

# **L'analyse fréquentielle en nivologie : quel enjeu ?**

Christophe ANCEY

*Unité de recherche Erosion Torrentielle, Neige et Avalanches*

*Cemagref*

## **L'ANALYSE FREQUENTIELLE EN HYDROLOGIE**

Par *analyse fréquentielle*, on entend la recherche de la relation entre *intensité* et *fréquence* d'un aléa. Si, par exemple, on examine les chutes de pluie à un endroit donné pendant plusieurs années, on observe qu'il y a une relation continue entre la valeur d'un cumul de pluie et le nombre de fois où l'on mesurera ce cumul sur le laps de temps considéré. Plus un cumul est important, moins il est fréquent. Ce constat, que l'on peut qualifier de bon sens, a fait l'objet de nombreuses recherches en hydrologie. Un exemple tout à fait similaire aurait pu être tiré du débit des cours d'eau. Les outils statistiques et les concepts sont bien maîtrisés aujourd'hui par les scientifiques même s'il reste encore des questions sur les événements extrêmes. (Les réponses à ces problèmes ouverts ne pourront être données que lorsque suffisamment de données sur de grandes périodes auront été recueillies.) L'usage de ces outils et concepts est également très commun en ingénierie et les grands principes sont assez bien assimilés par les décideurs et les populations. De nos jours, un grand nombre de personnes ont *grosso modo* une définition, même floue, de ce qu'est une crue centennale : c'est la crue qui, en moyenne chaque année, a une chance sur cent de se produire (ou plus exactement d'être dépassée par une crue supérieure). L'apport de l'outil statistique a été significatif tant pour le technicien chargé de l'étude que pour le décideur confronté au choix d'aménagements. Il a permis de dimensionner au mieux un grand nombre d'ouvrages hydrauliques tout en offrant

des garanties de rentabilité et/ ou de sécurité. Un autre apport, plus implicite, est que cet outil a permis d'avoir un langage commun et objectif. Cela est doublement important. En effet, le dialogue n'est pas toujours aisé entre les divers acteurs d'un projet d'aménagement. De plus, en matière de risque, il y a souvent une part de subjectif, d'émotionnel voire de passionnel, qui intervient dans le discours et qui peut nuire à la définition d'un bon aménagement. Enfin, cette pratique est universelle : par le truchement des associations scientifiques internationales comme l'AIHS, par le biais d'organismes gouvernementaux, ou sous la houlette des bureaux d'étude, les principes fondateurs sont appliqués un peu partout dans le monde. La démarche technique et décisionnelle n'est pas tellement différente entre les Etats Unis et la France dans ce domaine.

## LE CAS DES AVALANCHES

Les avalanches sont des aléas à commande hydrologique comme les crues des cours d'eau : pour qu'il y ait des avalanches, il faut que de la neige soit tombée auparavant. Pourtant l'image que la plupart des gens ont des avalanches est radicalement différente de celle des crues. L'avalanche apparaît très souvent comme un tout, sans véritable gradation dans son intensité. Cela s'illustre clairement dans le langage courant. Ainsi, on entend souvent des phrases telles que "*l'avalanche du Pra est tombée*". Implicitement, tout le monde aura compris que, dans le couloir du Pra, une avalanche vient de s'écouler. Une telle phrase est si commune qu'elle ne surprend personne. Pourtant, si l'on disait : "la crue de l'Isère passe" pour dire "l'Isère est en crue", il est vraisemblable que la tournure choquerait. L'assimilation d'un site géographique à l'aléa et l'emploi du pronom défini au lieu d'un indéfini jouent pour beaucoup dans ce manque de nuances dans la vision des avalanches. De même, dans les cartes d'avalanche, l'usage (la métonymie, dirait le grammairien) assimilant l'emprise des avalanches connues à l'avalanche du site elle-même est courant. Cette vision très monolithique de l'aléa avalancheux a des répercussions importantes, parfois fâcheuses. Elle peut ainsi être un raccourci dangereux à la question de savoir si un secteur donné est soumis à un risque d'avalanche. Puisque l'avalanche serait un tout, la réponse donnée obéit le plus souvent à une logique du tout ou rien : oui tel endroit est soumis au risque d'avalanche ou non il ne l'est pas. En fait, la réponse devrait plutôt être du style : "*il y a tant de chances que ce secteur connaisse une avalanche de telle ampleur au cours du siècle ou de l'année à venir*".

Un autre exemple est la définition des plans de zonage en France : les plans de zonage divisent le territoire en zones de couleur différente. La couleur rouge indique un fort risque d'avalanche ; une conséquence directe sur le plan d'occupation des sols est que les aménagements permanents n'y sont généralement pas tolérés. La couleur bleue correspond à un risque d'avalanche moyen à faible ; sans encourager la construction, le POS admet en général des aménagements permanents moyennant des prescriptions architecturales ou réglementaires à respecter. Enfin, la zone blanche est réputée sans risque et aucune contrainte de protection n'y est imposée. L'esprit présidant à la constitution d'un zonage introduit une certaine gradation de l'aléa avalancheux, mais celle-ci ne concerne que l'intensité du phénomène en termes de dommages potentiels. En Suisse, un découpage en trois zones existe également. Mais à la différence du système français, la gradation obéit à la fois à un critère d'intensité (la limite est fixée par une pression d'impact de 30 kPa, soit 3 t/m<sup>2</sup>) et de fréquence du phénomène : la zone blanche correspond à des phénomènes de période de retour supérieure à 300 ans et la zone bleue correspond à des phénomènes de périodes de retour supérieures à 30 ans et de pression d'impact inférieure à 30 kPa. On remarquera que la zone blanche n'est pas synonyme d'absence de risque mais correspond à un secteur soumis à un risque d'avalanche très faible. Le risque d'y observer une avalanche sur un laps de temps d'un an est inférieur à 0,003 chances sur cent. Ces exemples sont typiques de la culture française en matière d'avalanche, culture où la notion d'intensité/ fréquence n'a pas encore véritablement émergée.

## **LES ENJEUX DE L'ANALYSE FREQUENTIELLE POUR LE ZONAGE ET LE GENIE PARAVALANCHE**

Le tribut payé à ce retard culturel est plus grand qu'on ne le croît. Les disparités du niveau de protection sont ainsi évidentes d'un site à l'autre dans les Alpes françaises. Par exemple, dans bien des cas, c'est la plus grande avalanche connue qui sert d'élément de référence dans un zonage. Cela conduit automatiquement à deux attitudes extrêmes. Dans les régions habitées depuis longtemps, la mémoire des événements est encore vivace et a probablement fixé des événements exceptionnels, d'emprise très grande et rarement observés depuis. La zone dite blanche est alors souvent restreinte et, du coup, les possibilités d'aménagement réduites. A l'opposé, dans des zones habitées seulement depuis une époque récente (c'est le cas notamment de beaucoup de domaines d'altitude), les informations sont lacunaires et

concentrées sur un intervalle de temps trop faible pour que des événements extrêmes aient pu se produire. Toutes choses étant égales par ailleurs, la zone blanche aura une extension vraisemblablement plus importante que précédemment, rendant plus faciles les projets d'aménagement. Il s'ensuit donc que niveau de risque et perspectives d'aménagement diffèrent sensiblement d'une localité à l'autre. Un autre exemple concerne la gestion multirisque d'un site. Il est fréquent qu'un enjeu économique (une route par exemple) soit soumis à plusieurs risques : avalanche, lave torrentielle, congère, chutes de blocs, etc. Un observateur vigilant note alors parfois des incohérences frappantes dans le niveau de protection : on peut ainsi exiger qu'un enjeu puisse supporter une avalanche, qui a une chance sur cent de se produire annuellement (avalanche centennale), et une crue torrentielle, qui a seulement une chance sur mille de survenir. Ceci conduit à un fort déséquilibre (un risque est sur-représenté par rapport à un autre), qui se traduit alors par un coût financier injustifié. Enfin un dernier exemple est directement lié à la tendance annoncée d'une recherche systématique en responsabilité après un accident. De nos jours, en France, dès lors qu'une avalanche atteint une zone blanche, comme cela a pu arriver en février 1999 à Chamonix, ce n'est plus la fatalité qui est évoquée dans les journaux mais le soupçon d'une faute. A terme, quelle autre option pourra-t-il rester aux techniciens en charge du zonage si ce n'est d'accroître très significativement les limites des zones rouges sans base objective autre qu'un légitime soin à s'éviter d'éventuels ennuis judiciaires ultérieurs autant que faire se peut ?

Enfin, on commence à voir émerger dans le champ de l'ingénierie paravalanche le principe de précaution, déjà largement mis en avant par l'Etat dans sa politique alimentaire. Il s'agit d'un principe de bon sens, mais dont l'emploi déraisonné conduit à des dérives dangereuses. Ainsi, l'application de ce principe à la circulation automobile nous forcerait à ne plus faire usage des voitures. Pis, compte tenu du taux de décès relativement important dans les hôpitaux du fait des maladies nosocomiales, le même principe nous conduirait à ne plus fréquenter les établissements de soin. On n'a guère de mal à imaginer les désordres que causerait l'application irraisonnée d'un tel principe pour les aménagements de montagne.

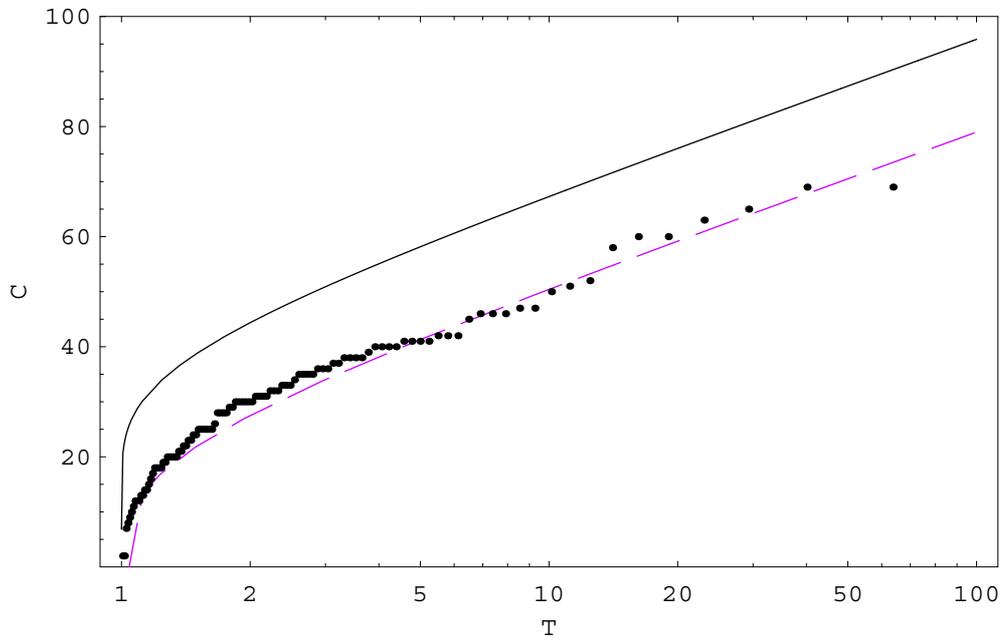
Par ces quelques exemples, on sent bien que plusieurs positions face aux avalanches sont possibles : de l'interdiction doctrinaire pure et simple (par précaution) à l'acceptation fataliste et résignée en passant par une attitude plus pragmatique se fondant sur l'histoire du site. Mais aucune de ces positions ne pose le vrai fond du problème : quel est le risque et quel part de risque sommes-nous prêts à tolérer ? Si l'on prend l'exemple de l'automobile, le risque est bien connu : c'est l'accident voiture contre voiture ou bien la sortie de route ; le

gouvernement se fixant comme objectif à terme de descendre au-dessous de la barre des 5 000 victimes par an, cela veut dire que la société tolère qu'en moyenne chacun de nous ait 1 chance sur 10 000 de mourir sur la route chaque année, soit, en arrondissant, 1 chance sur 1 000 sur la durée de vie d'un être humain. Qu'est-il du risque d'avalanche sur un site donné ? Ne devrait-ce pas être une des premières questions à se poser ?

## **ET DEMAIN ?**

A l'évidence, penser les avalanches à travers un rapport intensité/ fréquence ne constitue pas uniquement un gain méthodologique en ingénierie, mais également un progrès significatif dans la recherche d'une meilleure sécurité contre les avalanches. Que faire pour y arriver ? Il s'agit en tout premier lieu de disposer de séries temporelles suffisamment grandes d'événements avalancheux documentés. Cela est en partie réalisé à travers le fichier de l'Enquête Permanente des Avalanches (EPA) qui recense depuis bientôt un siècle les avalanches se produisant dans un certain nombre de couloirs des Alpes et des Pyrénées ; il est vital d'entretenir ces bases de données, voire de les étendre. Cela passe aussi par une méthodologie opérationnelle permettant l'utilisation d'outils statistiques, par exemple en empruntant et adaptant ceux développés par l'hydrologie classique dans le contexte des avalanches. C'est notamment clairement définir ce qu'est une période de retour pour une avalanche. Ce travail est actuellement en cours de réalisation au Cemagref (ETNA) et à Météo-France (CEN) avec un financement apporté par le ministère de l'Environnement (DPPR). Dans un second temps, il s'agit de former les techniciens à ces outils que cela soit pour la conception d'un ouvrage paravalanche ou bien en matière de zonage. C'est un chantier à venir. Naturellement, dans le même temps, une réforme des procédures de zonage ne pourra se faire qu'avec le consentement et l'engagement de l'Etat, c'est-à-dire après une prise de conscience au sein de ses propres services. Enfin, il s'agit de sensibiliser les élus, leurs conseillers, les maîtres d'ouvrage, les riverains et tous les autres acteurs d'un projet sur cette dimension mal appréhendée du risque. Dans bien des cas, un ouvrage paravalanche ne protège pas totalement contre les avalanches, il ne sert qu'à en limiter les effets de même qu'une digue le long d'un cours d'eau ne peut protéger contre toutes les crues. Pour faire passer ce message important, il est nécessaire d'explicitier clairement l'aléa contre lequel on se protège (sa nature

et sa fréquence), le choix opéré pour le niveau de protection, et le risque qui subsistera encore après la construction. Le travail est encore long pour combler notre retard culturel.



A partir des données de cumuls de neige journaliers, il est possible de rechercher les valeurs maximales pour chaque mois de la saison hivernale. Ces valeurs sont ensuite classées par ordre croissant et on leur affecte une période de retour empirique, définie *grosso modo* comme l'inverse de la fréquence. On obtient le diagramme de points reportés sur la figure. De là, on cale une loi de Gumbel, loi très classique en hydrologie, qui permet ici de relier maxima mensuels des cumuls de neige et période de retour (courbe en tiret sur la figure). Il est également possible par une transformation simple d'obtenir la distribution des maxima annuels en fonction de la période de retour (trait continu). Le cas traité ici est celui de la station de Flaine (Haute-Savoie). La figure permet de montrer que le cumul de neige journalier décennal est de 66 cm. Cela veut dire que chaque année, on a en moyenne 10% d'observer comme chute de neige extrême sur 24 h une chute de neige avec un cumul égal ou supérieur à 66 cm. La même courbe montre qu'il y a 50 % de chances d'observer un maxima annuel supérieur ou égal à 40 cm.



Comme pour les crues dans les cours d'eau, les digues paravalanches ne protègent pas de toutes les avalanches. Mais comment déterminer les limites de la protection qu'elles assurent ?