

Guide technique de présentation et d'emploi de l'inventaire des postes et de la prédétermination des précipitations hivernales (pluies) pour les avalanches

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJET	1
2. UN INVENTAIRE DE 1336 POSTES.....	2
2.1. RESEAUX CONCERNES ET METHODE	2
2.2. RESULTATS	2
2.3. EMPLOI DES DONNEES.....	2
3. LA PREDETERMINATION DES PRECIPITATIONS POUR 182 POSTES	3
3.1. RESEAUX CONCERNES ET METHODE	3
3.2. RESULTATS	5
3.3. EMPLOI DES DONNEES.....	6
4. AUTRES INFORMATIONS.....	7

Résumé :

Le présent document présente

- **l'inventaire de plus de 1300 postes météorologiques** effectuant ou ayant effectué des mesures de précipitations et situés dans les Alpes, les Pyrénées et la Corse.
- les résultats d'une étude de **prédétermination des précipitations hivernales (pluies) sur 182 de ces postes**. Ils peuvent être utilisés comme données d'entrée (point de départ) pour évaluer, avec les précautions nécessaires, les hauteurs de neige possibles en zone de départ d'avalanches.

1. Contexte et objet

Les précipitations de neige sont des données très utiles dans toutes les expertises sur le risque d'avalanche pour caler les scénarios d'avalanche.

Ces données sont issues des relevés faits par Météo-France, certaines stations de ski, des particuliers, EDF, etc. Elles peuvent être fournies de façon ponctuelle, en réponse à des demandes particulières. Compte tenu de l'absence d'un processus d'ensemble d'accès à ces données, ces informations sont finalement rarement demandées, utilisées et diffusées, ce qui est préjudiciable globalement à la qualité des études d'avalanches.

Des données sur les précipitations hivernales ont donc été recherchées et sont diffusées pour les Alpes, les Pyrénées et la Corse, dans le cadre d'une action menée en 2006 par le Cemagref pour le Ministère chargé de l'environnement (MEDD/DPPR), avec la participation de Météo-France.

2. Un inventaire de plus de 1300 postes

2.1. Réseaux concernés et méthode

Pour chaque massif de prévision du risque d'avalanches (PRA), il a été établi la liste de tous les postes effectuant ou ayant effectué des mesures de précipitations et dont Météo-France a connaissance, avec les principales caractéristiques des postes.

Cette liste est aussi exhaustive que possible. Elle concerne les stations de Météo-France, les postes auxiliaires, les postes du réseau climatologique, les postes nivo-météo, les stations automatiques Nivôse, Radome ou autres, les postes d'EDF, des Conseils Généraux, des DDE, du Service de Prévision des Crues, de sociétés routières et autoroutières, etc.

2.2. Résultats

Plus de 1300 postes météorologiques ont été identifiés (1339 au 1.04.07).

Les données sont mises à disposition sous la forme d'un fichier au format Excel donnant la liste des postes et leur description ainsi que le descriptif des données (dictionnaire des données).

Pour chaque poste, sont indiqués : ses identifiants, sa localisation, le type de poste, le nom de l'organisme gestionnaire, ses altitude, pente et exposition, ses dates de début et éventuellement de fin des mesures, la nature des mesures effectuées, avec leurs éventuelles évolutions depuis l'ouverture du poste ; et si observation saisonnière, les dates d'ouverture et de fermeture en 2003 (ou lors de la dernière saison si fermeture avant 2003)

Des plans de localisation permettent un repérage global des emplacements des postes. Les coordonnées utilisées sont celles qui sont fournies dans le fichier ci-dessus. Ces plans sont superposables aux plans d'assemblages de l'EPA et de la CLPA (voir les autres dispositifs présentés sur www.avalanches.fr).

Ces données sont téléchargeables sur www.avalanches.fr.

2.3. Emploi des données

Ces données sont destinées à l'information des personnes et organismes intéressés par la connaissance des données sur les avalanches.

L'utilisateur est mis en garde que les informations publiées sont une indication sur l'existence présumée, passée ou actuelle, des postes. Ces données sont mises à disposition pour information et sans aucun engagement d'exhaustivité ou d'exactitude. L'emploi de ces données par tout utilisateur nécessite de vérifier au préalable la validité des informations et leur mise à jour par une recherche complémentaire, notamment auprès du gestionnaire des données météorologiques concernées.

S'agissant de la source des données, il devra être indiqué : « données produites par Météo-France, 2006 (commande 960308.0001), mise en forme Cemagref, convention MEDD-ONF-Cemagref Avalanches. ».

L'utilisateur est mis en garde que l'information diffusée ne porte absolument pas sur les données produites par les postes. Les séries climatologiques de base sont la propriété du gestionnaire des données, auquel il convient de s'adresser pour toute demande de communication. L'appréciation de la qualité de ces séries pour l'évaluation du risque d'avalanche est de la responsabilité de l'utilisateur.

3. La prédétermination des précipitations pour 182 postes

3.1. Réseaux concernés et méthode

Certains des postes ont fait l'objet d'une étude particulière de prédétermination des précipitations. Il s'est avéré que les données des postes du réseau nivo-météo ne sont pas exploitables directement sans une analyse experte approfondie de chaque série, compte tenu de leur hétérogénéité. Il a donc été retenu 182 postes du réseau pluviométrique, bien que leur altitude soit bien en dessous des zones de départ d'avalanches.

Plus précisément, l'étude concerne les postes des réseaux climato, des stations Météo-France et des postes auxiliaires situés dans les massifs de prévision du risque d'avalanche (PRA), pour lesquels Météo-France dispose d'au moins 20 ans de données.

Pour chacun des 182 postes, il est calculé les durées de retour des fortes précipitations selon une méthode standardisée de Météo-France (pour plus de précision, Voir <http://climatheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWeb/index.jsp>)

La variable analysée est la hauteur des précipitations hivernales (pluie et neige indifférenciées) exprimée en mm d'eau. On s'intéresse aux cumuls de précipitations sur 1, 2 et 3 jours, pour des intervalles moyens de retour de 2, 5, 10, 30, 50, 100 ans (éventuellement plafonnée à 4 fois la durée de l'échantillon historique).

Pour chaque poste, l'échantillon sur lequel s'effectue l'ajustement de la loi de probabilité est formé de l'ensemble des maximas hivernaux. La saison hivernale correspond à la période du 15 novembre au 15 mai. Lorsque la température minimale journalière au poste est connue, il n'est retenu pour la recherche du maximum que les jours où elle est inférieure à +2°C. Les années concernées sont incluses dans la période 1946 - 2005.

La méthode d'ajustement utilisée est celle des moments qui consiste à estimer les moments empiriques calculés sur l'échantillon (la moyenne et l'écart-type), et à égaliser ces estimations aux moments théoriques.

La loi de probabilité utilisée est la loi dite Generalised Extremes Values ou GEV, loi limite décrivant le comportement d'un échantillon de maximas. Elle possède 3 paramètres et l'une des paramétrisations possibles est la suivante, $P(X \leq x)$ désignant la probabilité que le maximum annuel de précipitation X (variable aléatoire étudiée) soit inférieur ou égal à la valeur x .

$$P(X \leq x) = \exp \left(- \left[1 - k \times \frac{(x-m)}{\sigma} \right]^{\frac{1}{k}} \right) \text{ si } k \neq 0$$

$$= \exp \left(- \exp \left(\frac{-(x-m)}{\sigma} \right) \right) \text{ si } k=0$$

Sens des paramètres :

- σ caractérise l'échelle de la distribution. Il est aussi appelé parfois Gradex.
- m est un paramètre de localisation. Il correspond au mode de la distribution.
- k caractérise la forme de la distribution. Notons que certains hydrologues emploient parfois plutôt $\xi = -k$.

La loi de probabilité peut être inversée. Une fois les paramètres de la loi déterminés, on peut donc obtenir le quantile de précipitation x_T correspondant à n'importe quelle période de

retour T. Pour mémoire, le quantile x_T vérifie $P(X \leq x_T) = 1 - \frac{1}{T}$, c'est-à-dire que la précipitation maximale hivernale dépasse la valeur x_T avec une probabilité $1 - \frac{1}{T}$, ou, plus simplement, qu'en moyenne la valeur x_T est dépassée toute les T années.

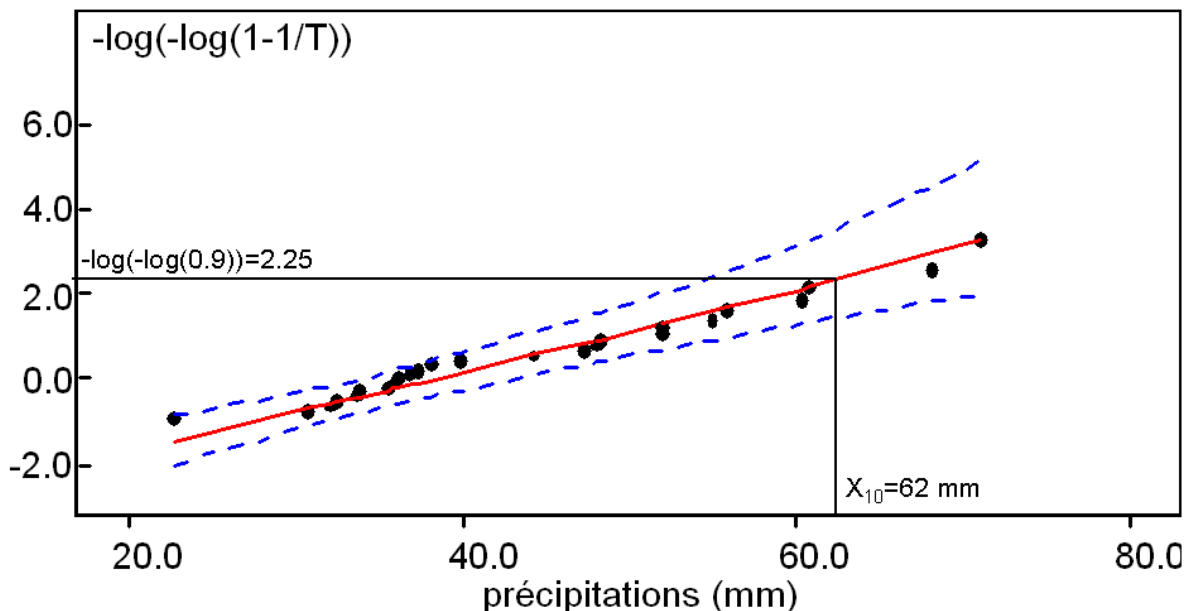
$$x_T = m + \frac{\sigma}{k} \left(1 - \left(-\log \left(1 - \frac{1}{T} \right)^k \right) \right) \text{ si } k \neq 0$$

$$x_T = m - \sigma \log \left(-\log \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \text{ si } k = 0$$

Si l'on représente $-\log \left(-\log \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)$ en fonction de x_T , coordonnées dites Gumbéliennes, on obtient une droite si $k=0$ et des courbes concaves ou convexes selon le signe de $k \neq 0$. Le paramètre k est donc particulièrement important pour le comportement des valeurs extrêmes de la distribution. Trois familles de lois sont définies selon son signe:

Signe de k	Type de la famille	caractéristique	En coordonnées Gumbéliennes
k>0	Weibull	comportement borné	le modèle est convexe et tend vers une asymptote horizontale
k=0	Gumbel	incrément linéaire du quantile avec la période de retour	le modèle est une droite
k<0	Fréchet	comportement "explosif"	le modèle est concave

Un exemple d'ajustement est donné par le graphe ci-dessous pour les précipitations sur 24 heures d'un poste du Chablais. Les maxima saisonniers figurent en noir, le modèle en rouge et les limites de l'intervalle de confiance à 95% sont en bleu, le tout en coordonnées Gumbéliennes. L'ajustement est bon (toutes les données dans l'intervalle de confiance à 95%), avec par exemple un quantile décennal de 62 mm d'eau en 24 heures. Le modèle est très légèrement concave avec une valeur du paramètre k légèrement positive (domaine de Fréchet).



3.2. Résultats

Les résultats sont téléchargeables sur www.avalanches.fr.

Les résultats de l'ajustement sont mis à disposition sous la forme de deux fichiers au format Excel : l'un pour les résultats bruts, l'autre portant un extrait des résultats mis en forme.

Les résultats bruts comprennent :

- La description du poste, dont le nombre d'années de données utilisé pour la prédétermination (longueur de la série sur laquelle se fait l'ajustement)
- Pour chaque nombre de jours de pluie cumulés, les 3 paramètres de la loi ajustée, les quantiles de précipitation x_T correspondant à des durées de retour de 2, 5, 10, 30, 50, 100 ans (éventuellement plafonnée à 4 fois la durée de l'échantillon historique) et les intervalles de confiance à 70 % associés.

Les intervalles de confiance traduisent l'incertitude entourant la valeur de précipitation prédéterminée. Ainsi x_T constitue la valeur de prédétermination la plus probable sachant les données et la valeur réelle de la précipitation de durée de retour T a 70 % de chances d'être dans l'intervalle de confiance proposé.

Rappelons que la largeur de l'intervalle de confiance à considérer est un compromis entre le niveau de sécurité que l'on choisit et les impératifs opérationnels. 95% est le choix généralement retenu lorsqu'une sécurité maximale est recherchée. Mais avec des séries courtes, la largeur de l'intervalle est alors souvent si grande que celui-ci devient inutilisable. Un intervalle de confiance à 70 % constitue de ce fait un choix souvent mieux adapté.

Dans l'extrait des données mis en forme, sont repris la description du poste, tous les quantiles de précipitation, et les intervalles de confiance à 70% associés pour deux couples durée-période de retour : 1 jour-30 ans et 3 jours-100 ans. Par exemple :

Nombre de jours de pluie cumulés	Durée de retour	Intervalle de confiance à 70 %		Quantile moyen x_T
		Borne inférieure	Borne supérieure	
1 jour	30 ans	110	150	123
3 jours	100 ans	200	380	250

Pour la centaine de postes pour lesquels ces données étaient disponibles, il est également indiqué à titre d'information complémentaire les dates des maxima saisonniers et les graphes des valeurs des précipitations correspondantes.

Enfin, les valeurs prédéterminées des précipitations pour les stations ont été cartographiées pour les couples nombre de jour-durée de retour correspondant à 1 et 3 jours, et 10, 30 et 100 ans. Les valeurs des précipitations sont représentées par classe sous la forme de pastilles de taille croissante.

3.3. *Emploi des données*

Ces données sont destinées à l'information des personnes et organismes intéressés par la connaissance des avalanches. Quelques rudiments de statistique sont souhaitables pour utiliser les données à bon escient.

L'utilisateur est mis en garde que l'information diffusée ne porte absolument pas sur l'intégralité des séries climatologiques des postes. Ces séries sont la propriété du gestionnaire des données, auquel il convient de s'adresser pour toute demande de communication. L'appréciation de la qualité de ces séries pour l'évaluation du risque d'avalanche est de la responsabilité de l'utilisateur.

L'utilisateur est mis en garde que les informations publiées sont une indication du niveau de précipitation au niveau des postes, sans aucun engagement d'exactitude des séries climatiques ou de représentativité des postes. L'emploi de ces informations par tout utilisateur nécessite de vérifier leur validité, leur mise à jour et leur pertinence par une recherche complémentaire, notamment auprès du gestionnaire des données météorologiques concernées. Le Cemagref ne dispose d'aucune autre information que celles qui sont indiquées.

L'utilisateur est particulièrement mis en garde sur la différence entre les précipitations dans les zones de départ des avalanches et celles observées dans les stations du réseau pluviométrique.

- Les précipitations sont dépendantes d'effets de site, dont l'orographie en zone de montagne.
- Le relèvement en altitude entraîne simultanément une augmentation des précipitations totale et une partie plus importante en neige.
- La variable intéressante pour les avalanches est souvent la précipitation en neige (et non pas la précipitation totale).

Les hauteurs de précipitation à considérer pour les avalanches ne peuvent donc pas être directement assimilées aux données fournies : une évaluation ad hoc est nécessaire de la part de l'utilisateur.

S'agissant du quantile moyen et de l'intervalle de confiance à 70 % :

- Le quantile moyen est souvent utilisé pour la définition d'un scénario de référence. Mais des informations supplémentaires à la série des maximas peuvent conduire à retenir une autre valeur; il est alors recommandé que l'utilisateur reporte les informations ou arguments l'ayant incité à s'écarter du quantile moyen.
- L'incertitude associée à la prédétermination mérite d'être également prise en compte, par exemple sous la forme d'une étude de sensibilité considérant une variation de la valeur de la précipitation utilisée.

Les dates des maximas saisonniers et les graphes des valeurs des précipitations correspondantes sont publiés pour permettre aux utilisateurs la comparaison des événements avalancheux importants avec les précipitations retenues pour le calcul des probabilités. Toutefois, seuls les maximas au poste étant diffusés, la correspondance avec certains épisodes avalancheux ne pourra être établie.

S'agissant de la source des données, il devra être indiqué : « données produites par Météo-France, 2006 (commande 960308.0001), mise en forme Cemagref, convention MEDD-ONF-Cemagref Avalanches.».

4. Autres informations

S'agissant de Météo-France, le service concerné est DP/SERV/FDP (Fourniture de Données et Produits) situé à Toulouse.

Merci de nous signaler tout poste météorologique manquant sur la liste des postes ou toute information utile sur les prédéterminations des précipitations dont vous auriez connaissance.

Enfin, voici quelques références méthodologiques pour permettre au lecteur intéressé d'approfondir ses connaissances concernant les principes de la statistique des événements extrêmes et leur application aux données de précipitations pour la prédétermination des avalanches :

- Ancey, C. dir. et al. (2006). Dynamique des avalanches. Presses polytechniques et universitaires romandes. 334p.
- Bacro, J., N. (2006). Modélisations stochastiques et valeurs extrêmes. Congrès SHF "Valeurs rares et extrêmes de débit...". Lyon. Mars 2006. pp 21-27.
- Coles, S. (2001). An introduction to statistical modelling of extreme values. Springer ed.
- Parent, E., Bernier, J. (2001). Méthodes Bayésiennes et modélisation des risques géophysiques extrêmes. La revue de Modulad. INRIA. 26. pp 1-26.
- Parent, E., Bernier, J. (2003). Bayesian P.O.T. modelling for historical data. Journal of Hydrology. 274. pp 95-108.
- Parent, E., Bernier, J. (2004). Une procédure bayésienne de Sélection/Validation différentielle pour déterminer le domaine d'attraction des valeurs extrêmes. Revue de Statistique Appliquée LII (4).