

Annexe 4 : Gardon de Mialet à Mialet

<i>Gardon de Mialet à Mialet</i>	1
<i>I. Recueil de données</i>	2
I.1. Topographie et reconstitution de l'évolution verticale du lit.....	2
I.2. Données hydrométriques	4
<i>II. Reconstitution des débits à Mialet</i>	6
II.1. Définition d'un barème.....	6
II.2. Estimation des débits.....	8
II.3. Vérification et validation des résultats	9
<i>III. Analyse probabiliste des débits de crue à Mialet</i>	10
III.1. Série de débit utilisée et représentation des incertitudes	10
III.2. Distribution des valeurs maximales annuelles	12

I. Recueil de données

I.1. Topographie et reconstitution de l'évolution verticale du lit

Ce site est le plus pauvre du point de vue de la connaissance de la topographie. Nous n'avons retrouvé aucun profil antérieur à 1948 et aucune ligne d'eau ancienne.

Profils en long du lit à Mialet

Les profils en long sont récents : celui de 1948 et celui de 2006, levés pour les besoins de l'étude. On constate un net enfoncement du lit entre les deux dates, sauf en un seuil qui fixe l'altitude du fond du lit au milieu de la section étudiée.

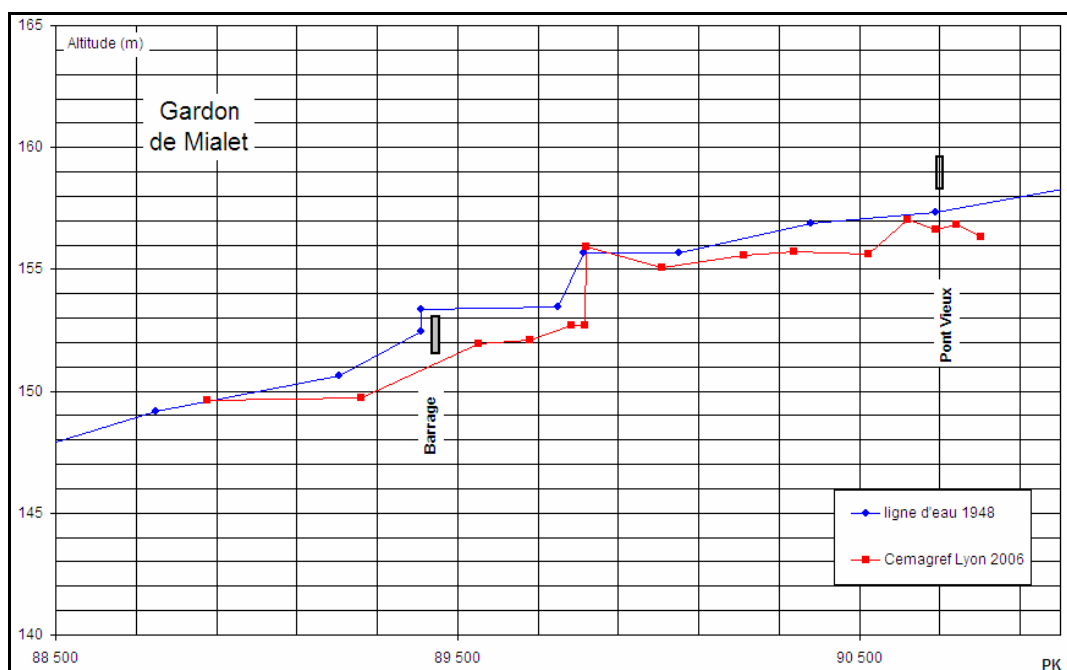


Figure 1: Profils en long récents à Mialet

Rattachement des échelles d'annonce des crues au nivellement général

Les données récoltées sur les échelles successives sont les suivantes.

En 1892, l'échelle d'annonce de crue DDE a été installée sur la face aval du pont des Camisards (source : DDE 30).

En 1924, l'altitude du zéro de l'échelle est donnée à 157,01 m NGF (source : DDE 30).

En 2006, Z0 = 157,63 m NGF (source : DDE 30).

Variations de la hauteur d'eau minimale annuelle

L'analyse des variations de la hauteur d'eau minimale relevée chaque année peut permettre d'affiner la connaissance des changements du zéro de l'échelle de Mialet.

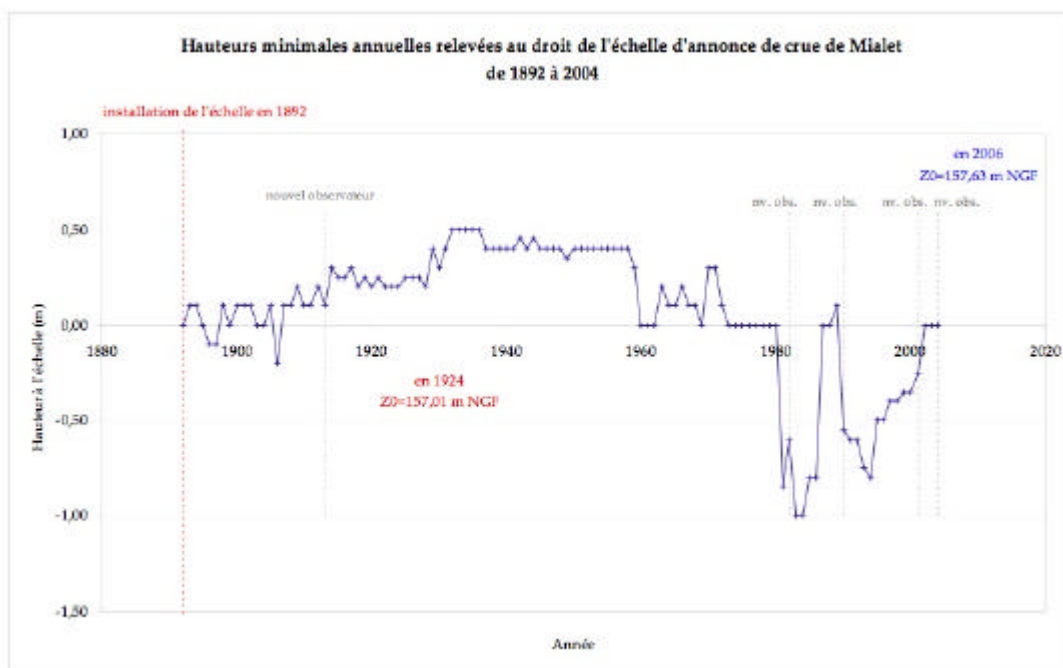


Figure 2: Hauteurs minimales annuelles relevées à l'EAC de Mialet de 1892 à 2006 — source : K. Pobanz.

On note qu'à partir des années 1930, la hauteur minimale annuelle passe de 0,1 - 0,2 m à 0,4 – 0,5 m jusqu'en 1958, ce qui pourrait traduire un rehaussement du zéro de l'échelle. Une deuxième rupture se produit après la crue de 1958 où les valeurs minimales diminuent. Les valeurs de la période 1982-1990 sont douteuses dans la mesure où il y a des lacunes et où les changements d'observateurs ont été fréquents.

Il est difficile d'exploiter ces données pour identifier d'éventuels changements d'échelle. On peut penser qu'elles traduisent davantage l'évolution sédimentaire du lit dans le dernier demi-siècle : une incision, ce qui s'accorde avec les données topographiques.

Supposition sur la topographie :

Il est difficile d'exploiter ces documents avec si peu d'informations. Cependant, l'allure générale de la courbe **Figure 3** change totalement suite à la crue de septembre 1958. Il est possible que cette crue ait entraîné d'importantes modifications du lit de la rivière. C'est pourquoi, à défaut d'informations plus précises, nous choisissons de considérer deux grandes périodes :

- une période ancienne allant de 1892 à 1959,
- et une période récente allant de 1959 à 2004.

Supposition sur l'altitude des zéros d'échelles :

Nous ne disposons d'aucune information en ce qui concerne d'éventuels changements d'échelle. Ne connaissant que deux positions d'échelle (en 1924 et en 2006), nous supposons qu'il n'y a eu qu'un seul changement entre ces deux dates. Au vu des courbes de la **Figure 3** et de l'intensité de la crue de 1958, nous supposons que le changement d'échelle a eu lieu juste après cette forte crue, l'échelle ayant très probablement été emportée par les eaux lors de cet événement.

Synthèse des valeurs prises en compte pour la suite de l'étude :

- de 1892 à 1959, Z0=187,01 m NGF : topographie ancienne
- de 1959 à 2004, Z0=187,63 m NGF : topographie récente

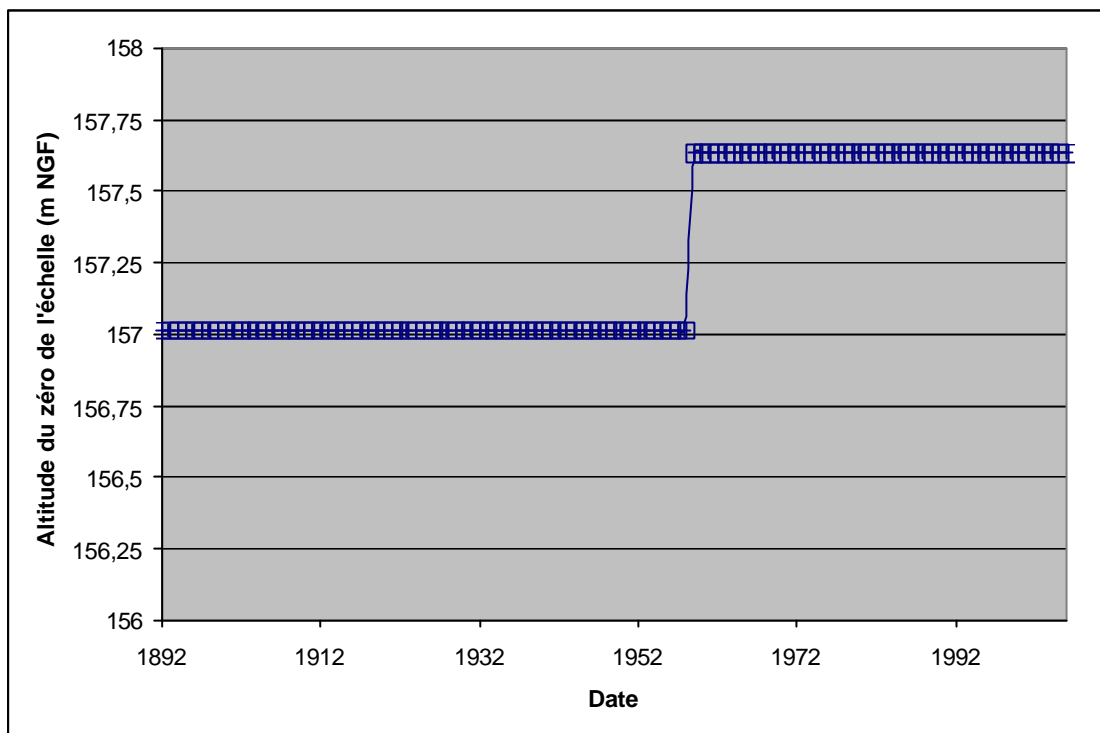


Figure 3: Évolution de l'altitude du zéro de l'échelle d'annonce des crues de Mialet entre 1892 et 2006.

Périodisation de l'évolution verticale du lit du Gardon à Mialet

Les arguments tirés des profils longitudinaux et de l'historique de l'échelle permettent de distinguer deux états topographiques pour le lit du Gardon.

Une topographie ancienne, correspondant au profil de 1948. On doit considérer qu'elle est valable de 1892 à la fin des années 1950. Ce sera la topographie de la crue de 1958.

| Une topographie récente, celle du profil levé en 2006, qui est valable à partir de 1959.

I.2. Données hydrométriques

Crues anciennes à Mialet

Les crues anciennes sont répertoriées dans l'annexe avec les autres crues des Gardons, nous en donnons ici un graphique pour les seules crues enregistrées à Mialet.

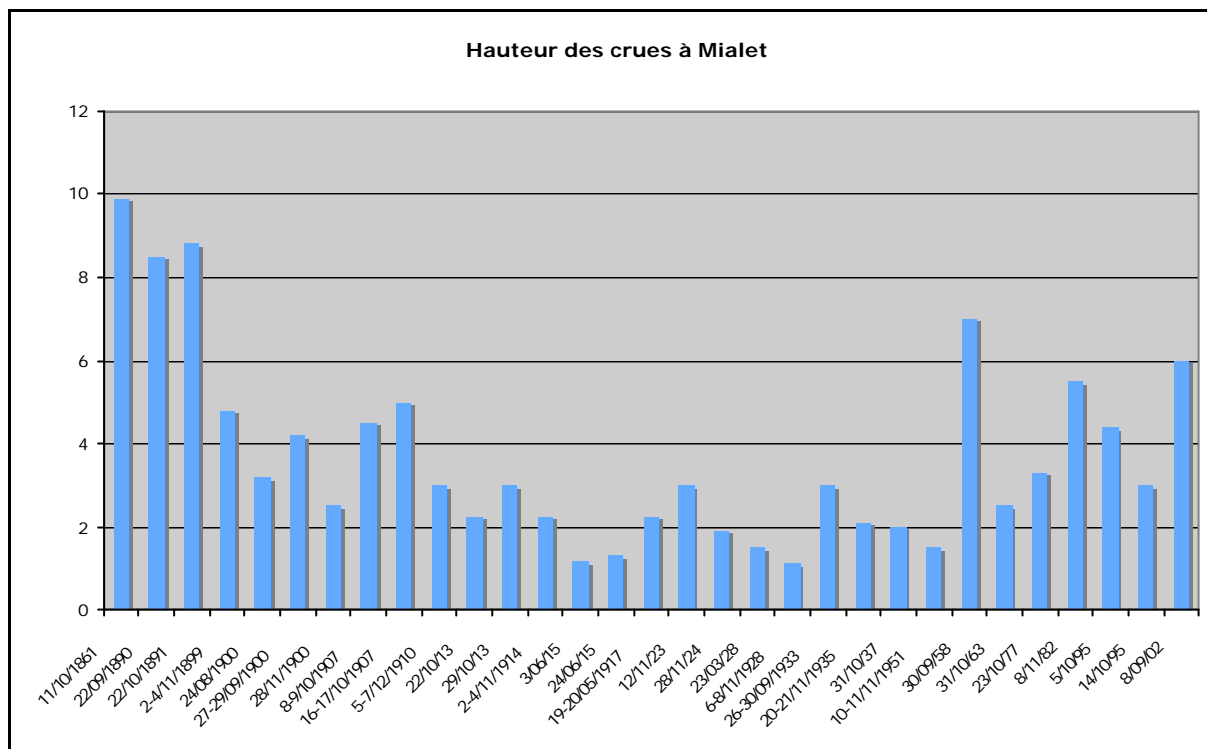


Figure 4: Hauteurs des crues, en mètres, relevées à l'EAC de Mialet.

Cotes et lignes d'eau des crues du Gardon à Mialet

A partir des hypothèses proposées pour l'altitude du zéro d'échelle les hauteurs d'eau des crues ont été converties en cotes altitudinales, en vue de leur exploitation hydraulique.

Les résultats sont donnés en annexe.

NB : il n'y a pas de ligne d'eau ancienne dans cette section du Gardon de Mialet.

Hierarchisation des crues majeures du Gardon de Mialet

On a classé les principales crues du Gardon de Mialet à Mialet par ordre d'importance décroissante. Les hauteurs sont extraites du tableau général de la base de données.

Date	H. en mètres	Cote en NGF
11 octobre 1861	9,9	166,91
22 octobre 1891	8,8	165,81
22 septembre 1890	8,5	165,51
30 septembre 1958	7	164,01
9 septembre 2002	6	163,63
4 octobre 1958	4,5	161,51
16 octobre 1977	5	162,63
23 octobre 1977	4,4	162,03
5 octobre 1995	4,4	162,03
2 novembre 1899	4,8	161,81

Tableau 1 : hiérarchisation des crues du gardon de Mialet à Mialet à partir des cotes

On remarque que les épisodes de 1958 et 2002 prennent place nettement en deçà des cotes très fortes des crues du XIX^e siècle.

II. Reconstitution des débits à Mialet

II.1. Définition d'un barème.

Modèle récent

Aucun jaugeage n'est disponible, les coefficients de Strickler sont évalués à partir des tables du Ven Te Chow. Les cas suivants sont considérés :

Cas maximal : $K_{\min} = 15 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} / K_{\text{maj}} = 10 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$

Cas moyen : $K_{\min} = 20 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} / K_{\text{maj}} = 15 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$

Cas minimal : $K_{\min} = 25 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} / K_{\text{maj}} = 20 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$

Nous utiliserons le modèle fluvial MAGE. La courbe de tarage récente obtenue est présentée **Figure 5**.

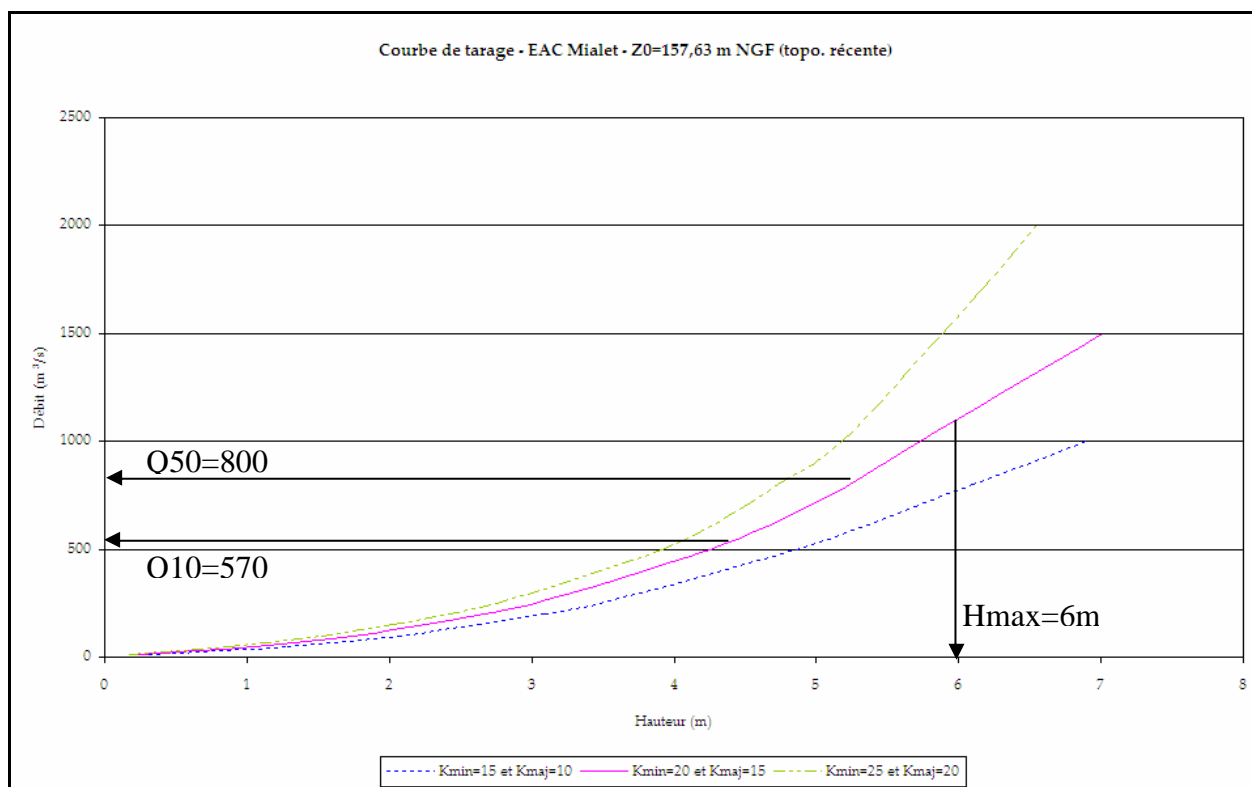


Figure 5 : Courbe de tarage de l'échelle d'annonce de crue DDE – topographie récente

Modèle ancien

Il est obtenu en rehaussant le modèle récent, les coefficients de Strickler restent inchangés. Les nouvelles courbes de tarage obtenues sont présentées **Figure 6**.

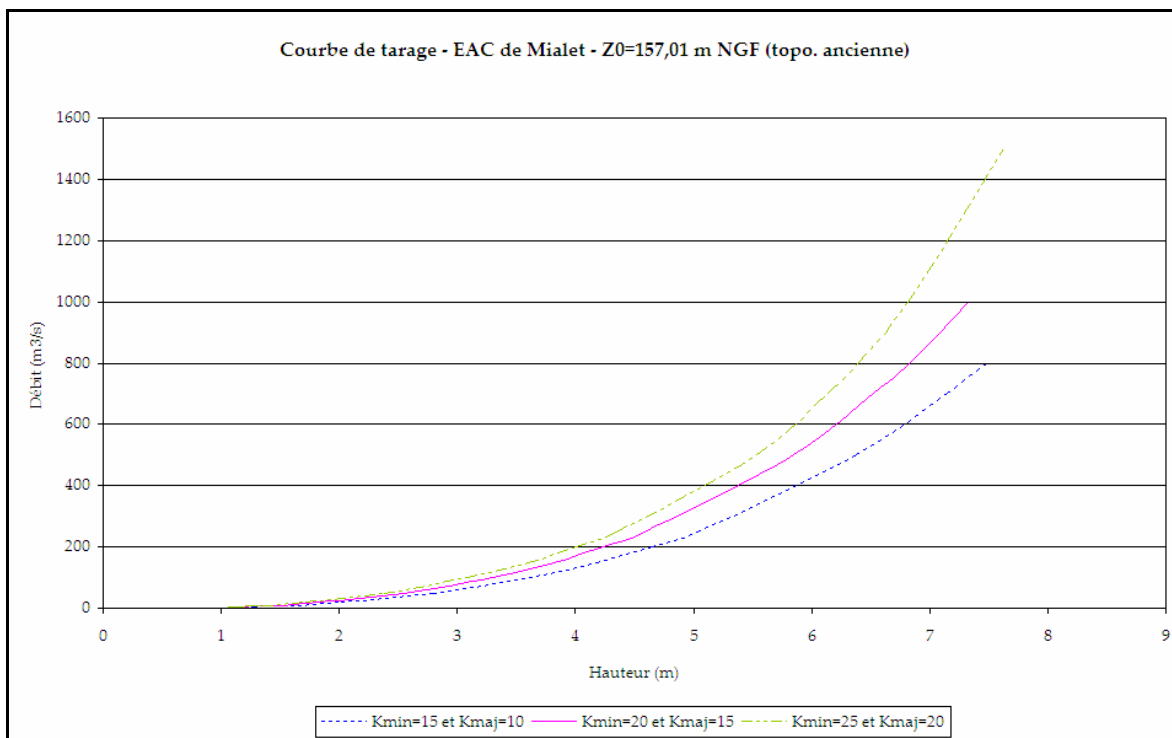


Figure 6 : Courbe de tarage de l'échelle d'annonce de crue DDE Z0=157.01 m NGF - topographie ancienne

Les lois déterminées pour la reconstitution des débits de crues historiques au niveau de l'échelle d'annonce de crue de Mialet sont répertoriées sur la **Figure 7**. Elles sont obtenues en traçant les courbes de tendance des courbes de tarages établies. L'écart entre les deux courbes est à peine visible (**Figure 8**).

On note x la hauteur à l'échelle (en m) et y le débit correspondant (en $m^3.s^{-1}$).

TOPO ANCIENNE	Kmin-Kmaj	
01/01/1892 -> 31/10/1959 : Z0=157,01 m NGF	15-10 et pont 10-10	$y = 2,0471x^3 - 2,6838x^2 + 14,262x - 13,587$
	20-15 et pont 12-10	$y = 3,199x^3 - 9,0387x^2 + 34,632x - 30,078$
	25-20 et pont 15-10	$y = 0,6983x^4 - 5,5479x^3 + 32,408x^2 - 39,494x + 14,14$
TOPO RECENTE		
01/12/1959 -> 31/12/2004 : Z0=157,63 m NGF	15-10 et rug 10-10	$y = -0,5791x^4 + 8,1291x^3 - 14,733x^2 + 50,333x - 3,1075$
	20-15 et rug 12-10	$y = -0,2997x^5 + 4,4974x^4 - 20,53x^3 + 57,386x^2 - 5,9316x + 9,5762$
	25-20 et rug 15-10	$y = -0,3341x^6 + 6,2863x^5 - 43,701x^4 + 145,62x^3 - 210,95x^2 + 179,22x - 16,008$

Figure 7 : Lois déterminées pour la reconstitution des débits de crues historiques au niveau de l'EAC de Mialet

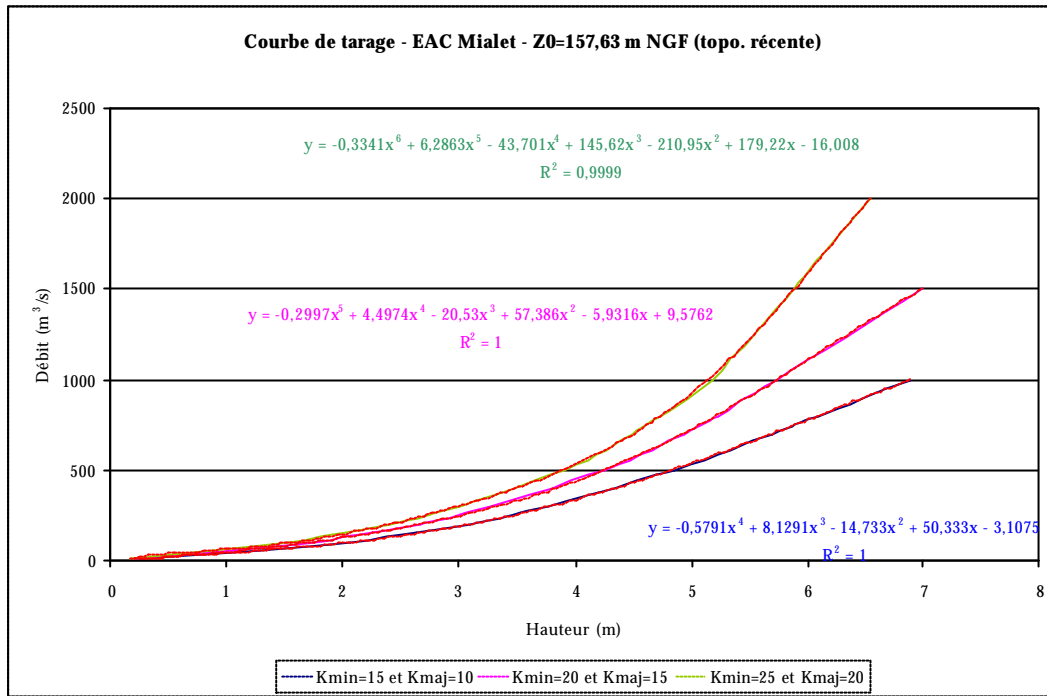


Figure 8 : Détermination d'une loi $Q=f(h)$ pour la courbe de tarage moyenne établie à l'EAC de Mialet

II.2. Estimation des débits

Une fois ce barème déterminé, il est possible de reconstituer le débit de toutes les crues s'étant produites après 1892 (**Figure 9**). Pour cela, connaissant la hauteur d'eau à l'échelle d'annonce de crue et la date à laquelle l'événement s'est produit, il suffit de se référer au barème ci-dessus et d'appliquer la formule correspondante.

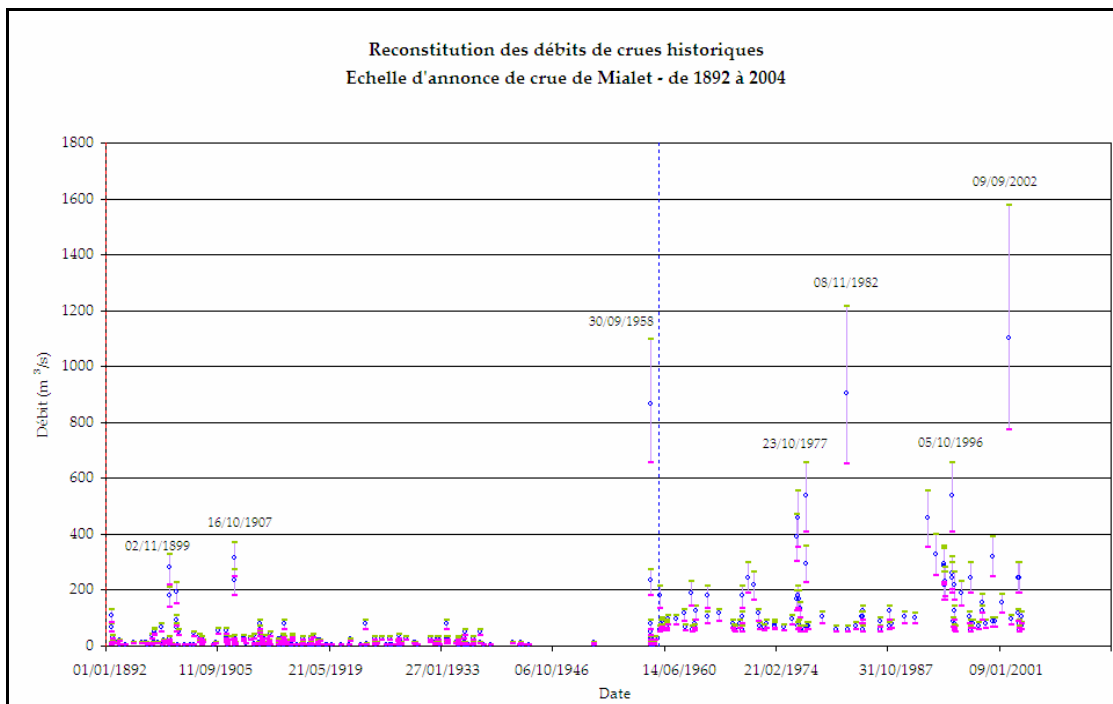


Figure 9 : Reconstitution des débits de crues historiques au niveau de l'EAC de Mialet

Le rond bleu indique le débit reconstitué d'une crue donnée. L'incertitude sur les débits est représentée en violet, les extrémités symbolisant les débits maximaux (en vert) et les débits minimaux (en rose). Le trait vertical bleu indique le changement d'échelle (supposé).

II.3. Vérification et validation des résultats

Comme indiqué précédemment, nous disposons de repères de crue pour l'événement de 1958. Nous pouvons ainsi voir si la ligne d'eau correspondant au débit reconstitué pour la crue de 1958 coïncide avec ces repères.

D'après le document répertoriant les cotes de crues journalières de 1892 à 2004 fourni par nos collaborateurs, la hauteur maximale atteinte à l'EAC en 1958 est de 7,00 m (le 30/09/1958). D'après notre barème, le débit moyen correspondant est de $867 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. La ligne d'eau calculée avec ce débit et un couple de coefficients de Strickler moyens ($K_{\min} = 20 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$ et $K_{\text{maj}} = 15 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$) est représentée **Figure 10**. La ligne d'eau minimale est obtenue pour un débit de $657 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et pour un couple de Strickler maximal ($K_{\min} = 25 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$ et $K_{\text{maj}} = 20 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$). De même, la ligne d'eau maximale est obtenue pour un débit de $1100 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et pour un couple de Strickler minimal ($K_{\min} = 15 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$ et $K_{\text{maj}} = 10 \text{ m}^{1/3}.\text{s}^{-1}$).

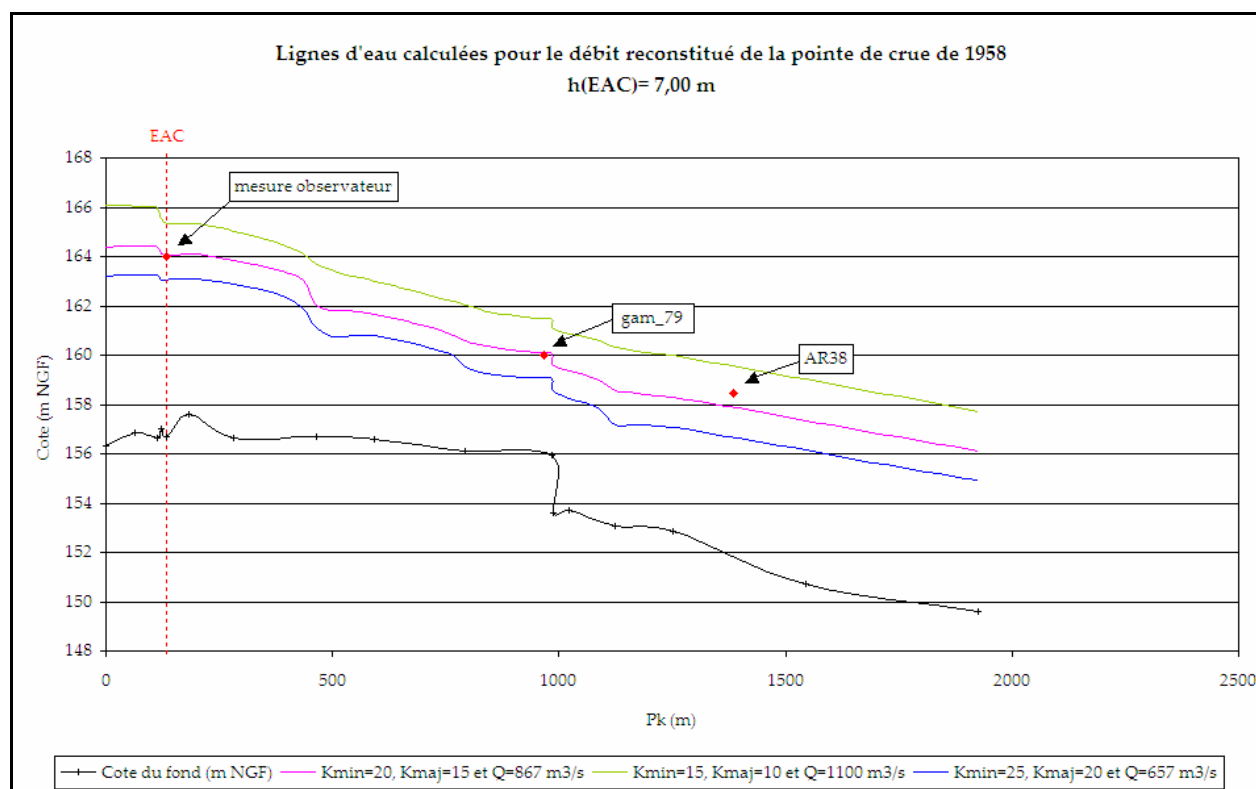


Figure 10 : Lignes d'eau telles que la hauteur à l'EAC soit de 7,00m – crue 1958

La ligne d'eau calculée pour la crue de 1958 est cohérente avec les repères relevés sur le terrain.

III. Analyse probabiliste des débits de crue à Mialet

III.1. Série de débit utilisée et représentation des incertitudes

La série traitée va résulter de deux sources de hauteurs :

- Echelle d'annonce des crues à Mialet (1892-2005). La courbe de tarage (CT) modèle « 2006 » à partir des relevés de 2006 pour la période de 1959 à 2006 ; et une CT modèle « ancien » avant un changement d'échelle supposé être survenu après la crue de 1958
- Recueil d'informations issues du classement qualitatif des crues et de la base de données des hauteurs de crues anciennes établis par les historiens : 1741-1891.

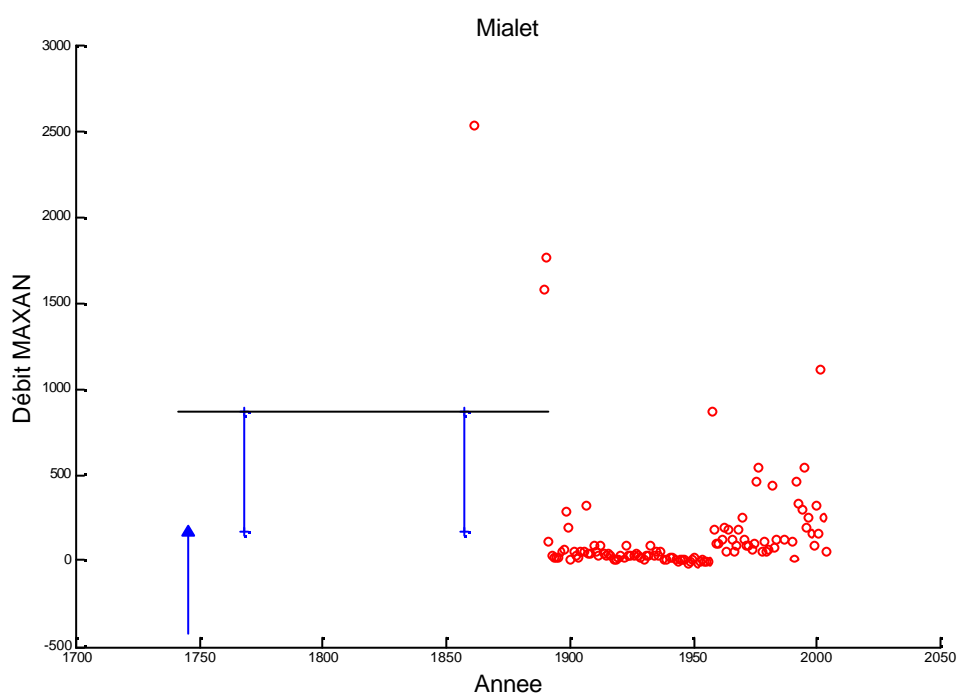


Figure 11. Série de débit de pointe à Mialet (1741-2005)

Correction d'incohérences

Deux incohérences ont été notées entre la base de données HistoCrues de la DDE du Gard et les relevés de crue issus de cette enquête historique.

* Crue du 23/10/1977 à Mialet: la cote est de 4.4m dans les relevés journaliers, et seulement 3.3m en valeur historique. La valeur de 4.4 m issue des relevés journalier a été prise en compte.

* Crue du 8/11/1982 à Mialet: une cote de 5.5m en historique. La chronique journalière présente de nombreuses lacunes durant cette période. On trouve deux valeurs : 4 m et 5.5 m. Celle-ci pose un problème. En effet d'après les relevés disponibles la crue se serait élevée de 2 m en 15 mn, ce qui paraît assez improbable. Cependant, comme on indique que l'échelle a été dépassée (elle fait 3,5 m de hauteur), la cote 4 mètres est en effet la plus plausible et a été retenue.

La **Figure 12** présente les hauteurs transformées en débit d'après les courbes issues des modélisations hydrauliques, avec un changement d'échelle en 1958. Il n'y a pas d'information sur cette date de changement d'échelle, et de toute évidence, la cassure qui apparaît à cette date montre qu'elle n'est certainement pas bien choisie. On note par ailleurs une variabilité plus forte après 1958. Des essais avec d'autres dates de changement d'échelle n'ont pas donné de meilleur résultat. L'homogénéité de ce jeu de données est donc faible, et les résultats en terme de quantiles estimés seront imprécis.

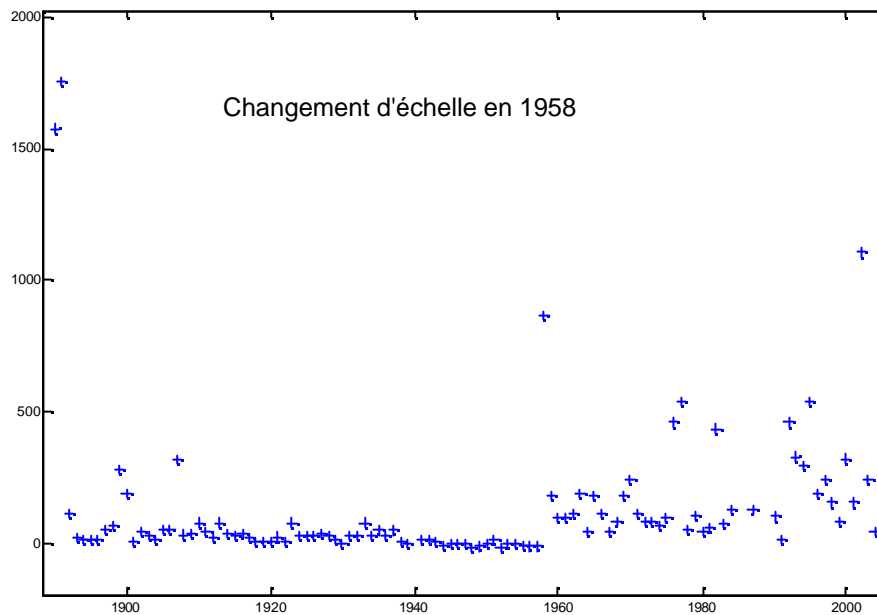


Figure 12. Valeurs maximales annuelles de débit à Mialet (1892-2005), en ordonnée : débit en m³/s.

Seuils de perceptions

Sur la période 1741-1891, il a été pris à 867 m³/s, qui correspond à la cote d'alerte de la station à partir de 1892

Erreurs de courbes de tarage

Deux erreurs vont être modélisées :

- Pour les données avant le 30/09/1958, erreur multiplicative [0.75 ;1.3]
- A partir du 30/09/1958, on prendra [0.7 ;1.4]

III.2. Distribution des valeurs maximales annuelles

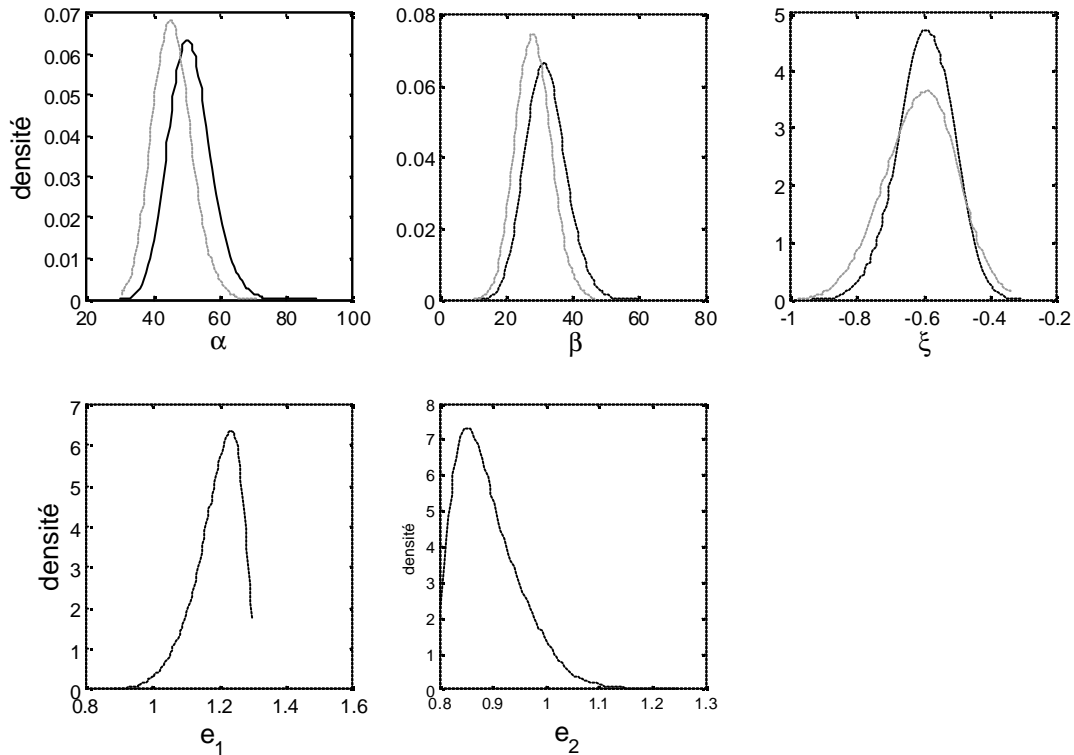


Figure 13. Distribution des paramètres de la loi GEV, et des erreurs sur la courbe de tarage

Sur la **Figure 13** les traits noirs représentent les résultats en prenant en compte toutes les données et les erreurs de CT, les traits clairs représentent les résultats en prenant les données 1892-2005, sans erreur de courbe de tarage. Les densités des erreurs multiplicatives e_1 et e_2 sur les courbes de tarage (avant et après 1958) ne contiennent la valeur 1 qu'en queue de distribution : le modèle probabiliste identifie une erreur systématique de CT. Les données avant 1958 semblent sous-estimées, et celles après 1958 sur-estimées.

Sur la **Figure 14** (traits forts pour l'ensemble des données, traits faibles avec les données 1892-2005), la prise en compte des informations antérieures à 1892 ne modifie pas sensiblement les estimations dans ce cas, ce qui s'explique peut-être par le fait qu'il y a peu de crues anciennes répertoriées. Seule une légère diminution de l'étendue des intervalles de probabilité peut être notée. (la prise en compte des événements anciens. Il est intéressant de noter que l'ajustement aux fréquences empiriques semble excellent, alors que de toute évidence, l'homogénéité du jeu de donnée est très mauvaise. Ceci démontre qu'un bon ajustement visuel n'est pas suffisant pour garantir la fiabilité des estimations de quantiles...

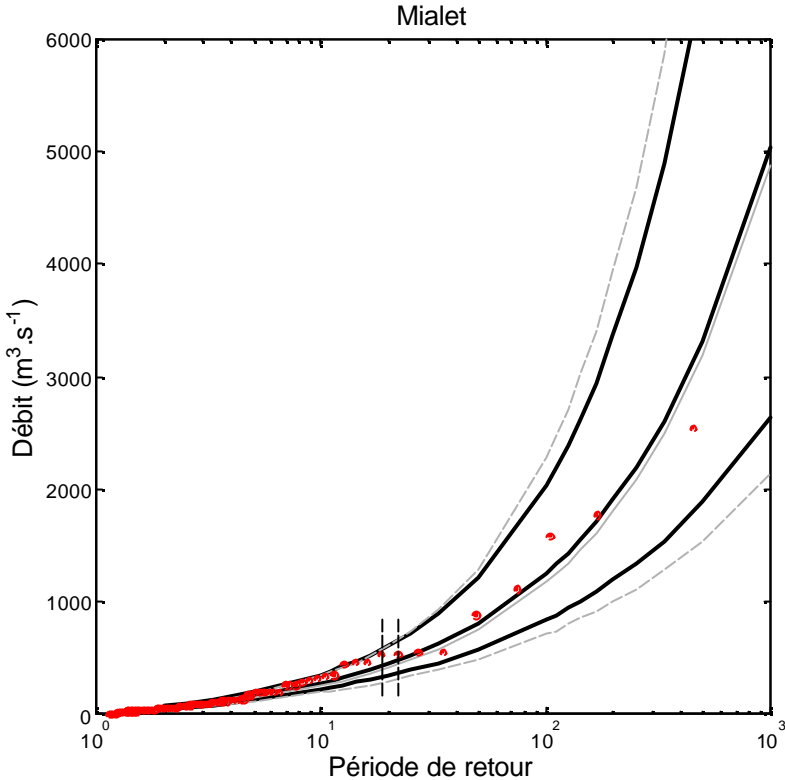


Figure 14. Loi GEV sur les valeurs maximales annuelles à Mialet