

## Annexe

### Durées de retour de précipitations extrêmes

#### 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 mesure plus ou moins longue. Mais un record est par définition toujours susceptible d'être dépassé. De plus si nous disposons de séries très longues et spatialement denses 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 l'irrigation – 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.

Partant des séries observées, la détermination des durées de retour de phénomènes extrêmes consiste alors à calculer quelles sont les valeurs du paramètre susceptibles d'être dépassées en moyenne une fois tous les 5, 10, 20, 30, 50 ou 100 ans... Les estimations obtenues sont toujours accompagnées d'un intervalle de confiance. A ces fins, plusieurs lois statistiques (Gauss, Galton, méthode du renouvellement) sont à notre disposition. Chacune d'elle s'adapte plus ou moins bien à l'ajustement de l'échantillon, selon la taille de celui-ci, et surtout la nature du phénomène considéré (précipitations cumulées sur une durée courte ou longue, vents forts, températures extrêmes...). La Direction de la Climatologie met à jour tous les ans une base de données de durées de retour de pluies (loi du renouvellement) et de vents forts (renouvellement). Ces données font l'objet d'une validation.

Lorsque la densité spatiale des séries de mesures fait défaut (précipitations à pas de temps fins, vents), on peut être tenté de réaliser une interpolation spatiale des estimations. Il faut savoir que les extrêmes sont très dépendants de l'environnement immédiat du poste de mesure. Cet exercice est

donc périlleux et déconseillé. Cependant, l'IRSTEA a développé pour le paramètre « précipitations », une méthode nommée SHYREG permettant d'y remédier. Celle ci produit une estimation de quantiles de pluie pour des cumuls allant de 1 à 72 heures et des durées de retour de 2 à 100 ans disponibles sur une grille de 1 km de résolution. Ces estimations sont obtenues par simulations de longues chroniques de pluie à l'aide d'un générateur stochastique de pluies horaires.

Jusqu'en 2012, les durées de retour de précipitations étaient estimées à Météo-France au moyen de la méthode du renouvellement et de la méthode GEV (loi généralisée des extrêmes, Generalized Extreme Value distribution, qui permet d'obtenir des ajustements de niveaux de retour à partir des maxima annuels ).

En 2013, nous avons décidé de limiter notre production 2013 aux seuls ajustements issus de méthode GPD (Generalized Pareto Distribution ou renouvellement ) avec pour estimateur la méthode des « moments pondérés » et pour méthode de sélection de seuil, celle développée pour les rafales de vent.

- nous n'avons calculé les ajustements que sur des séries postérieures à 1960 pour éviter les problèmes liés aux données anciennes douteuses ou aux tendances climatiques.

### En 2016 :

- Le projet ANR **EXTRAFLO** (2009-2013) relatif à l'inter-comparaison des méthodes d'estimation des pluies extrêmes, a mis en évidence **le manque de robustesse des méthodes locales** issues de la théorie des valeurs extrêmes. Il a également démontré que **les méthodes régionales et locales-régionales fournissaient des meilleures estimations** (ex : **Shypre** basé sur un générateur stochastique ou la méthode d'estimation d'Hydro-Sciences Montpellier (HSM) basée sur **une loi locale-régionale GEV** issue de la théorie des valeurs extrêmes).
- DCLIM/AVH estime à présent les durées de retour de précipitations selon une forme **locale-régionale** grâce à une adaptation de la loi extrême GEV (LR-GEV : Locale-Régionale GEV).
- Cependant, l'utilisation de cette méthode LR-GEV s'avère parfois impossible et ceci provoque de trop nombreux manques dans la production. Ainsi, il a été décidé d'utiliser conjointement la méthode **LR-GEV** et la méthode **locale Pareto** pour estimer les durées de retour manquantes.

### Présentation synthétique des méthodes disponibles sur Okapimet, mode précalculé

Méthode	Loi Loc.Rég-GEV	Loi Loc-GPD	SHYREG
<b>Paramètre traité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations à pas de temps fins des sites d'une zone « homogène », supérieures à des seuils (cumuls sur 6 mn à 192h).</li> <li>• - Précipitations quotidiennes supérieures à un seuil (cumuls sur 1j à</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations à pas de temps fins supérieures à des seuils fixés à la station (cumuls sur 6 minutes à 192 heures).</li> <li>• - Précipitations quotidiennes supérieures à un seuil à la station</li> </ul>	Cumuls maxima de précipitations de 1 à 72 heures calculés sur des chroniques simulées de précipitations horaires.

	10 j).	(cumuls sur 1 à 10 jours).	
<b>Durées de retour</b>	5, 10, 20, 30, 50, 75 et 100 ans	5, 10, 20, 30, 50, 75 et 100 ans	2, 5, 10, 20, 50, 100 ans
<b>Disponibilité spatiale</b>	au point de mesure et aux stations « homogènes » l'encerclant.  Densité très importante pour les pluies quotidiennes	au point de mesure densité importante pour les pluies quotidiennes	en points de grille (1 km) avantage d'une densité régulière
<b>Mise à jour</b>	A définir (bi-annuelle)	annuelle	Non prévue à ce jour
<b>Limitations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Légère dégradation de performances par rapport aux approches purement régionales.</li> <li>▪ Sensible à la densité du réseau</li> <li>▪ Pas applicable quand l'homogénéité est impossible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les extrapolations au delà de 4 fois la longueur de la série sont peu fiables.</li> <li>• Faible densité spatiale pour les cumuls &lt;24H</li> <li>• Justesse des quantiles liée à la taille des échantillons</li> <li>• Approches locales <b>peu robustes</b> (très sensible à la présence de valeurs singulières)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pas d'intervalles de confiance</li> <li>• - pas de prise en compte des événements récents</li> </ul>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prise en compte des événements récents</li> <li>• traitement possible des séries courtes (dès 10 ans)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mise à jour annuelle</li> <li>▪ Existence d'intervalles de confiance</li> <li>▪ LR-GEV performances supérieures aux lois locales en terme de justesse et de robustesse</li> </ul> </li> <li>• Meilleure performance sur zones définies avec relief et pluies moyennes annuelles homogènes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prise en compte des événements récents</li> <li>• intervalles de confiance</li> <li>• - traitement possible des séries courtes (dès 10 ans)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantiles disponibles en points de grille pour des cumuls (entre 1h et 72h)</li> <li>• prise en compte du relief</li> <li>• robustesse et justesse de la méthode validées</li> <li>• meilleure stabilité de SHYREG pour les quantiles de fortes DR</li> </ul>

Choix de la méthode (estimations précalculées) :

- si les estimations ponctuelles ne sont pas disponibles à proximité du lieu d'étude, on privilégiera la méthode SHYREG, surtout dans les zones accidentées.
- sinon, on privilégiera la méthode locale-régionale GEV.

Remarques générales :

- Il est possible d'estimer des quantiles à partir de séries de 10 ans de données, à l'aide des lois LR-GEV et GPD.
- On admet en général qu'il n'est pas raisonnable d'évaluer des quantiles de durée de retour supérieure à 4 fois la taille de l'échantillon, quelle que soit la méthode.
- On insiste sur l'importance de l'intervalle de confiance associé aux estimations.

## Présentation synthétique des méthodes paramétrables disponibles sur Okapimet

Méthode	Gumbel	Gauss	Galton
Paramètre traité	Précipitations quotidiennes	Précipitations quotidiennes cumulées sur des périodes variant de la saison à l'année.	Précipitations quotidiennes cumulées sur des périodes variant du mois à la saison.
Durées de retour traitées	5, 10, 20, 30, 50, 100 ans	5, 10, 20, 30, 50, 100 ans	5, 10, 20, 30, 50, 100 ans
Disponibilité spatiale	au point de mesure Produit réalisable sur la plupart des stations du réseau climatologique d'état	au point de mesure Produit réalisable sur la plupart des stations du réseau climatologique d'état.	au point de mesure Produit réalisable sur la plupart des stations du réseau climatologique d'état.
paramétrisation	- début et fin de la série - sous période de l'année - longueur minimale de la série - gestion des manques	- début et fin de la série - période de cumul - longueur minimale de la série - gestion des manques	- début et fin de la série - période de cumul - longueur minimale de la série - gestion des manques
Limitations	- les résultats issus de séries de moins de 25 ans sont peu fiables. - les extrapolations au delà de 4 fois la longueur de la série sont peu fiables.	- les résultats issus de séries de moins de 25 ans sont peu fiables. - les extrapolations au delà de 4 fois la longueur de la série sont peu fiables.	- les résultats issus de séries de moins de 25 ans sont peu fiables. - les extrapolations au delà de 4 fois la longueur de la série sont peu fiables.
Avantages	- prise en compte des événements récents - paramétrisation - intervalles de confiance	- prise en compte des événements récents - paramétrisation - intervalles de confiance	- prise en compte des événements récents - paramétrisation - intervalles de confiance

Ces 3 dernières méthodes sont relativement peu utilisées, elles répondent à des besoins très spécifiques du client.

## Loi Locale-Régionale GEV

### Généralités

Cette méthode, développée par Luc Neppel et Julie Carreau (HSM), fait l'hypothèse que les pluies maximales annuelles d'une même zone homogène (voisinage) sont distribuées suivant des lois GEV de même forme.

Le principe des méthodes locales régionales est d'augmenter la taille des échantillons de pluies extrêmes des stations jaugées (pour tous les cumuls de précipitations, de 6mn à 10jours), en intégrant le « signal » des stations voisines situées dans une zone estimée « HOMOGENE ».

### Mise en œuvre :

#### *Choix de l'échantillon de pluies maxima annuelles et sélection du voisinage*

Pour chaque durée de cumul (allant de 6min à 10 jours), on constitue les échantillons avec les valeurs de maxima annuelles de hauteurs de précipitations à la station centrale d'intérêt, ainsi que celles des stations voisines « homogènes ».

La sélection du voisinage se fait suivant la méthode ROI, Region of Influence (Burn, 1990). Comme les précipitations présentent une corrélation spatiale, la région d'influence est continue et déterminée dans l'espace géographique, donc circulaire autour du site cible.

Le rayon **RV<sub>i</sub>** centré sur le site *i* de la zone homogène est optimisé pour respecter l'hypothèse d'homogénéité et inclure un maximum de stations.

Deux autres co-variables sont également utilisées pour filtrer les stations à insérer :

- le relief
- les précipitations moyennes annuelles

#### *Tests d'homogénéité*

Le voisinage de chaque station est réalisé en insérant les pluies de même cumul de temps de l'ensemble des stations voisines comprises dans le rayon optimal. Sur ces observations, on réalise l'indépendance spatiale. L'homogénéité de la zone est effectuée avec les tests d'homogénéité « d'Hoskings et Wallis » et « d'Anderson Darling Bootstrap »

Si les séries de 2 tests ne sont pas validées, on retire la station la plus éloignée et on re-teste.

On continue d'extraire station par station tant que la validité n'est pas satisfaite ou qu'il ne reste que la station centrale dans la zone.

#### *Index-value*

Une limite de 40 épisodes de pluie dans le voisinage est imposée.

L'index value de chaque station est représenté par la moyenne des échantillons de la station à ce pas de temps.

A partir des maxima de la zone homogène, on constitue un échantillon normalisé en divisant chaque quantité par l'index-value de sa série.

#### *Paramètres de la loi GEV et quantiles de retour*

On estime les paramètres position, échelle et forme de la loi GEV régionale par la méthode des L-moments (Hosking, 1990), d'équation :

$$F(y_i) = \exp \left[ - \left[ 1 - k_R \left[ \frac{y_i - \alpha_R}{\sigma_R} \right] \right]^{1/k_R} \right]$$

où  $\alpha_R$ ,  $\sigma_R$  et  $k_R$  sont respectivement les paramètres de position, d'échelle et de forme de la loi régionale.

L'application au site cible consiste à « dé-normer » les paramètres de la loi régionale pour les adapter au site central :

$$\begin{aligned} \mu_i &= \mu_R * m_i \\ \sigma_i &= \sigma_R * m_i \\ k_i &= k_R \end{aligned} \quad \text{Avec } m_i = \text{index-value de la station centrale}$$

Les quantiles au site cible seront obtenus par l'équation :

$$Q_{(T_X)} = \mu_i + \frac{\sigma_i}{k_i} \left\{ 1 - [-\ln(1 - 1/T_X)]^{k_i} \right\}$$

## Restrictions

- Un minimum de 10 années-stations est requis pour la station centrale.
- Un minimum de 40 années-stations est exigé par voisinage homogène servant à estimer les paramètres de la loi GEV régionale.
- On insiste sur l'importance de l'intervalle de confiance à 70 % associé aux valeurs estimées.
- Les données doivent être stationnaires sans période propre et sans tendance (attention à d'éventuels impacts de changement climatique).
- 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.

## ÉCHELLES DU DIAGRAMME D'AJUSTEMENT

En abscisses : Les valeurs du paramètre dans l'unité précisée (mm pour la hauteur de pluie), suivant une échelle linéaire.

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

## Loi Pareto généralisée

### 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. (Alors qu'un ajustement par une loi de Gumbel ne s'applique qu'à des maxima annuels, soit une valeur par an).

### Principe et mise en oeuvre

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

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

Pour chaque durée de cumul (6min, 15min, etc...), on ne conserve que le maximum quotidien des dépassements de seuil afin d'assurer l'indépendance des données.

#### **2 - Détermination du seuil optimal :**

Le choix du seuil  $s_0$  au-dessus duquel on retient les valeurs de paramètres pour l'ajustement de la loi de Pareto est très important :

- si le seuil est trop bas, on n'a peut-être pas atteint le domaine de validité de l'approximation asymptotique,
- s'il est trop élevé, on risque de ne plus avoir suffisamment de valeurs dans l'échantillon.

Le seuil optimal est dorénavant sélectionné avec la méthode « mean residual life plot », basée sur le graphique de la valeur moyenne des restes, qui permet de sélectionner une valeur à partir de l'instant où le graphe varie linéairement. C'est la méthode appliquée pour la sélection du seuil de rafales de vent.

#### **3 - Ajustement des hauteurs de dépassement de seuil de dépassements:**

Les valeurs de précipitations supérieures au seuil  $s_0$ , sont ajustées en utilisant la loi de Pareto Généralisée (GPD). Les paramètres de cette loi GPD,  $\sigma$  : paramètre d'échelle et  $k$  : paramètre de forme, sont estimés par la méthode des moments pondérés. Une valeur absolue de  $k$  supérieure à 0,4 est jugée peu réaliste et révélatrice d'un problème dans les données. La loi estime aussi le nombre annuel de dépassements du seuil.

L'estimation des hauteurs de fréquence rare est réalisée avec ce seuil  $s_0$  et les paramètres  $\sigma$  et  $k$ .

### Restrictions

- Les données doivent être indépendantes les unes des autres ( indépendance temporelle).



- Elles doivent être stationnaires sans période propre et sans tendance ( attention à d'éventuels impacts de changement climatique ).
- Elles doivent être homogènes (données de cyclones et de certaines tempêtes non prises en compte).
- 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) :  $\text{durée} = 1/(1 - F)$

## Méthode SHYREG (Simulation d'HYétogrammes REGionalisée)

### Contexte

Un des inconvénients majeurs concernant les estimations des durées de retour pour des cumuls de pluie inférieurs à la journée est la faible densité spatiale du réseau d'observation. Le réseau de mesures des précipitations journalières étant beaucoup plus dense, des recherches ont été entreprises par l'IRSTEA en vue de déterminer des liaisons entre les caractéristiques des pluies journalières et des paramètres des lois de probabilité des variables caractérisant les épisodes pluvieux.

### Principe du générateur

Le signal pluie est décrit par 9 variables, dont les lois de probabilité ont été identifiées par une approche adimensionnelle sur 217 postes pour lesquels existent des chroniques de pluie horaire. Un tirage ordonné, par la technique de Monte-Carlo, permet de tirer au hasard la réalisation de chacune des variables, ce qui permet de construire des chroniques synthétiques de pluie horaire. Le modèle peut notamment générer des chroniques infinies, ce qui permet d'estimer directement des quantiles par calcul fréquentiel et sans hypothèse supplémentaire sur une loi de probabilité censée représenter les échantillons. A ce niveau, il s'agit d'une approche locale.

### Régionalisation

La méthode SHYREG est basée sur la régionalisation du générateur de chroniques de pluie horaire. Il a été montré que 3 variables issues de données quotidiennes expliquent correctement à elles seules les paramètres nécessaires au générateur. Ces trois variables sont :

- NE : le nombre moyen d'événements pluvieux par saison
- $\mu$ PJMAX : la moyenne des pluies journalières maximales des événements d'une saison
- $\mu$ DTOT : la moyenne des durées des événements pluvieux par saison

Une régionalisation de ces 3 caractéristiques moyennes des échantillons de pluies journalières a alors été entreprise, à partir de 2812 postes. Elle a été réalisée sur 11 zones homogènes, pour 2 saisons « été » et « hiver », à l'aide de prédicteurs géographiques tels que altitude, distances (à la mer, aux lignes de crêtes...) et composantes principales de relief.

La spatialisée résultante (sur grille de résolution 1 km), permet le lancement du générateur de séries horaires en tout point de cette grille. Elle permet du même coup de disposer en chaque point de quantiles pour les cumuls infra et supra journaliers : 1 à 72 heures pour des périodes de retour de 2 à 100 ans.

Les quantiles ainsi obtenus pour les cumuls sur 24 heures ont été comparés à une interpolation par krigeage des quantiles de pluies journalières (i.e. mesurés entre 06H00 (J) et 06H00 (J+1) et donc non centrés sur la pluie maximale en 24 heures) calculés par la méthode Pareto (voir plus haut) disponibles à Météo France, pour les durées de retour 10, 50 et 100 ans. Elle montre une bonne concordance entre les valeurs sur la majorité du territoire métropolitain, excepté sur le quart sud-est. Sur cette zone, le champ de quantiles SHYREG varie énormément en fonction de la topographie du terrain (qui n'a pas été intégrée à l'interpolation des quantiles Pareto). Cette prise en compte est certainement un atout de la méthode SHYREG.

Une deuxième comparaison a ensuite été réalisée localement, pour 85 postes disposant de séries à pas de temps fins de 25 ans au moins. Cette fois les cumuls ajustés par la loi Pareto sont aussi des cumuls de pluie centrés sur le pic d'intensité maximale. Dans la plupart des cas SHYREG aboutit à des quantiles plus importants, notamment pour les grandes durées de retour (50 ans et plus).

### **Restrictions**

Les valeurs disponibles ne prennent pas en compte les événements récents.

Les quantiles ne sont pas assortis d'intervalles de confiance.

## Loi de Gauss

### Contexte

La loi de répartition normale (loi de Laplace-Gauss) joue un rôle particulièrement important dans la théorie des probabilités et dans les applications pratiques en occupant une place de choix parmi les lois de répartition. La particularité de la loi normale est que c'est une loi limite vers laquelle tendent les autres lois pour des conditions se rencontrant fréquemment dans les applications pratiques.

Cette loi permet d'évaluer les valeurs extrêmes de cumuls saisonniers ou annuels (de durée de retour 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans).

Si le produit est calculable dès que la série dispose de 10 ans de données, l'emploi de la méthode est néanmoins fortement déconseillé en dessous de 25 ans.

### Principe

La fonction de répartition de la loi de Gauss s'énonce :

$$F(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(t-m)^2}{2s^2}\right) dt \quad \text{avec } m \text{ moyenne et } \sigma \text{ écart-type.}$$

En prenant la variable centrée réduite  $z = \frac{x-m}{s}$ , on a :  $F(z) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \int_{-\infty}^z \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$

Les cumuls ou moyennes annuels du paramètre considéré sont ajustés par la méthode des moments qui consiste à estimer les moments empiriques calculés sur l'échantillon (la moyenne et l'écart-type), et à évaluer ces estimations aux moments théoriques.

### Restrictions

Au delà de 4 fois la longueur de la série de données, les estimations sont fournies à titre purement indicatif.

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.

## **Avertissement**

Dans le cas particulier de cumuls saisonniers de précipitations de type méditerranéen, on conseille plutôt l'application de la loi de Galton, la loi de distribution s'écartant alors parfois sensiblement d'une loi de Gauss.

## **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 gaussienne.

On rappelle la correspondance entre fréquence cumulée (%) et durée de retour (années) :  $\text{durée} = 1/(1 - F)$

## Loi de Galton

### Contexte

Cette loi, n'est qu'une loi de Gauss pour laquelle la variable prise en compte est une transformation linéaire du logarithme népérien du paramètre.

Elle permet d'évaluer les valeurs extrêmes de cumuls mensuels ou saisonniers (de durée de retour 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans).

Si le produit est calculable dès que la série dispose de 10 ans de données, l'emploi de la méthode est néanmoins fortement déconseillé en dessous de 25 ans.

### Principe

La fonction de répartition de la loi de Galton s'énonce :

$$F(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \int_{-y}^{\ln(x)} \exp - \frac{(t-m)^2}{2s^2} dt$$

avec  $m$  : moyenne des logarithmes et  $\sigma$  : écart-type des logarithmes

En prenant la variable centrée réduite  $z = \frac{\ln(x) - m}{s}$ , on a :  $F(z) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \int_{-y}^z \exp - \frac{t^2}{2} dt$

Les cumuls ou moyennes mensuels du paramètre considéré sont ajustés par la méthode 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.

### Restrictions

Au delà de 4 fois la longueur de la série de données, les estimations sont fournies à titre purement indicatif.

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.

## **Avertissement**

Dans le cas particulier de cumuls saisonniers de précipitations de type méditerranéen, on conseille plutôt l'application de la loi de Galton, la loi de distribution s'écartant alors parfois sensiblement d'une loi de Gauss.

## **Echelles du diagramme d'ajustement**

En abscisses : Les valeurs du paramètre dans l'unité précisée, suivant une échelle logarithmique (Ln).

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

On rappelle la correspondance entre fréquence cumulée (%) et durée de retour (années) :  $\text{durée} = 1/(1 - F)$