

Annexe

Durées de retour de rafales

Généralités

Un des problèmes fréquemment posé par les utilisateurs est la connaissance de la valeur extrême d'un paramètre en un point donné. Une réponse à cette question est la communication d'un record, portant sur une série de mesures plus ou moins longue. Mais un record est par définition toujours susceptible d'être dépassé. De plus si nous disposons de séries très longues pour certains paramètres (précipitations et températures extrêmes quotidiennes), c'est loin d'être le cas pour tous (précipitations à pas de temps fins). Dans ce cas, la représentativité d'un record est très limitée.

Or, dans divers domaines d'activités tributaires des conditions atmosphériques – et notamment ceux liés à l'évacuation des eaux pluviales, au débit des cours d'eau, à la construction – l'analyse statistique des données climatologiques fournit des éléments objectifs permettant de prendre les décisions utiles lors de l'établissement de plans à long terme. Et comme il s'agit souvent d'évaluation de risques, les résultats sont, le plus souvent, exprimés en fréquence ou sous forme probabiliste.

La détermination des durées de retour de vents extrêmes consiste alors à calculer quelles sont les valeurs de force de vent instantané susceptibles d'être dépassées en moyenne une fois tous les 5, 10, 20, 30, ou 50 ans... Les estimations obtenues sont toujours accompagnées d'un intervalle de confiance.

Pour cela, plusieurs lois statistiques sont à notre disposition :

- des méthodes utilisant les maxima annuels (GEV, loi généralisée des valeurs extrêmes, dont la loi de Gumbel est un cas particulier). Dans ce cas, un minimum de 25 ans de données est souhaitable pour des résultats fiables ;
- des méthodes « à seuil » utilisant toutes les observations supérieures à un seuil fixé (méthode du renouvellement).

Dans le cas de la force du vent, pour pouvoir disposer d'ajustements sur un nombre important de stations, l'estimation des durées de retour porte sur les données à partir de 1993, ce qui permet de calculer des ajustements pour un grand nombre de stations automatiques implantées au début des années 1990. Les méthodes utilisant les maxima annuels ne sont donc pas applicables puisque l'on a moins de 25 années de données et les durées de retour de vents forts sont estimées par la méthode du renouvellement .

Remarques générales :

- ✓ En aucun cas on ne calcule des durées de retour à partir d'une série inférieure à 10 ans.
- ✓ En général on admet qu'il n'est pas raisonnable d'évaluer des quantiles de durée de retour supérieure à 4 fois la durée de l'échantillon. Ils pourront être calculés, mais l'utilisateur doit être conscient des restrictions inhérentes aux calculs statistiques à partir de petits échantillons. C'est pourquoi dans le cas des vents forts, les quantiles ne sont pas estimés au-delà d'une durée de retour de 50 ans.
- ✓ On insiste sur l'importance de l'intervalle de confiance associé aux valeurs estimées.

Méthode du renouvellement

Généralités

Cette méthode, utilisée à l'origine par les hydrologues pour l'estimation de valeurs extrêmes de crues, permet d'évaluer les événements exceptionnels (se produisant en moyenne une fois tous les 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans) pour des séries disposant d'au moins 10 ans de données.

On sélectionne tous les événements supérieurs à un seuil ce qui permet de conserver en général plus d'un événement par an.

Principe

On effectue si possible l'ajustement des forces de vent dépassant un certain seuil à une loi de Pareto généralisée, puis on choisit la loi d'ajustement des nombres annuels de dépassements .

La loi de Pareto généralisée dépend de deux paramètres (paramètres d'échelle et de forme).

La fonction de répartition de la loi s'énonce, pour les valeurs de x supérieures à un seuil s_0 :

- Pour $k \neq 0$:

$$\text{densité : } f(x) = \frac{1}{\sigma} \left(1 - \frac{k(x-s_0)}{\sigma} \right)^{\frac{1}{k}-1} \text{ avec } \sigma > 0$$

$$\text{fonction de répartition : } F(x) = 1 - \left(1 - \frac{k(x-s_0)}{\sigma} \right)^{\frac{1}{k}}$$

- Pour $k = 0$:

$$\text{densité : } f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{x-s_0}{\sigma}\right) \text{ avec } \sigma > 0$$

$$\text{fonction de répartition : } F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-s_0}{\sigma}\right)$$

où σ est le paramètre d'échelle et k le paramètre de forme .

La loi exponentielle est un cas particulier de la loi de PARETO lorsque $k = 0$.

Mise en oeuvre

1 - Choix de l'échantillon de dépassements de seuil à utiliser :

On sélectionne dans un premier temps tous les événements de vent maximum instantané quotidien supérieurs à un seuil. Ceci permet de conserver en général plus d'un événement par an. Pour garantir l'hypothèse d'indépendance des données, un temps de séparation de un jour est ensuite requis entre deux événements sélectionnés.

2 - Ajustement des hauteurs de dépassement de seuil :

Afin de retenir le seuil pour lequel les ajustements sont les meilleurs, on utilise une procédure automatique. Pour rester dans le cadre de la théorie des valeurs extrêmes, et donc ne pas conserver trop d'événements, le nombre total de valeurs retenues sera choisi entre 2 et 4 par année. Le seuil est alors déterminé de façon à ce que la moyenne des écarts au seuil des observations qui lui sont supérieures en soit une fonction linéaire, ce qui est une caractéristique de la loi de Pareto.

3 - Ajustement des nombres annuels de dépassements :

Dans le cas de la force du vent maximal instantané, le calcul des durées de retour porte sur la période démarrant en 1993. Le nombre d'années ne permet pas l'utilisation du test du χ^2 pour le choix de la loi. On n'utilise alors ni la loi de Poisson, ni la loi binomiale négative pour ajuster les nombres annuels de dépassements du seuil, mais une loi asymptotique.

Restrictions

Au-delà de 4 fois la longueur de la série de données, les valeurs fournies sont à prendre avec précautions.

Il faut bien garder à l'esprit que ces valeurs sont des estimations qui dépendent des informations disponibles au moment de leur évaluation. Un événement ultérieur est toujours susceptible de les contredire.

Echelles du diagramme d'ajustement

En abscisses : Les valeurs du paramètre dans l'unité précisée, suivant une échelle linéaire.

En ordonnées : Les durées de retour en années suivant une échelle logarithmique.

On rappelle la correspondance entre fréquence cumulée (%) et durée de retour (années) :
 $durée = 1/(1 - F/100)$.