



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC

**Office fédéral de l'environnement OFEV**

## STATISTIQUE DES ÉTIAGES

### RAPPORT DE STATION

# Rhône - Chancy, Aux Ripes

Explications additionnelles : [guide de lecture](#)  
Contact : [hydrologie@bafu.admin.ch](mailto:hydrologie@bafu.admin.ch)

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Base de données</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Résultats des procédures paramétriques</b>	<b>6</b>
2.1	Débit d'étiage . . . . .	7
2.1.1	Méthode Block Minimum (BLOCK) . . . . .	7
2.1.2	Méthode Peaks Over Threshold (POT) . . . . .	9
2.1.3	Comparaison des résultats . . . . .	11
2.2	Durée d'étiage . . . . .	12
2.3	Volume déficitaire . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>18</b>
<b>Annexe</b>		<b>19</b>
A	Détermination de la valeur seuil pour la délimitation des valeurs extrêmes . . . . .	19
A.1	Débit d'étiage . . . . .	19
A.2	Durée d'étiage . . . . .	20
A.3	Volume déficitaire . . . . .	20
B	Glossaire . . . . .	21

# 1 Base de données

Les données sur les débits ci-après sont disponibles et servent de base à l'évaluation statistique des extrêmes :

<b>Données disponibles</b>	<b>de</b>	<b>à</b>
Moyenne journalière digitale	01.01.1904	31.12.2020

Un limnigraphe a été mis en service le 24 mai 1899. Aucune donnée de débit n'est cependant disponible avant 1904.

Les données de débits présentent les caractéristiques ci-après :

<b>Mode d'écoulement</b>	<b>Description</b>
Régime d'écoulement	Ne peut pas être classé sans équivoque : Débits élevés en été.
Amplitude de la saisonnalité	Nettement perceptible dans les minima mensuels (figure 2).
Influences	La station est située juste en aval de la centrale hydroélectrique au fil de l'eau de Chancy-Pougny, mise en service en 1925. Plus en amont se trouve le barrage de Verbois (1943). Depuis 1995, le débit est également influencé par la régulation du lac Léman. En amont du lac Léman, de nombreuses centrales électriques ont été mises en service, surtout autour des années 1960.

Sur la base de l'occurrence temporelle des périodes d'étiages (cf. figure 1), le mois de juillet est choisi comme mois de départ de l'année d'étiage pour la station de Rhône - Chancy, Aux Ripes. Une année d'étiage dure donc du 01.07 au 30.06. Ainsi, une période d'étiage se trouve dans deux années d'étiage différentes, mais c'est le meilleur moment possible comme mois de démarrage pour cette station.

Les plus petites valeurs des minima mensuels du M7Q apparaissent principalement entre octobre et avril (figure 2) et deviennent légèrement plus faibles au fil du temps, et les valeurs les plus élevées diminuent également de plus en plus à partir de 1940 environ (figure 3). La figure 4 montre que les étiages de courte durée augmentent à partir des années 1970, alors que ceux de longues durées deviennent un peu plus rares à partir des années 1950. Dans la série chronologique des volumes déficitaires (figure 5) on constate également une augmentation du nombre de petits événements à partir des années 1970 et une diminution des plus grands déjà à partir des années 1920.

Les NM7Q sont déterminées sur la base des débits moyens journaliers des années d'étiage et évoluent sur la période d'observation entre 85.9 et 243 m<sup>3</sup>/s (figure 6).

L'analyse des points de rupture du NM7Q donne un point de rupture significatif autour de 2003 (intervalle de confiance 1980 - 2013). Cependant, comme aucun changement d'influence pouvant expliquer ce point de rupture n'a pu être déterminé, la série temporelle n'est pas limitée. L'analyse porte donc sur la période du 01.07.1904 au 30.06.2020. Cela correspond aux années d'étiage de la station Rhône - Chancy, Aux Ripes de 1904 à 2019.

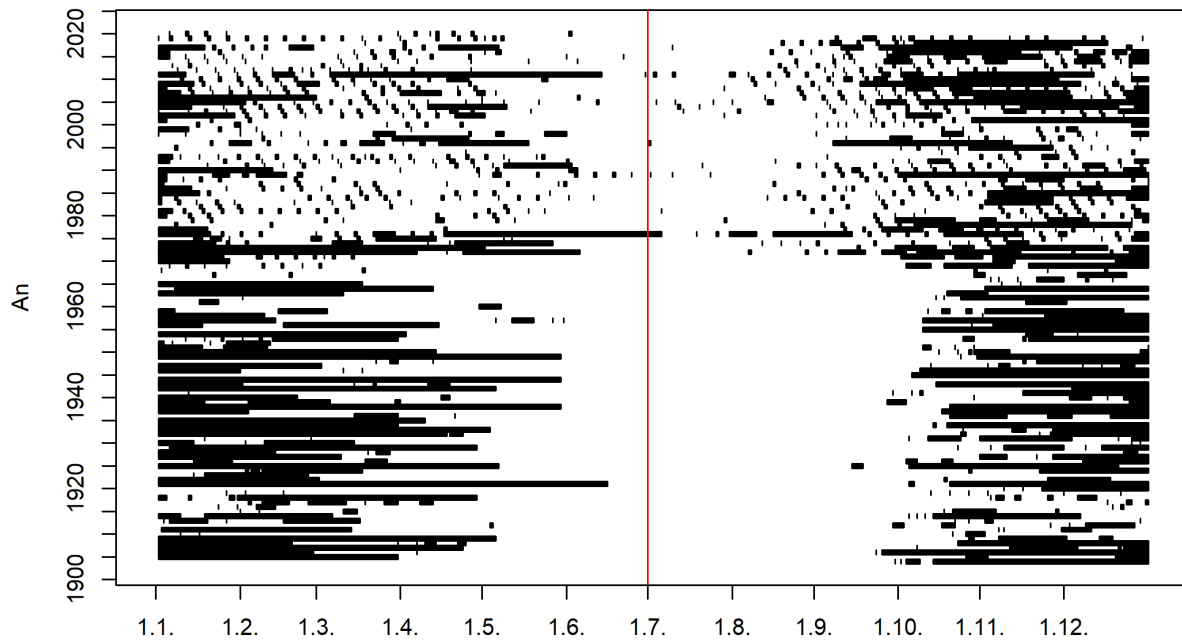


FIGURE 1 – Apparition temporelle des périodes d’étéage pendant l’année (01.07.1904 - 30.06.2020) et mois de début de l’année d’étéage (ligne rouge)<sup>1</sup>

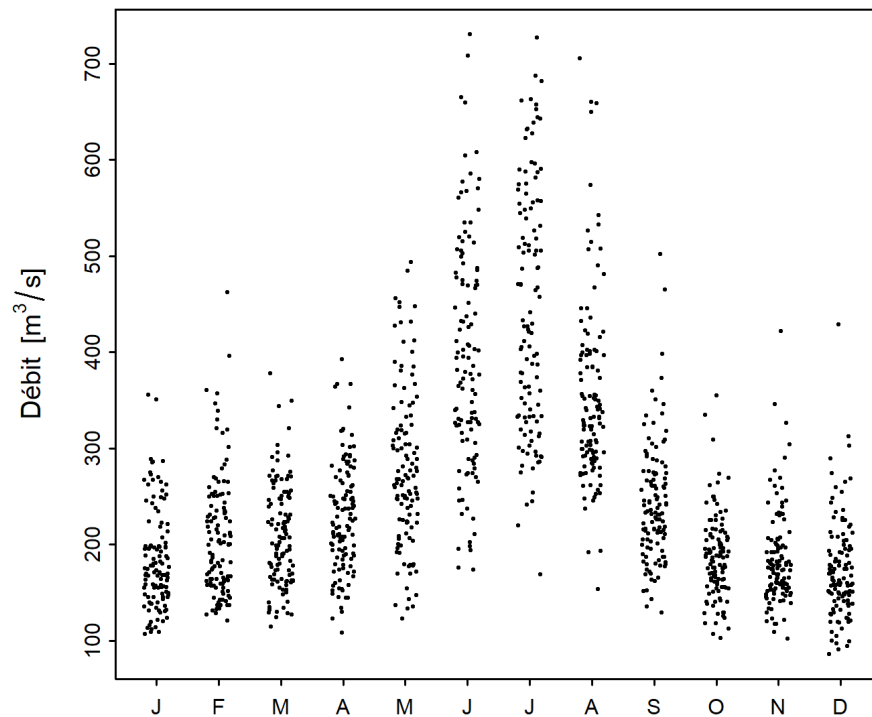


FIGURE 2 – Évolution saisonnière du minimum mensuel de M7Q [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (01.07.1904 - 30.06.2020)

1. Le mois de début de l’année d’étéage est choisi en considérant seulement les valeurs de la période d’analyse.

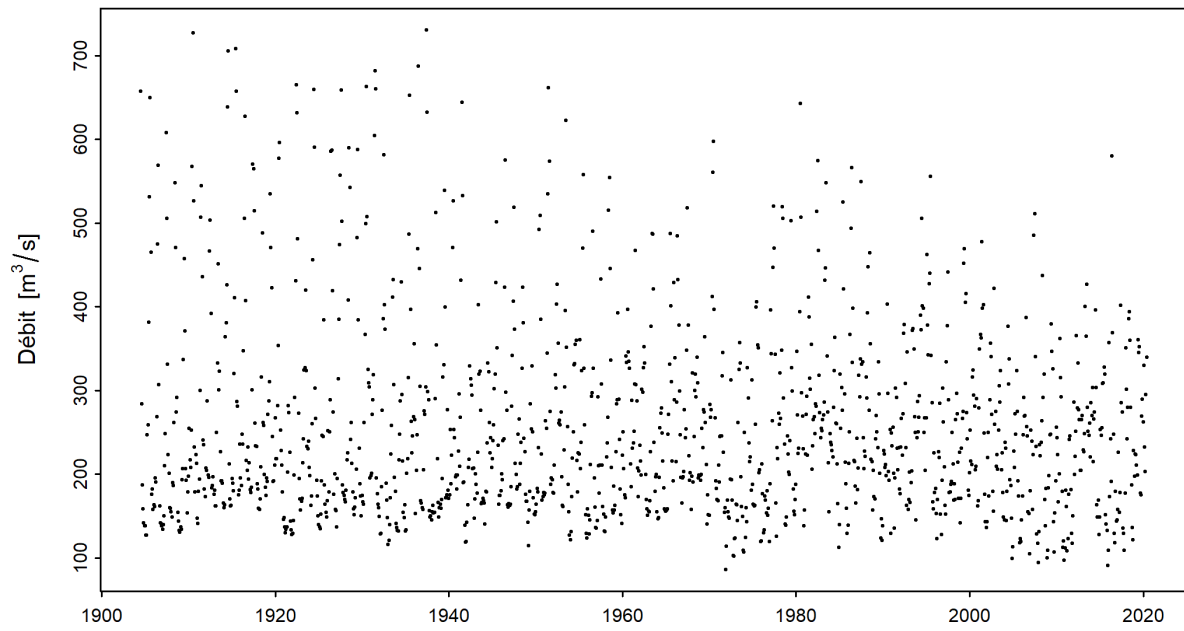


FIGURE 3 – Série temporelle du minimum mensuel de M7Q [m<sup>3</sup>/s] (01.07.1904 - 30.06.2020)

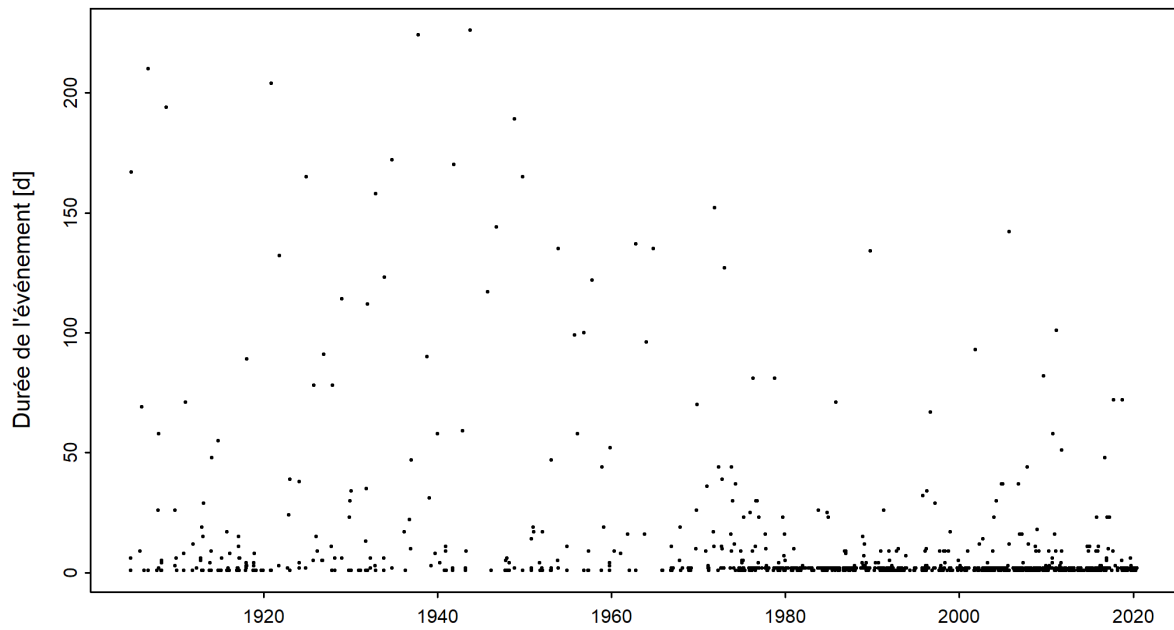


FIGURE 4 – Série temporelle des durées d'étiage [d] (01.07.1904 - 30.06.2020)

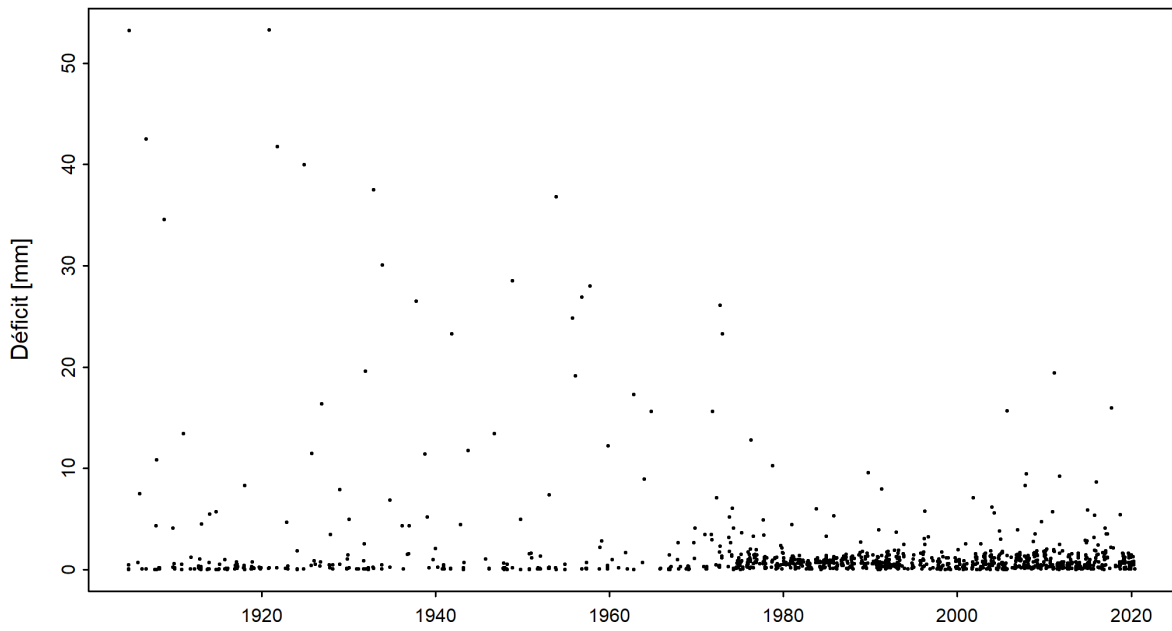


FIGURE 5 – Série temporelle du volume déficitaire [mm] (01.07.1904 - 30.06.2020)

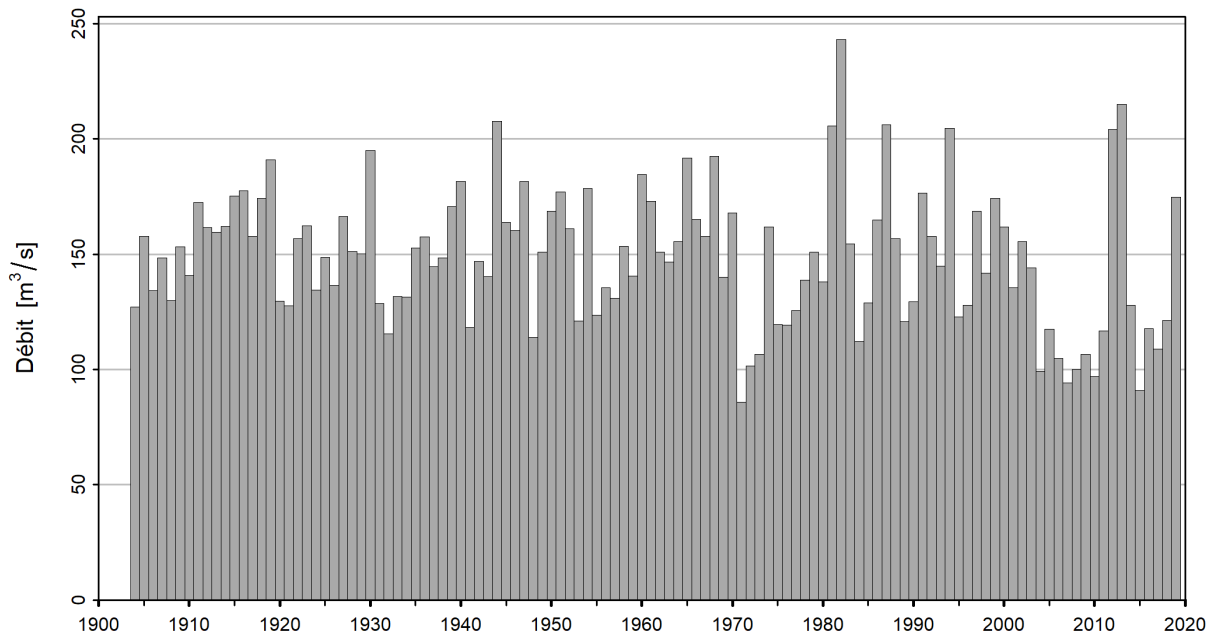


FIGURE 6 – Série temporelle de NM7Q [m<sup>3</sup>/s] (01.07.1904 - 30.06.2020)

## 2 Résultats des procédures paramétriques

Les probabilités des étiages  $NQ_T$  sont estimées à l'aide de deux méthodes paramétriques (BLOCK et POT). Les probabilités des durées d'étiages et les probabilités des volumes déficitaires sont estimées à l'aide de la méthode POT.

Ces deux méthodes se distinguent par leur manière d'identifier les valeurs extrêmes. Elles se fondent sur les paramètres et les données d'entrée suivantes :

Procédure paramétrique	Paramètre	Données d'entrée du modèle
Block Minimum (BLOCK)	$\mu$ Paramètre de position	NM7Q
	$\sigma$ Paramètre d'échelle	
	$\kappa$ Paramètre de forme	
Peaks Over Threshold (POT)	$\lambda$ Taux d'incidence	M7Q / Durée d'étiage / Volume déficitaire
	$\sigma$ Paramètre d'échelle <sup>2</sup>	
	$\kappa$ Paramètre de forme	

Dans les deux méthodes paramétriques, on calcule toujours le cas stationnaire. On suppose à cet effet que tous les paramètres de la fonction de répartition demeurent constants sur toute la période d'analyse. Si l'historique de la station donne toutefois à penser qu'un changement est intervenu au fil du temps, les paramètres de la fonction de répartition correspondante peuvent être modélisés en fonction du temps. Les variantes de modèle utilisées sont présentées dans les tableaux 1 et 2 ci-après :

TABLE 1 – Variantes de la méthode BLOCK.  $\mu$  paramètre de position (mu),  $\sigma$  paramètre d'échelle (sigma),  $\kappa$  paramètre de forme (kappa)

Variantes de modèle BLOCK			
Nom	Description	Paramètre (t : année)	Nombre de paramètres
stat	Variante stationnaire	$\mu, \sigma, \kappa$	3
mul	Tendance linéaire de $\mu$	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma, \kappa$	4
muq	Tendance quadratique de $\mu$	$\mu = a_1 + a_2 * t + a_3 * t^2, \sigma, \kappa$	5
sigl	Tendance linéaire de $\sigma$	$\mu, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	4
musigl	Tendance linéaire de $\mu$ e $\sigma$	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma = b_1 + b_2 * t,$ $\kappa$	5
mujump	Évolution non continue de $\mu$ au temps $t_0$	$\mu = a_1 + a_2 * i, \sigma, \kappa,$ $i = 0$ pour $t < t_0, i = 1$ quand $t \geq t_0$	4

TABLE 2 – Variantes de la méthode POT.  $\sigma$  paramètre d'échelle (sigma),  $\kappa$  paramètre de forme (kappa).

Variantes de modèle POT			
Nom	Description	Paramètre (t : année)	Nombre de paramètres
stat	Variante stationnaire	$\sigma, \kappa$	2
sigl	Tendance linéaire de $\sigma$	$\sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	3
sigjump	Évolution non continue de $\sigma$ au temps $t_0$	$\sigma = b_1 + b_2 * i, \kappa,$ $i = 0$ pour $t < t_0, i = 1$ quand $t \geq t_0$	3

La qualité des variantes est toujours évaluée à l'aide d'un Probability Plot et d'un Quantile Plot (voir p. ex. figure 7 et [guide](#) chapitre 4.3). Plus les données sont proches de la première bissectrice, plus il est possible de supposer que les hypothèses du modèle sont correctes. Un ordinogramme est utilisé pour décider quel modèle non stationnaire sera utilisé par la suite (voir figure 8 du chapitre 3.3 de la [guide](#)). Les variantes présentées ci-après sont celles qui fournissent les meilleurs résultats.

2. Le paramètre d'échelle  $\sigma$  de la méthode POT n'est pas numériquement identique au  $\sigma$  de la méthode BLOCK.

## 2.1 Débit d'étiage

### 2.1.1 Méthode Block Minimum (BLOCK)

Dans la méthode de Block Minimum, la valeur minimale enregistrée au cours d'un intervalle de temps (ou " bloc ", qui équivaut ici à une année) correspond à la valeur extrême.

Le plus petit NM7Q de la période d'analyse est 85.9 m<sup>3</sup>/s (29.12.1971).

Pour la période d'analyse (1904-2019) on observe une amélioration significative du modèle lors de l'utilisation de la variante non stationnaire sigl. En conséquence, seule la variante non stationnaire sigl est présentée ici.

Nombre de valeurs utilisées et estimation des paramètres du modèle:

Nombre de valeurs n	Paramètre de position $\hat{\mu}$	Paramètre d'échelle $\hat{\sigma}^3$		Paramètre de forme $\hat{\kappa}$
		$b_1$	$b_2$	
116	-157.63	15.94	0.23	-0.4154

La qualité du modèle est évaluée graphiquement en fonction des graphiques diagnostiques présentés en figure 7.

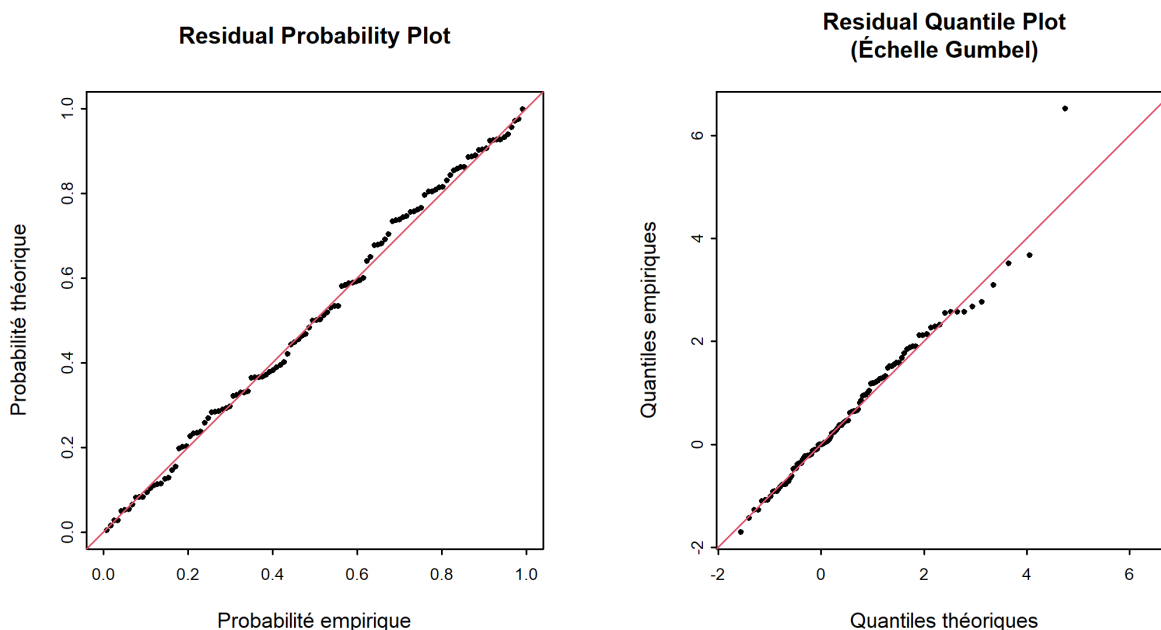


FIGURE 7 – Graphiques diagnostiques de la variante du modèle " sigl " de la méthode BLOCK (01.07.1904 - 30.06.2020)

Évaluation des graphiques diagnostiques (figure 7) :

Critère	Évaluation <sup>4</sup>	Remarque
Adaptation secteur gauche	bonne	-
Adaptation secteur central	moyenne-bonne	-
Adaptation secteur droit	moyenne	-

3.  $\hat{\sigma} = b_1 + b_2 * t$  (voir tableau 1)

4. Voir [guide](#) chapitre 4.3



Le tableau suivant contient les valeurs de débit de l'année la plus récente (2019) pour différentes périodes de retour calculées avec le modèle non stationnaire sigl de la méthode BLOCK pour la période d'analyse 01.07.1904 - 30.06.2020 (incl. intervalle de confiance calculé avec la méthode delta) :

<b>NQ<sub>T</sub> (NM7Q)</b>	<b>Limite de confiance inférieure [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Débit [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Limite de confiance supérieure [m<sup>3</sup>/s]</b>
NQ <sub>2</sub>	137	143	149
NQ <sub>10</sub>	85.2	94.5	104
NQ <sub>30</sub>	68.7	79.1	89.6
NQ <sub>100</sub>	57.5	69.0	80.6
NQ <sub>300</sub>	50.8	63.4	76.0

### 2.1.2 Méthode Peaks Over Threshold (POT)

Pour la méthode Peaks over Threshold (POT), les M7Q sont analysés à partir du 01.07.1904. Le quantile 80% de la courbe débit-durée ( $Q_{80}$  resp.  $Q_{292}$ ) est choisi comme valeur seuil  $u_{80}$  pour délimiter les événements d'étiage. Une situation d'étiage est identifiée lorsque le débit moyen journalier dépasse le seuil  $u_{80}$  de  $197.86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Un déclustering permet de s'assurer que deux événements d'étiage pour lesquels le volume excédentaire intermédiaire a pu égaliser le volume déficitaire précédent sont considérés comme indépendants (cf. [guide](#) chapitre 1.3).

Toutes les valeurs qui dépassent la valeur seuil  $u$  sont considérées comme des événements extrêmes lors de l'analyse des M7Q avec la méthode POT. La valeur seuil  $u$  est déterminée dans une procédure itérative sur la base de différents critères (cf. annexe A.1 et [guide](#) chapitre 4.1). La figure 8 montre le M7Q, les seuils définis  $u_{80}$  et  $u$  ainsi que les événements extrêmes (cercles rouges) définis sur la base du seuil  $u$ .

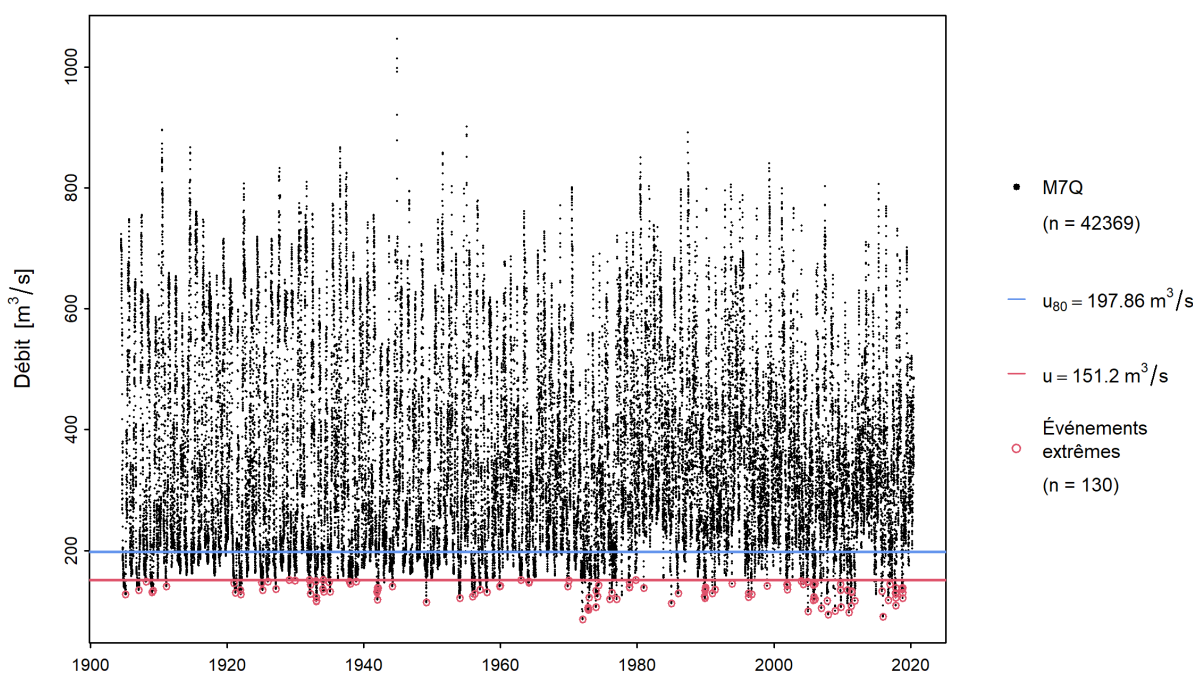


FIGURE 8 – Choix des événements extrêmes utilisés pour la méthode POT

Pour la période d'analyse (1904-2019) on observe une amélioration significative du modèle lors de l'utilisation de la variante non stationnaire sigl. En conséquence, seule la variante non stationnaire sigl est présentée ici.

Nombre de valeurs utilisées et estimation des paramètres du modèle :

Valeur de seuil	Nombre de valeurs	Paramètre d'échelle $\hat{\sigma}^5$		Paramètre de forme $\hat{\kappa}$
		$b_1$	$b_2$	
$151.2 \text{ m}^3/\text{s}$	130	14.87	0.18	-0.3898

La qualité du modèle est évaluée graphiquement en fonction des graphiques diagnostiques représentés en figure 9.

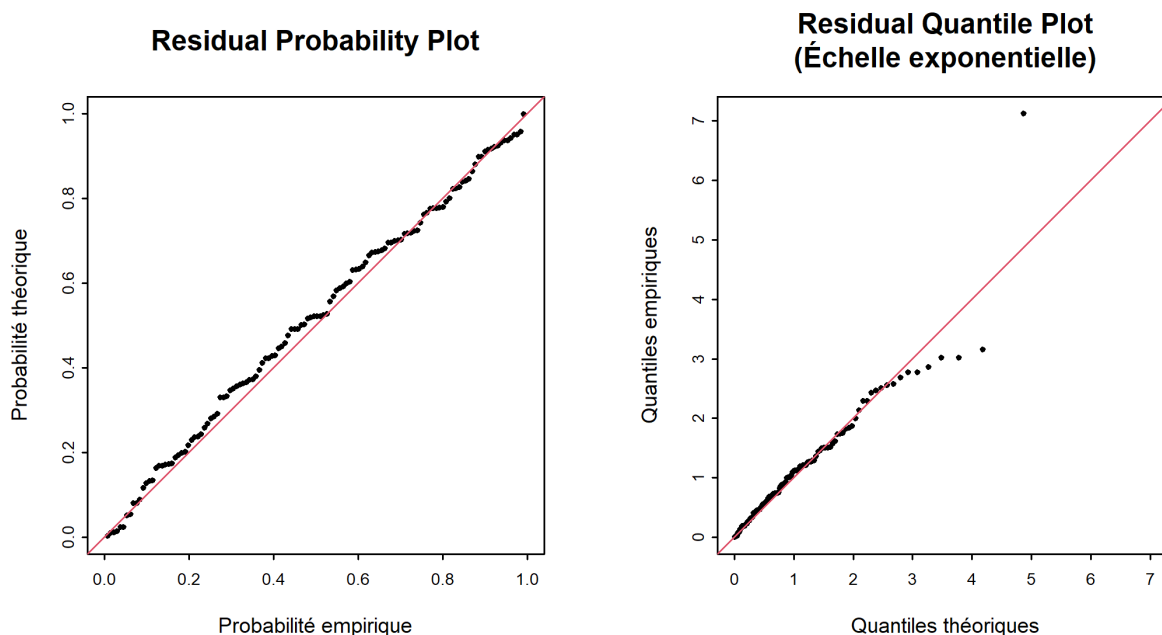


FIGURE 9 – Graphiques diagnostiques de la variante du modèle “ sigl ” de la méthode POT (01.07.1904 - 30.06.2020)

Évaluation des graphiques diagnostiques (figure 9) :

Critère	Évaluation <sup>6</sup>	Remarque
Adaptation secteur gauche	moyenne-bonne	-
Adaptation secteur central	moyenne	-
Adaptation secteur droit	moyenne	La plus grande valeur est surestimée.

Le tableau suivant contient les valeurs de débit de l’année la plus récente (2019) pour différentes périodes de retour calculées avec le modèle non stationnaire sigl de la méthode POT pour la période d’analyse 01.07.1904 - 30.06.2020 (incl. intervalle de confiance calculé avec la méthode delta) :

NQ <sub>T</sub> (NM7Q)	Limite de confiance inférieure [m <sup>3</sup> /s]	Débit [m <sup>3</sup> /s]	Limite de confiance supérieure [m <sup>3</sup> /s]
NQ <sub>2</sub>	113	120	127
NQ <sub>10</sub>	81.3	91.6	102
NQ <sub>30</sub>	69.3	80.4	91.5
NQ <sub>100</sub>	60.7	72.5	84.3
NQ <sub>300</sub>	55.6	67.9	80.2

5.  $\hat{\sigma} = b_1 + b_2 \cdot t$  (voir tableau 1)

6. Voir. [guide](#) chapitre 4.3

### 2.1.3 Comparaison des résultats

La figure 10 et le tableau correspondant résument les résultats issus des deux approches BLOCK et POT. Les résultats des variantes de modèles les mieux adaptées aux données sont présentés. Les résultats de l'année la plus actuelle de la variante stationnaire de l'approche BLOCK sont publiés dans le fichier des résultats de la statistique des étiages sur le site web de l'OFEV. La comparaison des différentes approches de modélisation met en évidence les faits suivants :

#### Différences entre les résultats des $NQ_T$ calculés avec les deux approches paramétriques :

Pour  $NQ_2$ , la méthode BLOCK présente un débit nettement plus important que la méthode POT. Pour  $NQ_{10}$ , le débit de l'approche BLOCK est encore un peu plus élevé et de  $NQ_{30}$  à  $NQ_{300}$ , la méthode POT a alors un débit légèrement plus élevé.

#### Différences entre les résultats des intervalles de confiance calculés avec les deux approches paramétriques :

Les intervalles de confiance des deux approches augmentent lorsqu'on s'approche des grandes périodes de retour. Les deux méthodes sont relativement similaires, celle de l'approche POT étant légèrement plus grande pour  $NQ_2$  à  $NQ_{100}$  et celle de l'approche BLOCK pour  $NQ_{300}$ .

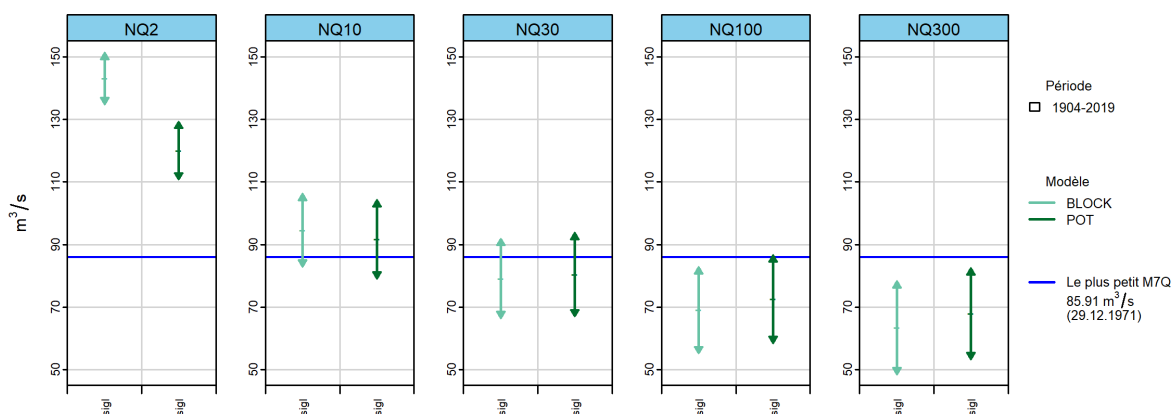


FIGURE 10 –  $NQ_T$  [ $m^3/s$ ] incl. intervalle de confiance 95 %, calculé avec la variante de modèle plus adaptée des méthodes BLOCK et POT

La table suivante contient l'évaluation de la qualité du modèle pour la période d'analyse 1904-2019 :

Méthode	Qualité modèle graphiques diagnostiques			Remarque
	Gauche	Centre	Droite	
BLOCK sigl	bonne	moyenne- bonne	moyenne	-
POT sigl	moyenne- bonne	moyenne	moyenne	La plus grande valeur est sur-estimée.

## 2.2 Durée d'étéage

Une situation d'étéage est identifiée lorsque la moyenne journalière est inférieure à la valeur seuil  $u_{80}$  (quantile 80% de la courbe débit-durée) de  $197.86 \text{ m}^3/\text{s}$ . Après un déclustering (cf. chapitre 2.1.2 et [guide](#) chapitre 1.3), la durée de chaque événement d'étéage est déterminée.

Dans cette analyse, lorsque les durées d'étéage dépassent la valeur seuil  $u$ , les événements sont considérés comme extrêmes. Un processus itératif détermine la valeur seuil  $u$  à l'aide de différents critères (cf. annexe A et [guide](#) chapitre 4.1). La figure 11 montre les durées d'étéage et la valeur seuil  $u$  calculée, ainsi que les événements extrêmes (cercles rouges) sélectionnés sur la base de la valeur seuil  $u$ .

L'étéage le plus long de la période d'analyse a duré 226 jours (14.10.1943 - 26.05.1944).

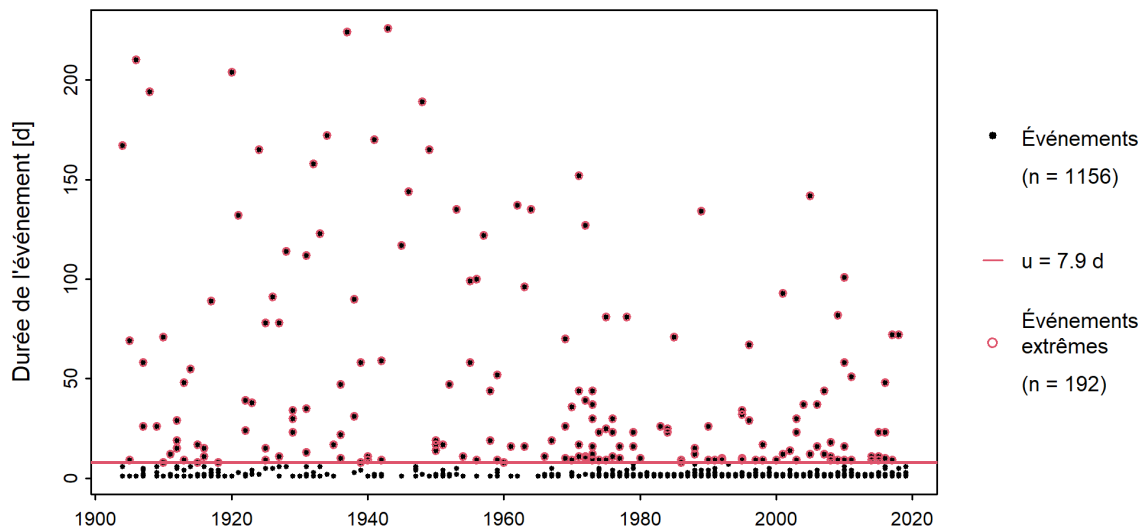


FIGURE 11 – Choix des événements extrêmes de durée d'étéage utilisés pour la méthode POT

Aucune différence significative n'est observée entre la variante stationnaire et les variantes non stationnaires du modèle sur la période d'analyse (1904-2019). En conséquence, seuls les résultats du modèle stationnaire sont présentés ici.

Nombre de valeurs utilisées et estimation des paramètres du modèle :

Valeur de seuil $u$	Nombre de valeurs $n$	Taux d'incidence $\hat{\lambda}$	Paramètre d'échelle $\hat{\sigma}$	Paramètre de forme $\hat{\kappa}$
7.9 jours	192	1.66	12.67	0.94

La qualité du modèle est évaluée graphiquement en fonction des graphiques diagnostiques représentés en figure 12.

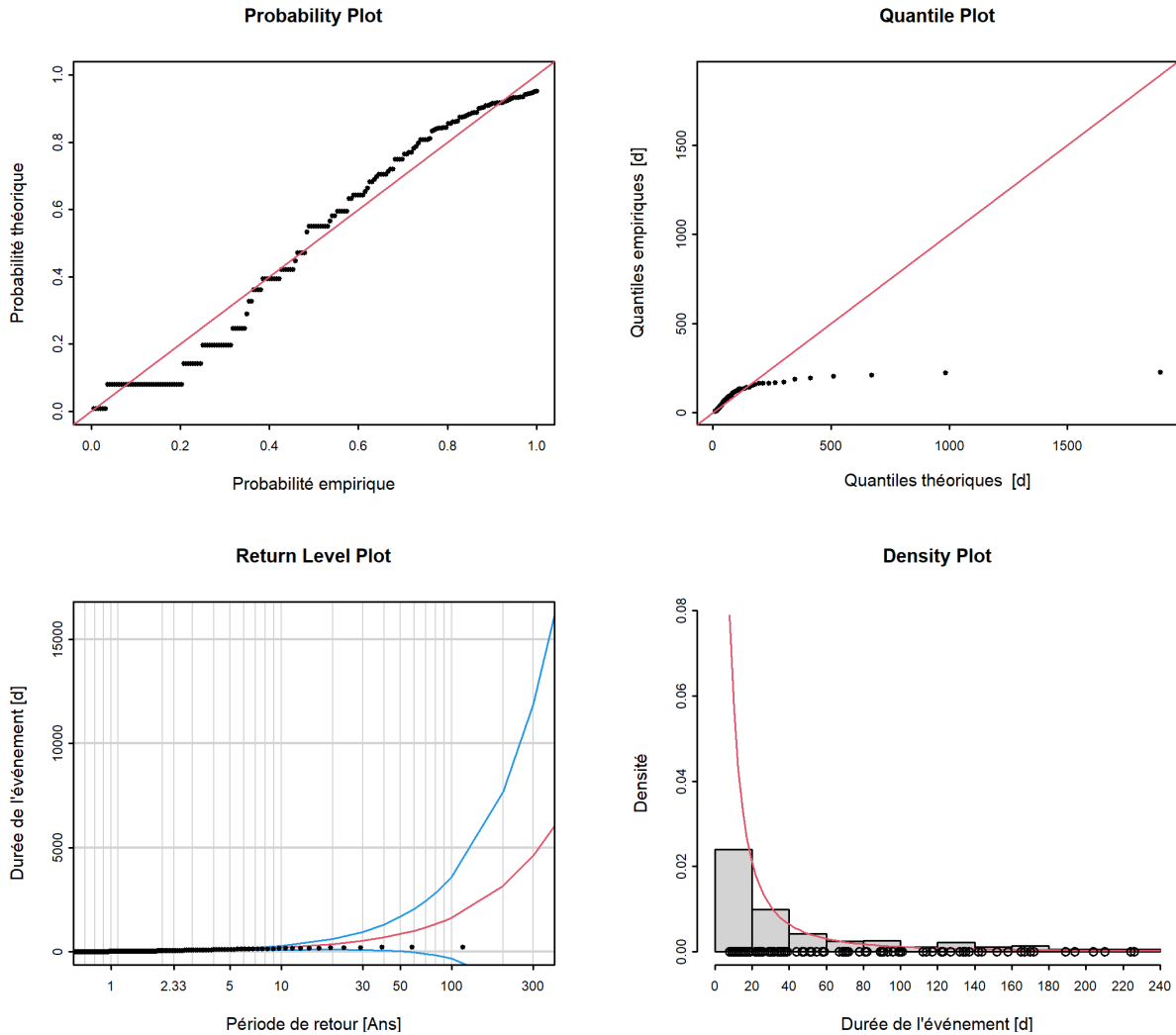


FIGURE 12 – Graphiques diagnostiques de la variante du modèle “ stat ” de la méthode POT (01.07.1904 - 30.06.2020)

Évaluation des graphiques diagnostiques (figure 12) :

Critère	Évaluation <sup>7</sup>	Remarque
Adaptation secteur gauche	médiocre	-
Adaptation secteur central	médiocre	Surestimation extrême des valeurs.
Adaptation secteur droit	médiocre	Surestimation extrême des valeurs.
Intervalle de confiance	élevé	Deviend extrêmement grand pour les longues périodes de retour.

7. Voir [guide](#) chapitre 4.3

Le tableau suivant contient les durées d'étiage pour différentes périodes de retour calculées avec le modèle stationnaire de la méthode POT pour la période d'analyse 01.07.1904 - 30.06.2020 (incl. intervalle de confiance calculé avec la méthode delta) :

<b>ND<sub>T</sub></b>	<b>Limite de confiance inférieure [d]</b>	<b>Durée [d]</b>	<b>Limite de confiance supérieure [d]</b>
ND <sub>2</sub>	26	36	46
ND <sub>10</sub>	78	183	288
ND <sub>30</sub>	34	524	1014
ND <sub>100</sub>	<0	1638	3895
ND <sub>300</sub>	<0	4612	12911

## 2.3 Volume déficitaire

Une situation d'étiage est identifiée lorsque la moyenne journalière est inférieure à la valeur seuil  $u_{80}$  (quantile 80% de la courbe débit-durée) de  $197.86 \text{ m}^3/\text{s}$ . Après un déclustering (cf. chapitre 2.1.2 et [guide](#) chapitre 1.3) le volume déficitaire de chaque événement d'étiage est déterminé.

Dans cette analyse, lorsque les volumes déficitaires dépassent la valeur seuil  $u$ , les événements sont considérés comme extrêmes. Un processus itératif détermine la valeur seuil  $u$  à l'aide de différents critères (cf. annexe A et [guide](#) chapitre 4.1). La figure 13 montre les volumes déficitaires et le seuil  $u$  calculé, ainsi que les événements extrêmes (cercles rouges) sélectionnés sur la base du seuil  $u$ .

Pour une meilleure comparaison des volumes déficitaires estimés des différentes stations, on utilise l'unité hauteur de débit  $h_A[\text{mm}]$  par analogie avec la méthode 121 du DWA(DVWK) (1992). Cette unité est définie comme suit :

$$h_A[\text{mm}] = \frac{V[\text{m}^3]}{A_E[\text{km}^2] * 1000} \quad (1)$$

où  $A_E$  correspond à l'aire du bassin hydrographique et  $V$  au volume déficitaire en  $\text{m}^3$ .

L'aire du bassin hydrographique de cette station correspond à  $10308 \text{ km}^2$ .

Le plus grand volume déficitaire de la période analysée est de  $53.25 \text{ mm}$  (21.11.1920 - 12.06.1921).

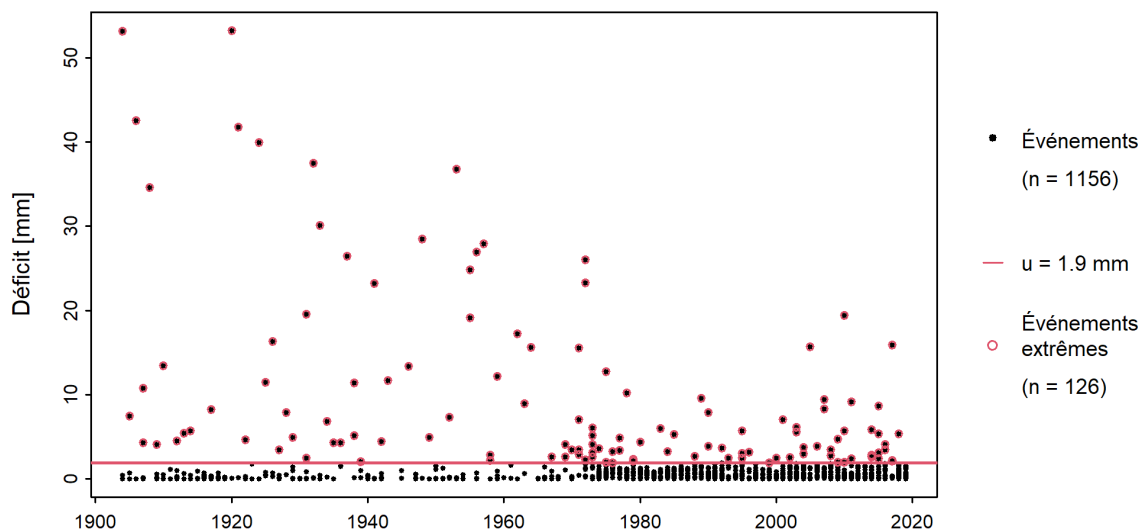


FIGURE 13 – Choix des événements extrêmes de volume déficitaire utilisés pour la méthode POT

Aucune différence significative n'est observée entre la variante stationnaire et les variantes non stationnaires du modèle sur la période d'analyse (1904-2019). En conséquence, seuls les résultats du modèle stationnaire sont présentés ici.

Nombre de valeurs utilisées et estimation des paramètres du modèle :

Valeur de seuil $u$	Nombre de valeurs $n$	Taux d'incidence $\hat{\lambda}$	Paramètre d'échelle $\hat{\sigma}$	Paramètre de forme $\hat{\kappa}$
1.9 mm	126	1.09	4	0.58



La qualité du modèle est évaluée graphiquement en fonction des graphiques diagnostiques représentés en figure 14.

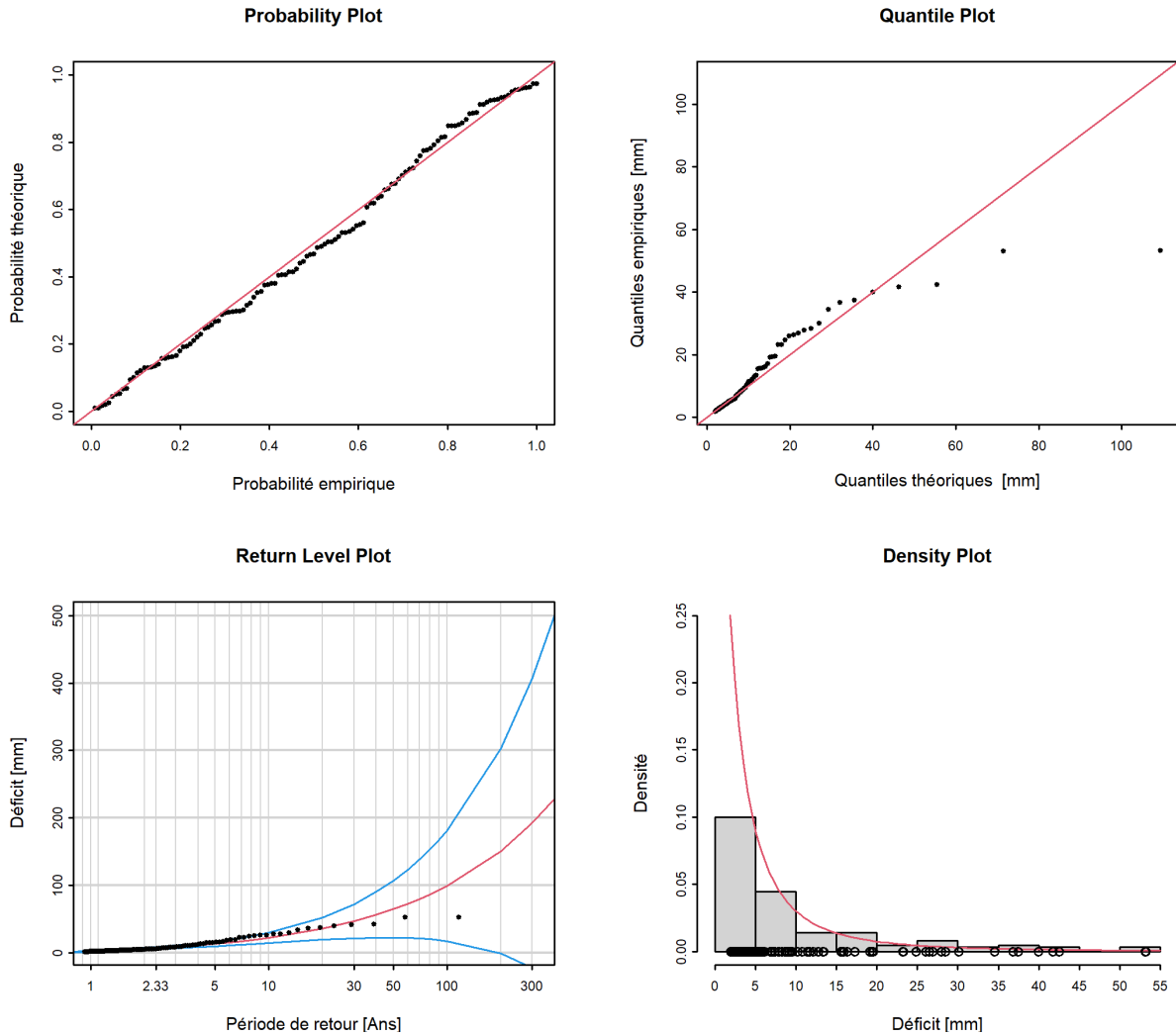


FIGURE 14 – Graphiques diagnostiques de la variante du modèle “ stat ” de la méthode POT (01.07.1904 - 30.06.2020)

Évaluation des graphiques diagnostiques (figure 14) :

Critère	Évaluation <sup>8</sup>	Remarque
Adaptation secteur gauche	moyenne	-
Adaptation secteur central	moyenne	-
Adaptation secteur droit	médiocre	Forte surestimation de la valeur la plus élevée.
Intervalle de confiance	élevé	Deviens très grand pour les périodes de retour plus longues.

8. Voir [guide](#) chapitre 4.3

Le tableau suivant contient les volumes déficitaires pour différentes périodes de retour calculées avec le modèle stationnaire de la méthode POT pour la période d'analyse 01.07.1904 - 30.06.2020 (incl. intervalle de confiance calculé avec la méthode delta) :

<b>DV<sub>T</sub></b>	<b>Limite de confiance inférieure [mm]</b>	<b>Volume déficitaire [mm]</b>	<b>Limite de confiance supérieure [mm]</b>
DV <sub>2</sub>	4	6	8
DV <sub>10</sub>	14	22	31
DV <sub>30</sub>	18	47	76
DV <sub>100</sub>	6	99	193
DV <sub>300</sub>	<0	192	437

### 3 Bibliographie

*BAFU* (2023). Leitfaden zu den Stationsberichten der Niedrigwasserstatistik. BAFU, Bern.

*Baumgartner, E., Boldi, M.-O., Kan, C., Schick, S.* (2013). Hochwasserstatistik am BAFU - Diskussion eines neuen Methodensets. Wasser Energie Luft, Heft 2/2013. Baden.

*Coles, S.* (2001). An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer. London.

*DWA* (2022). DVWA-Regelwerk. Merkblatt DWA-M 541. Statistische Analyse von Niedrigwasserkenngößen.

*DWA/DVWK (éd.)* (1983). DVWK-R 120 - Niedrigwasseranalyse. Teil 1. Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau a.V., Hamburg/Berlin.

*DWA/DVWK (éd.)* (1992). DVWK-R 121 - Niedrigwasseranalyse. Teil 2. Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau a.V., Hamburg/Berlin.

*Hisdal, H., Tallaksen, L.M., Clausen, B., Peters, E., Gustard, A.* (2004). Hydrological Drought Characteristics. Developments in Water Science 49, S. 139-198.

## Annexe

### A Détermination de la valeur seuil pour la délimitation des valeurs extrêmes

La valeur seuil  $u$ , qui sert à délimiter les valeurs extrêmes pour cette méthode, est déterminée de manière itérative. Le “ mean residual life plot ”, le “ fitrange plot ” ainsi que le nombre d'événements extrêmes résultant du choix d'une valeur seuil sont pris en considération.

#### A.1 Débit d'étiage

La valeur seuil  $u$  a été déterminée à  $151.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cela a été décidé à l'aide du mean residual life plot (cf. figure 15) et en tenant compte du fitrange plot. Ainsi, une taille d'échantillon de 130 éléments a été obtenue.

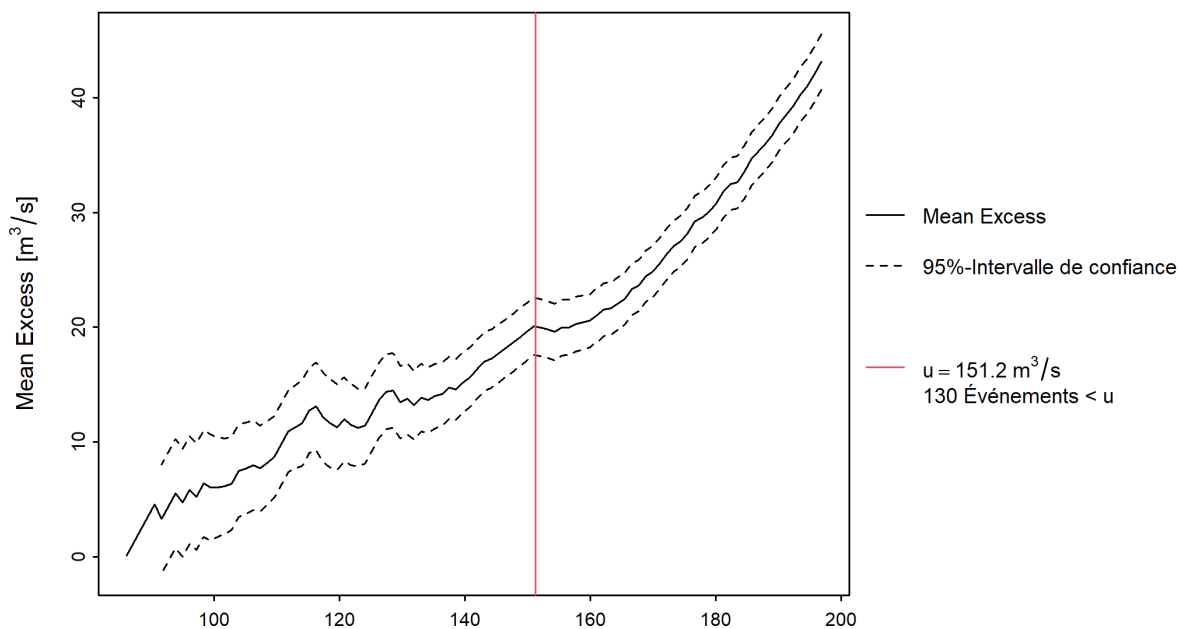


FIGURE 15 – “ mean residual life plot ” pour le débit d'étiage

## A.2 Durée d'étiage

La valeur seuil  $u$  a été déterminée à 7.9 jours. À l'aide du mean residual life plot (cf. figure 16), la valeur seuil  $u$  était plus élevée. En tenant compte du fitrange plot,  $u$  a toutefois été ajustée. Ainsi, une taille d'échantillon de 192 éléments a été obtenue.

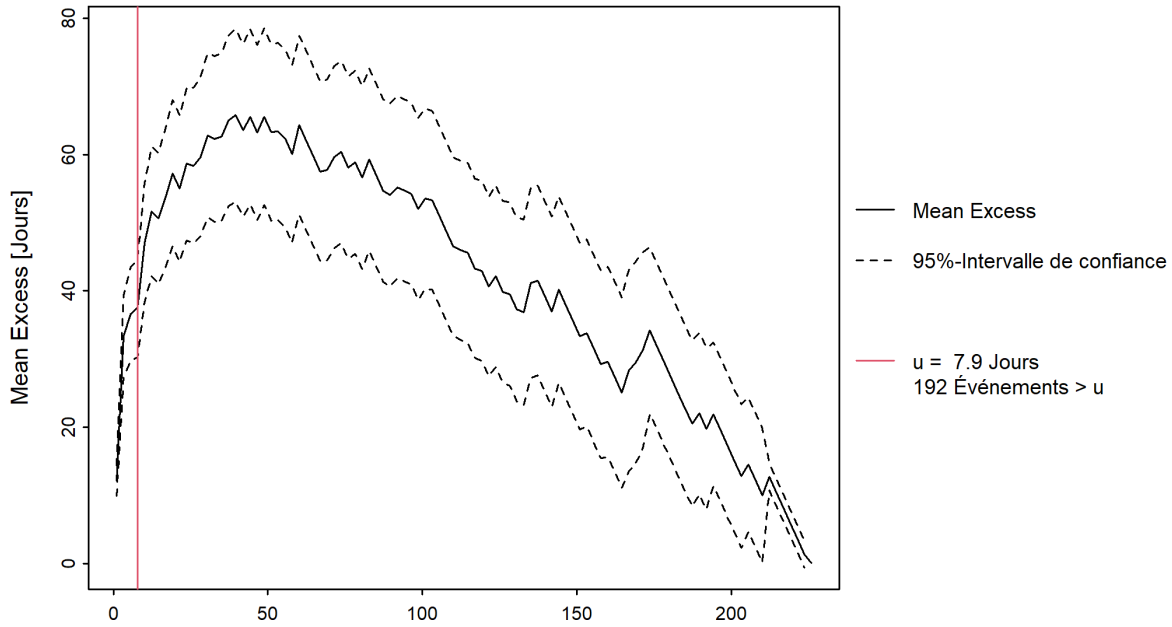


FIGURE 16 – “ mean residual life plot ” pour la durée d'étiage

## A.3 Volume déficitaire

La valeur seuil  $u$  a été déterminée à 1.9 mm. Cela a été décidé à l'aide du mean residual life plot (cf. figure 17) et en tenant compte du fitrange plot. Ainsi, une taille d'échantillon de 126 éléments a été obtenue.

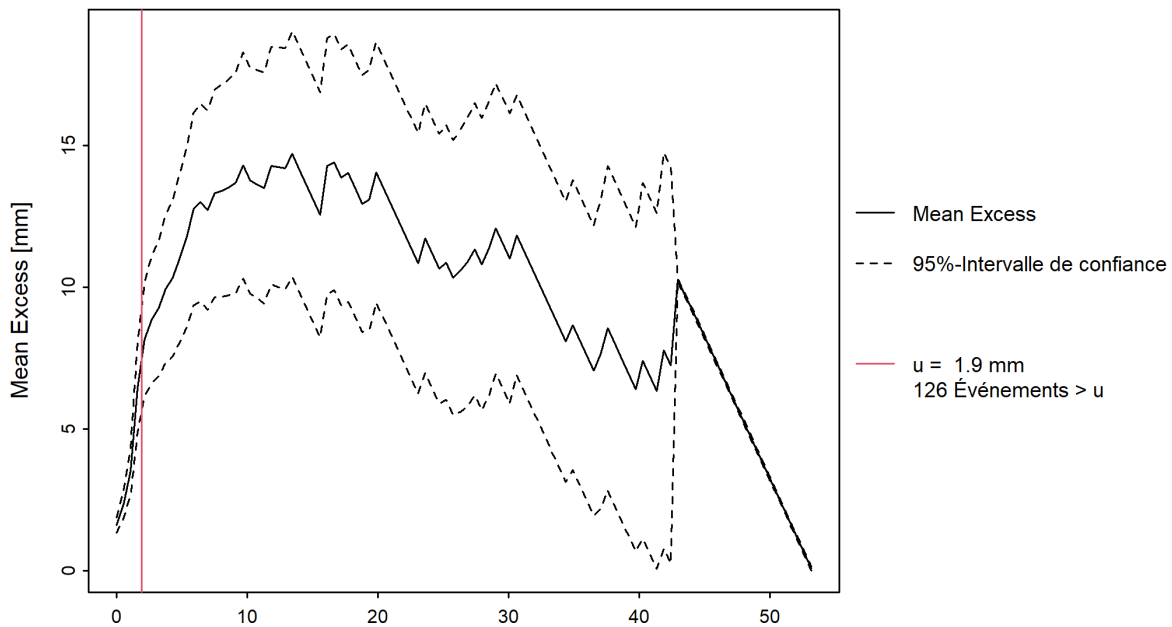


FIGURE 17 – “ mean residual life plot ” pour le volume déficitaire

## B Glossaire

DV (Volume déficitaire)	La différence entre le débit d'un jour d'étiage et la valeur seuil $u_{80}$ est appelée déficit de débit. La somme de tous les déficits de débit au cours d'une période d'étiage constitue le volume déficitaire. Pour une meilleure comparaison des volumes déficitaires estimés des différentes stations, on utilise l'unité hauteur de débit $h_A[mm]$ .
$DV_T$	Le volume déficitaire $DV_T$ est déterminé à l'aide d'une fonction de répartition pour une période de retour prédéfinie. Le volume déficitaire $DV_T$ est une estimation qui peut être inférieure ou supérieure à la valeur réelle des volumes déficitaires dont la période de récurrence statistique est de T années. Les $DV_T$ calculés à l'aide des méthodes paramétriques sont valables pour toute une période (cas stationnaire) ou pour l'année sous revue (cas non stationnaire).
Fonction de répartition	Cette fonction décrit l'ensemble des débits d'étiage (ou des durées d'étiage / des volumes déficitaires) d'un bassin versant. Elle indique la probabilité qu'un débit d'étiage NQ (ou une durée d'étiage ND / un volume déficitaire DV) soit atteint ou non au cours d'une année.
Distribution empirique	Cette distribution peut être déterminée à partir de l'échantillon choisi.
Distribution théorique de probabilités	Elle permet de passer de l'échantillon choisi à l'ensemble des éléments. De nombreuses fonctions de distribution théorique remplissent les conditions pour s'appliquer en statistique des étiages, mais aucune ne peut garantir les meilleurs résultats pour tous les échantillons.
Intervalle de confiance	Les intervalles de confiance reflètent l'incertitude des résultats d'un modèle statistique. Ils ne tiennent cependant compte que de l'erreur inhérente au modèle, mais pas d'autres incertitudes (erreurs de mesure, p. ex.).
Jour d'étiage	Un jour durant lequel le débit est inférieur à la valeur seuil $u_{80}$ est un jour d'étiage.
M7Q	Valeurs de débit moyennées sur sept jours.
Méthode delta	L'OFEV applique la méthode delta pour calculer les intervalles de confiance dans les Return Level Plots. Cette méthode se fonde sur un développement de Taylor de la fonction de $NQ_T$ (ou $ND_T / DV_T$ ) et sur une distribution normale asymptotique (pour les détails techniques, voir Coles 2001, p. 33).
Méthode du maximum de vraisemblance	Nom d'une méthode qui estime les paramètres d'une fonction de répartition à partir des informations d'un échantillon par la maximisation de la fonction logarithmique de vraisemblance.

Méthode paramétrique	L'un des grands objectifs de la statistique est d'étudier les données d'un échantillon afin d'en tirer des conclusions pour un ensemble d'éléments inconnus. Les méthodes paramétriques constituent un moyen d'y parvenir. Elles partent de l'hypothèse que l'ensemble d'éléments présente une distribution des probabilités prédéfinie qui est déterminée de manière univoque par un ou plusieurs paramètres. Les deux méthodes considérées se fondent sur la distribution selon la loi d'extremum généralisée (BLOCK) et, respectivement, sur la distribution selon la loi de Pareto généralisée (POT), car ces deux distributions reflètent au mieux la nature des données (minima par bloc, ou données à partir d'une certaine valeur seuil) (cf. Coles 2001).
Méthode de Block Minimum (BLOCK)	La méthode de BLOCK Minimum (BLOCK) définit la valeur de débit la plus basse enregistrée au cours d'un intervalle de temps (ou " bloc ", qui correspond ici à une année) comme étant la valeur extrême (cf. <a href="#">guide</a> chapitre 3.1 ou Coles 2001, chapitre 3.1).
Méthode de Peaks Over Threshold (POT)	La méthode de Peaks Over Threshold (POT) considère comme valeurs extrêmes celles qui dépassent une certaine valeur seuil $u_{80}$ (pour M7Q, si elles sont inférieures à un seuil $u_{80}$ ). Avant d'être utilisées, les données sont corrigées de l'effet cluster (cf. <a href="#">guide</a> chapitre 3.2, ou Coles 2001, chapitre 4.2).
ND (Durée d'étiage)	La durée d'étiage est déterminée sur la base des périodes d'étiage de la manière suivante : à l'aide de la méthode " pooling together ", les périodes d'étiage dépendantes sont identifiées et assemblées. Pour ce faire, on considère les volumes déficitaires et excédentaires. Si le volume excédentaire entre deux périodes d'étiage ne peut pas compenser les volumes déficitaires de ces périodes d'étiage, les deux périodes d'étiage sont identifiées comme des événements dépendants et assemblées pour former une durée d'étiage (pour plus de détails sur la procédure de " pooling together ", voir le <a href="#">guide</a> chapitre 1.3).
ND <sub>T</sub>	Durée d'étiage ND <sub>T</sub> déterminée à l'aide d'une fonction de répartition pour une période de retour prédéfinie. La durée ND <sub>T</sub> est une estimation qui peut être inférieure ou supérieure à la valeur réelle des durées d'étiage dont la période de récurrence statistique est de T années. Les ND <sub>T</sub> calculés à l'aide des méthodes paramétriques sont valables pour toute une période (cas stationnaire) ou pour l'année sous revue (cas non stationnaire).
NM7Q	L'indicateur d'étiage NM7Q indique le plus petit débit moyen sur 7 jours consécutifs au cours d'une année d'étiage, la date indiquée étant toujours le quatrième jour des jours considérés (ex. : NM7Q du 1er mai = valeur moyenne du 28 avril au 4 mai).
Non-stationnarité	Des modèles non stationnaires sont utilisés pour décrire un mode d'écoulement qui subit des changements au fil du temps. Ces modifications peuvent avoir différentes origines : changement d'appareils et de méthodes de mesure, déplacement de la station, modification du lit du cours d'eau ou influence anthropique. Si l'influence anthropique est en cause, il est le plus souvent impossible d'attribuer les changements observés à une seule intervention, car ils résultent de la combinaison de plusieurs mesures relevant de la gestion de l'eau. Lorsqu'une modification des données au fil du temps est probable, les paramètres de la fonction de répartition correspondante sont modélisés en fonction du temps. Par conséquent, les NQ <sub>T</sub> (resp. ND <sub>T</sub> / DV <sub>T</sub> ) établis par calcul changent également au fil du temps.

$NQ_T$	Le débit d'étiage $NQ_T$ est déterminé à l'aide d'une fonction de répartition pour une période de retour prédéfinie. Le débit $NQ_T$ est une estimation qui peut être inférieure ou supérieure à la valeur réelle des débits d'étiage dont la période de récurrence statistique est de T années. Les $NQ_T$ calculés à l'aide des méthodes paramétriques sont valables pour toute une période (cas stationnaire) ou pour l'année sous revue (cas non stationnaire).
Paramètres de distribution	
$\sigma$ Paramètre d'échelle (sigma)	Mesure de la variance d'une fonction de distribution
$\kappa$ paramètre de forme (kappa)	Le paramètre de forme $\kappa$ est en corrélation directe avec ce que l'on appelle la " Heaviness of Tail " de la distribution. Le Tail étant le domaine qui comprend les valeurs extrêmes supérieures (ou pour les M7Q les valeurs extrêmes inférieures). Lorsque $\kappa$ est grand, le nombre de ces valeurs extrêmes est élevé. Lorsque $\kappa$ est négatif, on admet que les valeurs extrêmes restent en deçà d'une limite supérieure (ou inférieure pour M7Q).
$\mu$ Paramètre de position (mu)	Ce paramètre décrit la position moyenne des éléments d'un échantillon (ici, NM7Q) par rapport à l'échelle de mesure (en l'occurrence : $m^3/s$ ou $l/s$ ).
$\lambda$ Taux d'occurrences (lambda)	Dans la méthode POT, ce paramètre correspond au nombre moyen de passages en dessous du seuil $u$ (ou de dépassements pour les M7Q) pendant l'intervalle d'une année.
Période d'étiage	La période d'étiage est la période qui débute le jour où le débit est inférieur à la valeur seuil $u_{80}$ , et s'arrête le jour précédent le jour où la valeur seuil $u_{80}$ est à nouveau dépassée.
Période d'étude	Période de temps limitée dont provient un échantillon de débits d'étiage, cet échantillon étant considéré comme représentatif de l'ensemble des éléments. On admet que les caractéristiques de l'ensemble des éléments sont représentées approximativement par cet échantillon.
Probability Plot (P-P-Plot)	Outil d'appréciation graphique qui consiste à juxtaposer les fonctions de distribution de deux variables statistiques afin de comparer leurs distributions. Il s'agit ici des fréquences empiriques cumulées et des données cumulées de la fonction théorique. Plus les données s'alignent sur la première bissectrice, plus il est permis de penser que les hypothèses du modèle sont correctes (Ce diagramme contient les mêmes informations que le Q-Q-Plot, représentées sur une autre échelle).
Qualité du modèle, qualité de l'ajustement ou adéquation	Mesure de l'écart qui sépare un modèle statistique (valeurs théoriques) et une quantité d'observations ou de relevés (données empiriques).
Quantile Plot (Q-Q-Plot)	Outil d'appréciation graphique qui consiste à juxtaposer les quantiles de deux variables statistiques, afin de comparer leur distribution. Il s'agit ici des débits observés et des débits calculés à l'aide d'un modèle. Si les quantiles empiriques et théoriques coïncident approximativement, les valeurs se situeront près de la première bissectrice du graphique (Ce diagramme contient les mêmes informations que le P-P-Plot, représentées sur une autre échelle). Remarque : Les quantiles théoriques sont calculés à partir de la fonction inverse de la fonction de répartition. Les axes sont dès lors permutés pour permettre une comparaison visuelle directe avec le Probability Plot correspondant.



---

Stationnarité	Lorsque l'on observe, dans une station de mesure, que le mode d'écoulement n'affiche pas de modification sensible durant la période d'observation, il est recommandé d'appliquer un modèle stationnaire. Dans ce cas, on part de l'hypothèse que tous les paramètres de la fonction de répartition demeurent constants durant toute la période d'étude.
Statistique de déviance	La statistique de déviance sert à évaluer l'adéquation d'un modèle pour un certain ensemble de donnée.

---