son ouvrage qui a longtemps fait autorité en matière d'ouvrages paravalanches. À partir des années 1860, la construction de chemin de fer dans le Vorarlberg et au col du Brenner (ligne reliant Innsbruck à Vérone) a donné l'occasion de tester de nouvelles structures de défense. Le service de correction torrentielle d'Innsbruck a acquis une expérience considérable dans ce domaine, qui a forgé la réputation de l'Autriche dans les travaux de protection contre les avalanches et crues torrentielles. La construction de chemins de fer dans le Caucase a également conduit aux premières études scientifiques et tentatives de cartographie d'avalanches dès 1860 dans l'ancien empire russe.

Pendant quelques décennies, les forestiers ont gardé la main mise sur les développements scientifiques et technologiques relatifs aux avalanches, mais la situation a changé au début du XXe siècle. Une première brèche dans ce monopole est apparue avec la publication de livres pour les alpinistes et les skieurs. Pour les pratiquants de la montagne, le danger principal est d'être pris par une avalanche qu'ils ont eux-mêmes déclenchée. Alors que les livres de la fin du XXe siècle se contentent de décrire les accidents mortels dus aux avalanches, les livres ultérieurs deviennent de vrais guides pratiques enseignant comment reconnaître un terrain, comment les avalanches partent, et comment les conditions météorologiques influencent le risque d'avalanche. Le géologue allemand Wilhelm Paulcke était l'un des pionniers dans le développement du ski alpin. Il consacra beaucoup de temps à étudier la formation des avalanches en documentant les départs d'avalanches à l'aide de films et de photographies et en vulgarisant ses recherches dans les livres de 1899 à 1934. Dans son livre « Le ski en hiver, au printemps, sur les glaciers » (traduction en français en 1924), le skieur et alpiniste anglais Arnold Lunn présenta une synthèse de toutes les informations pratiques sur la neige et les avalanches avec

lesquelles les skieurs doivent se familiariser. Cet ouvrage a été un grand succès et le premier d'une longue série de livres consacrés à la sécurité avalanche à un large public. Aujourd'hui, la plupart des livres publiés sur les avalanches sont des manuels écrits par des professionnels de la montagne pour les skieurs et autres pratiquants de la montagne. En Europe, le guide de montagne suisse Werner Munter est devenu célèbre en développant des techniques de décision pour évaluer les risques d'avalanche sur le terrain. Aux États-Unis, Bruce Tremper, un prévisionniste au Service Utah Avalanche Forest Center, a été l'auteur de livres à succès sur les bonnes pratiques en terrain avalancheux.

Une remise en cause plus fondamentale de la doctrine forestière est apparue dans les années 1920 quand une partie de la communauté scientifique, composée principalement de géographes, émit de lourdes réserves sur l'efficacité des forêts pour lutter contre les crues et les avalanches. Il y avait un faisceau concordant de preuves : la fréquence et l'intensité inondations n'avaient pas changé de façon significative dans les bassins versants reboisés. Les forêts de montagne ont été non seulement très coûteuses, mais elles n'étaient pas suffisantes pour prévenir les événements extrêmes. En outre, les structures de défense (comme les murs et râteliers) utilisées comme un complément à la reforestation souffraient d'une conception inadaptée. Les forces exercées par un manteau neigeux en glissement sur une structure étaient clairement sous-estimées, ce qui a conduit à des dommages importants aux structures en bois et en pierre. En Europe, notamment en Russie et en France, des universitaires ont revisité tous les problèmes liés à la neige et aux avalanches. Des géographes comme les français Raoul Blanchard et André Allix produisent une grande partie de la littérature sur le sujet.

Un pas décisif vers la quantification des processus est franchi en 1936 avec la création de l'Institut fédéral pour la

neige et des avalanches (SLF) à Davos (Suisse). Pour la première fois, un laboratoire a été construit pour étudier les propriétés physiques de la neige. Robert Haefeli, un ingénieur géotechnicien de formation, a élaboré les premières théories sur le comportement mécanique et physique de la neige. Ses œuvres ont abouti à des méthodes de conception pour les structures de défense, qui ont été intégrées dans un seul document, appelés les directives suisses. Ces directives ont été régulièrement mises à jour et utilisées dans le monde entier pour la conception de systèmes paravalanches. Elles ont été également adaptées aux zones dont le climat diffère sensiblement de celui observé en Europe continentale. Avec ses collègues Henri Bader et Edwin Bucher, Haefeli a également travaillé sur les transformations thermodynamiques subies par la neige (appelées métamorphoses car elles induisent des changements de la forme des grains de neige). En 1939, ils ont publié leur livre « La neige et ses métamorphoses », qui est resté l'ouvrage de référence jusqu'à ce que dans les années 1970, Samuel Colbeck révisé la théorie neige métamorphisme. En 1955, un autre ingénieur suisse, Adolf Voellmy, s'inspira du modèle d'avalanche de Mougins et proposa un cadre complet de calcul des forces exercées par des avalanches sur les obstacles ainsi que les principales caractéristiques du mouvement de l'avalanche (vitesse, distance d'arrêt). Le modèle de Voellmy a eu un énorme succès et a été utilisé par les ingénieurs jusqu'à la fin des années 1990. Dans les décennies suivant la création du SLF, le groupe de Haefeli a été leader dans la recherche sur les avalanches. Dans les autres pays occidentaux, la recherche était en sommeil tandis que dans les années 1960 et 1970, derrière le rideau de fer, les chercheurs soviétiques travaillaient sur une nouvelle génération de modèles d'avalanches inspirés de l'hydraulique : en utilisant l'analogie avec les crues éclair, Sergei Grigorian et Margarita Eglit adaptèrent les équations de Saint-Venant pour décrire le mouvement d'une « crue neigeuse » tandis que Andrei Kulikovskii proposa le premier modèle pour avalanches en aérosol, qui a inspiré la plupart des modèles

actuels.

Les hivers catastrophiques de 1968, 1970 et 1972 en Europe ont dévoilé de nombreuses lacunes dans les stratégies de protection paravalanche. Cela a donné un nouvel élan à la recherche sur les avalanches, avec la priorité mise sur les méthodes de calcul, la cartographie des risques et la surveillance des couloirs d'avalanches. En l'absence des moyens informatiques tels que ceux dont on dispose de nos jours, Bruno Salm du SLF a développé des outils analytiques simples basés sur le modèle de Voellmy, qui permettent d'estimer la distance d'arrêt et la vitesse des avalanches extrêmes. Une approche innovante a été proposée à la fin des années 1970 par les ingénieurs français Rémy Pochat, Gérard Brugnot, en collaboration avec le mathématicien Jean-Paul Vila, qui ont travaillé sur des simulations numériques des équations de Saint-Venant. Avec l'arrivée des ordinateurs personnels, les modèles numériques ont été utilisés de plus en plus fréquemment, surtout à partir de 2000 pour résoudre les problèmes d'ingénierie. Presque tous les modèles numériques utilisés aujourd'hui sont encore basés sur les idées de Vila, qui tirent leurs racines dans la dynamique des gaz (la structure mathématique des équations de Saint-Venant est très proche de celles utilisées en dynamique des gaz).

Aujourd'hui, la plupart des pays concernés par les avalanches ont des centres de recherche d'avalanche spécifiques. Certaines institutions comme le SLF en Suisse et Météo-France en France ont à la fois des tâches opérationnelles (comme la fourniture de bulletins d'avalanche régionaux) et des missions de recherche. Des universités (telles que l'Université de la Colombie Britannique au Canada ou à l'Université de Moscou en Russie) et des organisations privées (comme le NGI - l'Institut géotechnique norvégien) ont été fortement impliquées depuis les années 1980. Dans plusieurs pays, des couloirs d'avalanche ont été équipés de capteurs de haute technologie (radars, mesures de pression et vitesse, capteurs

de force) pour surveiller l'activité avalancheuse et acquérir de nouvelles connaissances sur la dynamique des grandes avalanches : ces sites comprennent la Vallée de la Sionne en Suisse, le Col du Lautaret en France, le Ryggfonn en Norvège, le Monte Pizzac en Italie, Rogers Pass au Canada, et la canyon de Kurobe au Japon.

La nivologie a également bénéficié de contributions dans des domaines scientifiques voisins. Par exemple, la physique des écoulements granulaires et la dynamique des courants de densité jettent une lumière nouvelle sur les processus physiques fondamentaux impliqués dans les avalanches de neige. Ainsi, si la communauté avalanche de neige rassemble quelques centaines de personnes à travers le monde, il y a une communauté plus large en mécanique des fluides, physique et géographie physique, dont le travail a largement contribué à la science des avalanches au cours des dernières décennies.