



Annexe II

Calcul des durées de retour

Lot 3 : analyse des risques de turbulence

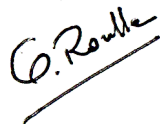


Version 1.0 du 31/03/2021

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) | @ guillaume.rouviere@developpement-durable.gouv.fr ☎ 01.40.81.20.98 |  <small>MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE</small> |
| Chargé d'affaires : M. Christophe Jacolin | @ christophe.jacolin@meteo.fr ☎ 05 61 07 86 85 |  |
| Coordination technique : Mme Béatrice Pouponneau | @ beatrice.pouponneau@meteo.fr ☎ 05 61 07 85 97 | |

Évolutions successives

| Référence | Date | Version | Évolution |
|------------------------------------------|------------|---------|-----------|
| Annexe II Calcul des durées de retour | 21/12/2020 | V1 | Création |

Signatures

| | Nom | Service | Signature |
|----------------|----------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Rédacteur(s) | Olivier Roulle | DSM/CS/DC |  |
| Relecteur(s) | B. Pouponneau | DSM/CS/DC |  |
| Approbateur(s) | | |  |

Calcul des durées de retour

Un des problèmes fréquemment posé par les professionnels est la connaissance de la valeur extrême d'un paramètre en un point donné.

Une réponse à cette question peut s'appuyer sur la connaissance 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 (rafales de vent notamment). Dans ce cas, la représentativité d'un record est très limitée.

On préfère ainsi se référer à une notion de **durée de retour d'une valeur extrême** correspondant à l'intervalle de temps moyen séparant 2 réalisations de cet événement ou la probabilité qu'il se produise une année donnée.

La rareté des données traitées, combinée au fait que les séries de mesures ne sont pas toujours très longues, nous oblige à mettre en œuvre des lois statistiques adaptées à la modélisation de tels événements de façon à extrapoler au mieux leur comportement dans le temps. La détermination des durées de retour de vents extrêmes (resp. vent fort moyen 10 minutes) consiste alors à calculer quelles sont les valeurs de force de vent instantané (resp. vent moyen 10 minutes) 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) et dans ce cas, un minimum de 25 ans de données est souhaitable pour des résultats fiables (l'estimateur GEV pour une loi asymptotique est efficace si l'échantillon tend vers l'infini);
- des méthodes « à seuil » utilisant toutes les observations supérieures à un seuil fixé (**méthode du renouvellement**) ; ces méthodes permettent de travailler sur des données ayant une profondeur moindre.

Les durées de retour calculées sur l'historique de vent modèle AROME (2000-2019), ne permet pas d'appliquer, les méthodes utilisant les maxima annuels. **Les durées de retour de vents forts AROME 2000-2019 sont donc estimées par la méthode du renouvellement**

Remarques :

- 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 pourraient être calculés, mais l'utilisateur devrait 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 de Renouvellement

Cette méthode 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 œuvre

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 plus de 1 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 (ou vent max moyen), le calcul des durées de retour porte sur la période démarrant en 2000. 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.

Restriction

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.

Échelles 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 = $1/(1 - F/100)$.

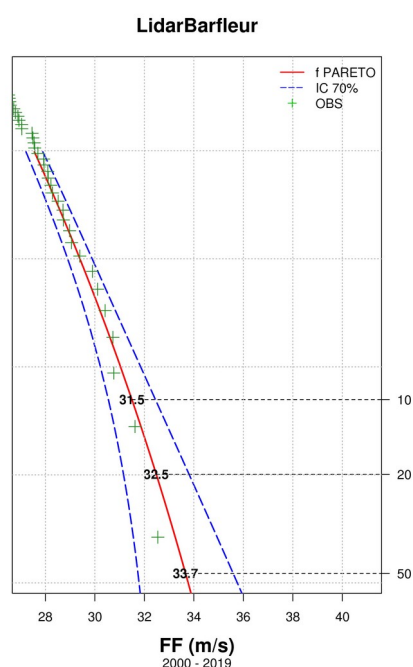


Figure 1: Ajustement par la méthode de renouvellement de la série de vent moyen AROME au point de grille le plus proche du lidar de Barfleur, à 100m de hauteur.