

Planche 2.4 Pluies ponctuelles extrêmes de différentes durées et périodes de récurrence 1901–1970

Introduction

Les pluies d'intensité extrême, surtout dans de petits bassins, provoquent des crues exceptionnelles, entraînent l'érosion des sols et accélèrent les mouvements de terrain tels que les glissements de pente ou le fluage. Il existe des modèles permettant d'estimer l'importance et la fréquence de tels événements, pour autant que la fréquence des pluies extrêmes soit connue. Par contre, ce n'est que pour des cas isolés qu'il est possible de prédire le lieu, l'instant de l'apparition, de même que l'importance de crues ou de glissements de terrain.

Les quatre cartes présentées ici montrent, pour des périodes de récurrence de 2.33 et 100 ans, les hauteurs de pluies d'intensité extrême, d'une durée d'une heure et de 24 heures. A l'aide de ces quatre données de base, il devient possible d'estimer l'importance des précipitations ponctuelles, de différentes durées et de différentes périodes de récurrence, auxquelles on peut s'attendre en n'importe quel point topographique et pour n'importe quelle localité. Pour cela il est nécessaire de disposer d'informations complémentaires relatives au type de fonction de distribution ainsi qu'au domaine temporel d'interpolation et d'extrapolation (v. «Informations sur le domaine d'interpolation et d'extrapolation»).

Intensités de précipitations ponctuelles et périodes de récurrence

Aux emplacements où l'on dispose d'un pluviomètre, les intensités extrêmes de pluie sont déterminées par l'analyse fréquentielle des mesures [5]. Ces stations constituent la base permettant l'interpolation spatiale des valeurs par la méthode du krigeage. Il n'a été possible de représenter que les valeurs de pluie uniquement (précipitations liquides); lors de précipitations mélangées, avec pluie et neige, on a soustrait la proportion de neige n'ayant pas fondu dans l'intervalle de mesure. Aux stations où l'on ne dispose pas d'indications détaillées d'un observateur, la proportion de neige doit être estimée sur la base d'une régression, selon l'altitude et la région concernée [2,5]. Dans ce contexte, on a admis qu'au-dessus de 3500 m d'altitude, il ne tombait plus de précipitations sous forme de pluie. On a donc renoncé à des interpolations spatiales dans ces zones élevées.

La période de récurrence indique le nombre d'années au cours duquel une hauteur de précipitation spécifiée est, en moyenne, atteinte ou dépassée. Il s'agit donc d'une estimation, qui dépend du choix de la fonction de distribution et de la méthode d'estimation des paramètres.

La hauteur des précipitations, correspondant à la durée spécifiée, exprime le volume de pluie mesuré pendant cet intervalle de temps, sans tenir compte des interruptions éventuelles de l'averse.

Indications méthodologiques

Les données de base pour les précipitations de 24 heures proviennent de 503 stations, appartenant à l'Institut suisse de météorologie ou à d'autres organismes suisses et étrangers, équipées de pluviomètres totalisateurs journaliers (v. planche 2.1). Comme ces données sont lues chaque jour à heure fixe, les chiffres doivent être multipliés par un facteur de 1.143, afin d'obtenir les maxima effectifs pour 24 heures [4].

Les valeurs horaires ont pu être obtenues directement pour 63 stations équipées de pluviographes dont les emplacements correspondent, à quelques exceptions, à ceux des totalisateurs journaliers. Aux stations sans pluviographe, les totaux horaires sont déduits des totaux journaliers par extrapolation, au moyen d'une régression, ajustée graphiquement.

Pour environ 200 stations, il a été possible d'exploiter les séries de mesures des années 1901 à 1970. Pour les autres stations, on a utilisé les séries chronologiques, longues d'au moins 30 ans, disponibles au moment de l'élaboration (soit entre 1976 et 1983). Pour la statistique des valeurs extrêmes on a utilisé, en règle générale, les séries de maxima annuels. Les fonctions suivantes de distribution des valeurs extrêmes ont été retenues: celle de type I (loi de Gumbel) et celle de type II (loi log-Gumbel ou loi de Fréchet). Les résultats sont publiés dans [5].

Aucune des nombreuses analyses statistiques à plusieurs variables effectuées jusqu'ici n'a permis d'établir un lien significatif entre les valeurs des fortes précipitations et les caractéristiques physiographiques. Ainsi donc l'interpolation des pluies d'intensité extrême a été conduite sans tenir compte du relief. Mais cette apparente indépendance envers le relief n'est pourtant guère plausible d'un point de vue physique.

La méthode d'interpolation utilisée ici est le krigeage ponctuel. Pour des raisons pratiques on a calculé, pour chaque durée de précipitation et pour chaque période de récurrence, un seul et unique variogramme, sans effet de pépite, valable sur tout le domaine étudié. Ce faisant, on a admis que toutes les stations de mesure étaient de même qualité et représentatives pour l'espace alentour. Les isolignes ont été construites en interpolant aux noeuds d'une grille kilométrique les valeurs des 10 stations les plus proches, sous forme d'une moyenne arithmétique pondérée. Les coefficients de pondération affectés à ces stations voisines dépendent de leur position relatives et ont été fixés sur la base du variogramme. Le tracé des isolignes, assisté par ordinateur, a fait l'objet de lissages graphiques partout où cela s'imposait. L'algorithme d'interpolation utilisé permet de retrouver les valeurs de départ aux points de mesure. Il s'ensuit que les minima et maxima sont localisés, dans la règle, au voisinage de stations et que seul un réseau de mesure plus dense permettrait de mieux définir la position des valeurs extrêmes. Ici ou là, un certain lissage s'effectue du fait de la résolution graphique utilisée lors du tracé des isolignes [1].

Utilisation

Il faut insister sur le fait que les cartes servent à l'estimation de pluies ponctuelles. Ainsi par exemple, il n'est pas admissible de calculer des précipitations régionales extrêmes par planimétrage des isolignes. Le transfert de valeurs ponctuelles à des bassins versants hydrologiques entiers nécessite le recours à des courbes de réduction, comme par exemple celles développées dans [3].

L'utilisation pratique des cartes est démontrée ci-dessous à l'aide de deux exemples, mais pour plus de détail on pourra consulter [5]. Les symboles suivants (v. fig. 1-3) sont utilisés:

- A: Total horaire (mm) ou (mm/h); période de récurrence: 100 ans
- B': Total journalier (mm); période de récurrence: 100 ans
- B: Intensité sur un jour (mm/h); période de récurrence: 100 ans; $B = B'/24$
- C: Total horaire (mm) ou (mm/h); période de récurrence: 2.33 ans
- D': Total journalier (mm); période de récurrence: 2.33 ans
- D: Intensité sur un jour (mm/h); période de récurrence: 2.33 ans; $D = D'/24$
- t: Intervalle de mesure (h)
- T: Période de récurrence (années)
- $x_{t,T}$: Hauteur d'eau (mm), pour une pluie mesurée avec un pas de temps t, dont la période de récurrence est de T
- $i_{t,T}$: Intensité moyenne (mm/h) d'une pluie mesurée avec un pas de temps t, dont la période de récurrence est de T

$\ln(x)$: Logarithme naturel
 $\exp(x)$: e^x

Premier exemple

On cherche la hauteur d'une pluie ponctuelle, d'une durée d'une heure et ensuite de 24 heures, dont la période de récurrence est de 50 ans, au point de coordonnées nationales 700/200 (situé au sud-est de Schwyz).

Procédure appliquée: Pour le point choisi, on relève sur les cartes correspondantes les valeurs A, B', C et D'. Dans la carte complémentaire, on note que c'est la loi des extrêmes de type II qui devrait être appliquée. Pour des raisons didactiques, la solution est donnée pour les lois de type I et II.

Pour la distribution de type I, on a:

$$x_{1,T} = 1.14 \cdot C - 0.14 \cdot A + \frac{A-C}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]$$

$$x_{24,T} = 1.14 \cdot D' - 0.14 \cdot B' + \frac{B'-D'}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]$$

avec les valeurs lues sur les cartes, soit $A = 80$ mm, $B' = 175$ mm, $C = 25$ mm et $D' = 77$ mm, l'averse cinquantennale d'une heure devient: $x_{1,50} = 70$ mm et l'averse cinquantennale de 24 heures devient: $x_{24,50} = 158$ mm (fig.1).

Pour la distribution de type II, il vient:

$$x_{1,T} = \exp \left\{ 1.14 \cdot \ln C - 0.14 \cdot \ln A + \frac{\ln \frac{A}{C}}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \right\}$$

$$x_{24,T} = \exp \left\{ 1.14 \cdot \ln D' - 0.14 \cdot \ln B' + \frac{\ln \frac{B'}{D'}}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \right\}$$

Avec les mêmes données de base A, B', C et D', on obtient alors: $x_{1,50} = 66$ mm et $x_{24,50} = 152$ mm (fig. 2).

Second exemple

Pour le même point, de coordonnées 700/200, on voudrait construire ce qu'il est convenu d'appeler le diagramme d'intensité des précipitations:

Nous avons à nouveau besoin des valeurs A, B', C et D'. Nous devons connaître en outre le type de distribution. On calcule ensuite les variables auxiliaires:

$$B = B'/24$$

$$D = D'/24$$

$$a = 0.315 \cdot \ln(B/A)$$

$$b = 0.315 * \ln(D/C)$$

Avec $y(T) = -\ln(-\ln(1-1/T))$ et en adoptant la distribution de type I, on a:

$$i_{t,T} = C \cdot t^b + 0.248 (A \cdot t^a - C \cdot t^b) (y(T) - 0.577)$$

Avec la distribution de type II, on aura:

$$i_{t,T} = C \cdot t^b \cdot \exp\left(0.248 \left(\ln \frac{A \cdot t^a}{C \cdot t^b}\right) (y(T) - 0.577)\right)$$

Ainsi, dans cet exemple, la valeur de l'intensité sur 24 heures, d'une durée de récurrence de 50 ans est: $i_{24,50} = 6,6$ mm/h (distribution de type I; v. fig. 3). Les domaines d'interpolation et d'extrapolation, pouvant être déterminés à l'aide de la carte complémentaire, indiquent de plus dans quelle partie du diagramme d'intensité des précipitations il est légitime de relier par des lignes droites les points de même période de récurrence. Dans l'exemple ci-dessus, on peut lier par des droites les valeurs de 10 minutes et de 24 heures.

Bibliographie

- [1] **Geiger, H. (1988):** Starkniederschlagskarten und -ganglinien als Dimensionierungsgrundlage für den Hochwasserschutz in der Schweiz. In: Intraprävent 1988, Band 4:7-28, Graz.
- [2] **Geiger, H., Stehli, A., Castellazzi, U. (1986):** Regionalisierung der Starkniederschläge und Ermittlung typischer Niederschlagsganglinien. In: Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 33:141-193, Bern.
- [3] **Grebner, D., Richter, K.G. (1990):** Gebietsniederschlag Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen für Starkniederschläge. Geographisches Institut der ETH, Zürich.
- [4] **Weiss, L. (1964):** Ratio of true to fixed-interval maximum rainfall. Journal of the Hydraulics Division, HY 1, New York.
- [5] **Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G. (1976-1992):** Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Band 1-7, Birmensdorf.