



▲ L'enjeu des modèles de calcul modernes est d'arriver à simuler l'activité avalancheuse sur un site donné non seulement pour arriver à reconstituer des phénomènes majeurs du passé (ici avalanche touchant le hameau des Chosalets dans la commune de Chamonix-Mont-Blanc lors de l'avalanche du 27 mars 1914, lors de l'une des plus importantes crues avalanches du XX<sup>e</sup> s.) mais également de prédéterminer la probabilité d'occurrence d'avalanches extrêmes dans les années à venir.

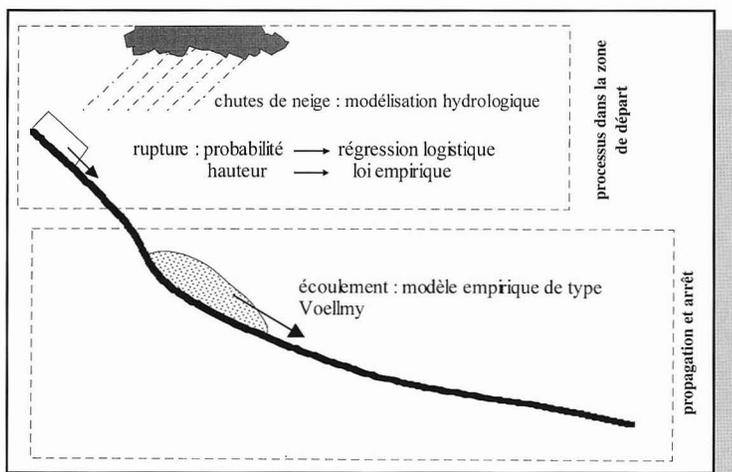
Jusqu'à une époque récente, disons les années 80 pour la France, quand on devait s'attaquer à un problème de risque d'avalanche – que cela soit une ouverture de piste de ski ou la protection d'un bâtiment –, les décisions se fondaient sur une analyse experte du problème. Comme toute démarche basée sur l'expérience de quelques individus (les experts), ce type d'approche souffrait de défauts bien identifiés : caractère subjectif du résultat, quantification des phénomènes difficiles à mettre en œuvre, etc.

L'avènement de l'ordinateur personnel a marqué une étape importante en permettant l'irruption de modèles numériques dans le champ de l'expertise. C'est ainsi qu'un certain nombre de modèles ont été proposés afin de décrire la propagation d'une avalanche. Fondé sur des jeux d'équations mathématiques, ce type de modèle a été perçu comme un progrès décisif dans la quantification●●●

## L'avalanche, l'expert et le modèle

**Cela pourrait être le titre d'une Fable de La Fontaine. C'est plus simplement une pirouette verbale pour introduire le sujet : l'utilisation de modèle dans l'expertise du risque d'avalanche ou plus exactement l'évolution de la conception des modèles en expertise.**

par Christophe ANCEY  
CEMAGREF/ETNA



▲ Figure 1. Schéma conceptuel utilisé pour reproduire en première approximation le cycle de processus qui mènent des chutes de neige jusqu'au dépôt d'avalanche sur un couloir donné.

**Malgré le caractère très sophistiqué des jeux d'équations et des méthodes numériques mises en œuvre, le gain en objectivité par rapport à l'expertise humaine est loin d'être acquis.**

●●● des avalanches, voire comme la panacée. Pourtant, d'un point de vue physique, si ces modèles sont corrects en s'appuyant sur les équations classiques de conservation employées en physique, ils font également appel à un grand nombre de paramètres ou reposent sur des approximations très spéculatives du comportement des avalanches. Au bilan, malgré le caractère très sophistiqué des jeux d'équations et des méthodes numériques mises en œuvre, le gain en objectivité par rapport à l'expertise humaine est loin d'être acquis. Le faible nombre de données dynamiques sur les avalanches est un frein certain au développement de cette approche déterministe des avalanches. Est-ce donc la fin des modèles numériques ? Pas nécessairement. Si on veut arriver à modéliser l'activité avalancheuse dans un couloir sur de longues périodes de temps, il faut être en mesure de décrire les différents processus intervenant depuis les chutes de neige jusqu'à l'arrêt des avalanches. L'idée émise alors par quelques chercheurs à travers le monde est la suivante : compte tenu des connaissances et des données à notre disposition, il vaut mieux se donner un cadre conceptuel qui décrive, de manière idéalisée et simplifiée mais complète, les différents processus qui vont des chutes de neige à l'arrêt d'une avalanche.

Ce type d'approche intègre le savoir expert dans la définition des séquences importantes de la vie d'une avalanche et fait appel à une gamme variée d'outils de calcul. À titre d'exemple, la figure 1 montre le schéma conceptuel que nous sommes en train d'explorer : on admet que les grosses avalanches générées sur un site sont consécutives à des chutes de neige et on considère que le cumul de neige tombée en trois jours est un bon indicateur de la probabilité d'occurrence d'une avalanche et du volume de neige mobilisé. À partir des données de chutes de neige et de l'observation de l'activité avalancheuse, il est facile d'établir une statistique des chutes de neige et de leur effet sur l'activité avalancheuse d'un couloir donné. La propagation de l'avalanche est décrite par un modèle très simple de type Voellmy. Ses paramètres peuvent être calés à partir de l'information historique contenue dans des fichiers comme l'Enquête Permanente des Avalanches gérée par l'ONF et le Cemagref. À l'aide d'une boucle de calcul appelée Monte Carlo (par allusion aux jeux de hasard qui s'y pratiquent), le modèle permet de simuler l'activité avalancheuse sur de longs laps de temps.

Quand on utilise ce type d'approche sur un site bien documenté (c'est-à-dire avec une période suffisamment grande pendant laquelle des données nivo-météorologiques et d'avalanches ont été enregistrées), il est ainsi possible de caler les paramètres conceptuels, puis de déterminer avec une relative confiance les caractéristiques des phénomènes extrêmes que le site est susceptible de générer dans le futur. Il est même possible de tester l'influence d'une modification climatique sur l'activité avalancheuse d'un couloir donné. Un point bien plus délicat est de savoir comment une telle approche peut être mise en œuvre lorsque l'information historique est lacunaire voire absente. C'est l'enjeu des recherches menées actuellement au Cemagref. ■