Histoire du génie paravalanche

Quoiqu'on ait tendance à utiliser le néologisme « nivologie » pour désigner la science étudiant la neige et les avalanches, il peut être plus avantageux de se référer à un terme plus technique – le génie paravalanche – pour désigner le corps de connaissances nécessaires à l'étude des avalanches et à la conception des moyens de protection spécifiques. L'objet de cette page est de dresser une perspective historique de cette science en Occident. Beaucoup pensent que le génie paravalanche est récent. Il n'en est rien : les premières actions de défense organisée contre les avalanches remontent au XVIIIe siècle en France et en Suisse ! Le développement du génie paravalanche n'a pas été linéaire : avant d'entrer dans l'ère moderne, il y a eu le savoir empirique des populations montagnardes, les premières recherches menées par les services forestiers à la fin du XIXe s. puis les études des géographes au début du XXe s., les développements des ingénieurs civils au milieu du XIXe s., etc.

Les balbutiements

Au cours des derniers siècles, de nombreux villages ont été touchés par des avalanches. Dans quelques cas, la seule parade consistait à abandonner le village pour un autre endroit ; le plus souvent, on déplaçait les bâtiments les plus exposés. Dès le XVIIIe siècle, des actions de défense active furent également menées, comme à Vallorcine, où une étrave fut construite pour protéger l'église et le presbytère en 1722. De même, après la terrible avalanche de 1784, les habitants de Bonneval-sur-Arc (Savoie) aménagèrent de grandes terrasses sur les pentes sommitales de la Grande Feiche pour éviter le

départ de nouvelles avalanches. Il existe également quelques cas où les techniques de protection ne furent pas mises en œuvre par les habitants eux-mêmes, mais par les autorités. La mise en ban des forêts dans le royaume de Piémont-Sardaigne est un exemple de première législation à vocation de lutte contre les avalanches. Barèges (Hautes-Pyrénées) fut le premier site en France à bénéficier d'une défense active contre les avalanches. Reflétant de façon fidèle l'état d'esprit qui a prévalu en Europe jusqu'aux lendemains de la seconde guerre mondiale, l'ingénieur Lomet concluait au terme d'un voyage à Barèges en 1794 que c'était le déboisement qui est à l'origine des avalanches catastrophiques sur Barèges. La solution ne pouvait donc passer que par la reforestation des pentes. La présence d'un hôpital militaire dans une zone exposée a entraîné les premières études de protection par le Génie militaire dès 1839, mais il fallut attendre l'avalanche catastrophique de 1860 pour voir les premiers travaux.

Les pentes de la Grande Feiche à Bonneval-sur-Arc (Savoie).

Etrave protégeant une bergerie (Bessans, Savoie).

L’ère des forestiers 1860-1951

En Suisse, la Confédération se dote dès 1874 d’un service fédéral forestier calqué sur le modèle des Grisons. En 1876, la première loi fédérale sur la police des forêts est votée. En France, en 1860, sous le Second Empire, à la suite de nombreuses calamités naturelles, une loi donna naissance aux services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM), dépendant de l’administration des Eaux et Forêts. Leur mission principale se fixa tout d’abord sur le reboisement des zones sensibles, la correction des torrents, et la lutte contre l’érosion des versants. Progressivement, les services RTM ont pris en charge les travaux de protection contre les avalanches, essentiellement en reboisant les versants exposés. Le reboisement des zones sensibles allait être la priorité des services RTM pendant de nombreuses années : à Barèges, Celliers, Saint-Colomban-des-Villards, etc. des séries domaniales sont constituées. Les forestiers n’ont pas fait qu’un travail de forestier. Ils ont aussi eu une contribution majeure dans l’observation et la compréhension des phénomènes. En Suisse, de 1878 à 1909, l’inspecteur général, Johann Coaz,

accumula les statistiques sur les avalanches grâce à la mise en place d’une procédure de suivi de tous les couloirs menaçant des villages dans différents cantons. À ce titre, on peut considérer Coaz comme le véritable père fondateur de la nivologie. En 1881, il écrivit le premier ouvrage scientifique consacré aux avalanches. En France, c’est à l’ingénieur des Eaux et Forêts Paul Mougin que l’on doit la création d’un réseau d’observation des avalanches au début du XXe siècle. Alors jeune ingénieur au service RTM de Savoie, Mougin fit un voyage en Suisse en 1899 et rencontra Coaz. Dès son retour en France, Mougin créa des postes d’observations nivo-météorologiques et organisa le suivi de couloirs d’avalanches qui pouvaient représenter une menace. D’abord limitée à la Savoie, cette expérience fut progressivement étendue à tout le territoire national. Fait intéressant : dans sa monographie de 1922, Mougin fournit le premier modèle de dynamique des avalanches basé sur l’analogie avec un bloc glissant ; ce modèle fut, par exemple, utilisé par l’ingénieur suisse Lagotala pour dimensionner les pylônes des premières remontées mécaniques à Chamonix, puis le modèle tomba dans l’oubli.

Johann Coaz	Paul Mougin

La faillite d’un système et la naissance du génie paravalanche moderne

Après la seconde guerre mondiale, l’influence des forestiers fut décroissante. Il y a eu plusieurs raisons à cela. Sans doute une des principales raisons est l’arrivée de nouvelles communautés s’intéressant aux avalanches : alpinistes, skieurs, géographes, et ingénieurs civils commencent dès le début du XXe s. à publier des monographies sur le sujet. Ainsi, en France, les géographes Allix, Bénévent, et Blanchard étudient de façon détaillée l’enneigement dans les Alpes, les causes des avalanches, les effets des avalanches catastrophiques, etc.

Un tournant fut également pris en 1936 quand, sous l’impulsion du géotechnicien Haeffeli, le premier laboratoire de la neige, le *Schnee- und Lawinen Forschung* (SLF) à Davos au Weissfluhjoch, fut créé par la Confédération. Ce laboratoire eut un rôle fondamental au cours du XXe s. dans l’élaboration des concepts de protection, qui furent massivement repris par les autres pays occidentaux. Sa création fut la première reconnaissance de la nécessité de recherches dans le domaine de la neige et des avalanches.

Airolo (Tessin, Suisse) et la terrible avalanche de l’hiver 1951.

Une autre raison du déclin forestier est à chercher dans les terribles hivers de l’après-guerre. En 1951, la Suisse connut une terrible crue avalancheuse (98 morts). Cette catastrophe a mis en évidence la lacune tant en matière d’aménagement du territoire (plan d’occupation des sols, urbanisation anarchique) que des insuffisances de protection. Afin d’éviter pareils drames, la Confédération s’engagea dans plusieurs voies :

- la reprise du suivi de l’activité avalancheuse sur certains couloirs sensibles (dès 1955) ;
- le développement de méthodes de calcul (les travaux de

l’ingénieur civil Voellmy datant de 1955) ;
- une réflexion sur le zonage d’avalanche et les contraintes urbanistiques.

Le développement du tourisme hivernal après la seconde guerre mondiale incita à l’extension des travaux de protection. Dans les années 60-67, des groupes de travail proposèrent les premières ébauches des principes de zonage. Les avalanches catastrophiques de janvier 1968 en Suisse rendirent encore plus pressante la nécessité de disposer de plan de zonage pour les communes exposées. C’est à partir de 1945 que la Suisse allait devenir le leader de l’ingénierie paravalanche et plusieurs scientifiques (André Roch, Bruno Salm, Marcel de Quervain) furent mondialement reconnus.

Sur la base du modèle suisse, le Canada créa une première cellule d’étude des avalanches en 1950 sous la houlette de Robert Legget. La recherche canadienne a surtout été connue par ses deux figures de proue, Peter Schaerer et David McClung, qui publièrent le best-seller « The Avalanche Handbook » vendu à 26000 exemplaires dans le monde. Aux États-Unis, la recherche s’organisa d’abord grâce au soutien d’agences fédérales comme le Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL) dépendant du génie militaire et l’U.S. Forest Service (USFS). L’accent fut surtout mis sur des développements technologiques comme l’emploi d’explosifs pour déclencher artificiellement les avalanches. Les travaux de LaChapelle (USFS) à la fin des années 1950 et de Mellor (CRREL) dans les années 60 sont précurseurs en la matière.

En Autriche, les terribles avalanches de 1951 et 1954 (271 morts) donnèrent l’impulsion à la création d’un institut fédéral forestier en 1963. La collaboration avec la Suisse fut étroite et porta essentiellement sur les ouvrages de protection (claies, digues). Cependant, des critiques virulentes du système mis en place par les forestiers amenèrent à la création d’instituts universitaires : Aulitzky créa au milieu des années 70 le laboratoire Bodenkultur à

l’université de Vienne, tandis que Fritsche fit de même à l’université de Graz.

En France, jusqu’à la seconde guerre mondiale, il n’y a pas eu une volonté politique d’organiser une lutte systématique contre les avalanches, d’une part à cause du faible poids économique de la montagne française, mais également à cause du coût exorbitant des travaux de correction. Le reboisement était donc amplement considéré comme la meilleure politique globale de prévention. En février 1970, la catastrophe du chalet de l’UCPA à Val-d’Isère, puis celle de Passy, fut le symbole de la défaillance du système de protection. Aussitôt, le gouvernement nomma une commission interministérielle d’enquête ; dès octobre 1970, cette commission proposa la création de l’Association Nationale pour l’Etude de la Neige et des Avalanches (ANENA), la mise en place d’une division nivologie au CTGREF (devenu le Cemagref) et du centre d’étude de la neige (Météo France).

Saint-Etienne-de-Cuines et sa forêt centenaire, insuffisante à protéger le village d'une avalanche en janvier 1981.

L'ère des numériciens

Dans les années 1960-70, les pays occidentaux ont connu une profonde mutation avec la création d'organismes spécialisés

dans l’étude des avalanches, où les ingénieurs civils ont progressivement remplacé les forestiers. On entre alors dans la période moderne de la lutte contre les avalanches. Une autre mutation s’amorce à la fin des années 1970 avec le développement croissant des modèles numériques. Cette mutation a été rendue possible, d’une part, par l’accroissement considérable de la puissance des ordinateurs et, d’autre part, par le développement d’équations décrivant le mouvement des avalanches. C’est sur ce dernier point que l’URSS a joué un rôle majeur et totalement méconnu, en grande partie à cause du plagiat des recherches soviétiques par des scientifiques occidentaux. On peut rendre hommage aujourd’hui à des chercheurs comme Grigorian, Eglit, ou Kulikovskiy en faisant remarquer que la plupart des modèles actuels d’avalanches prennent entièrement leurs racines dans leurs travaux.

Essai en laboratoire (Cemagref) visant à reproduire une avalanche en aérosol.

On peut mettre au crédit des Occidentaux d’avoir su miser très rapidement au cours des années 1970 sur le numérique. En France, au Cemagref, Pochat puis Vila proposent les premiers codes numériques capables de simuler une avalanche coulante. Aujourd’hui, tous les instituts possèdent leur code numérique et ce n’est pas un hasard si la plupart des équipes de recherche dans ces instituts sont dirigées par des numériciens. L’ère du numérique a ouvert une page importante du génie paravalanche en permettant une meilleure quantification des caractéristiques des avalanches alors que jusque là, seul l’avis « à dire d’expert » comptait.

Et demain ?

Peut-on tracer des tendances de ce que sera le génie paravalanche de demain ? On a vu que, comme d’autres sciences, les mutations résultent le plus souvent soit d’un constat d’échec, soit de l’apparition de nouvelles technologies. Peut-on craindre un échec ? Récemment, l’expert international Bruno Salm déclarait que « l’augmentation de la complexité des modèles n’implique pas nécessairement une meilleure précision ou stratégie de protection », reflétant ainsi les doutes croissants des praticiens et des scientifiques vis-à-vis du tout numérique. On peut effectivement préfigurer une réhabilitation du savoir naturaliste incarné par le forestier, mais il n’en demeure pas moins que l’outil numérique demeure indispensable à l’ingénierie actuelle. Peut-on espérer des avancées technologiques ? Difficile à prédire, mais en tout état de cause, l’histoire du génie paravalanche est loin d’être close.