

Annexe 2 : Hérault à Gignac

<i>Hérault à Gignac</i>	1
<i>I. Recueil de données</i>	2
I.1. Topographie et reconstitution de l’évolution verticale du lit.....	2
I.2. Analyse des données hydrologiques	5
<i>II. Reconstitution des débits à Gignac</i>	8
II.1. Définition d’un barème.....	8
II.2. Estimation des débits.....	11
<i>III. Analyse probabiliste des débits de crue à Ganges</i>	12
III.1. Série de débit utilisée et représentation des incertitudes	12
III.2. Distribution des valeurs maximales annuelles	13

I. Recueil de données

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

La station hydrométrique considérée se situe environ 400 m en aval du Pont de Gignac où passe la nationale N 109 et 500m en amont du seuil de Granoupiac. Le tronçon étudié, long de 7 km contournant la ville de Gignac, est borné en amont par le barrage de la Meuse et en aval par la confluence avec la Lergue. A ce niveau, l’Hérault draine un bassin versant de 1312 km².

- Les données récentes disponibles

Nous disposons des relevés topographiques effectués en 1999 par le bureau d’études du BCEOM dans le cadre du projet «Etude des crues de l’Hérault » demandé par la Direction Départementale de l’Equipement de l’Hérault. Ces relevés de sections en travers concernent le tronçon de 7 km contournant la ville de Gignac (figure 4.5). Les sections sont assez espacées de l’ordre de 300m, ce qui diffère de la topographie plus précise récoltée lors des trois études précédentes. Néanmoins, dans les sections levées, le lit mineur et le lit majeur bénéficient d’un relevé précis. Le lit majeur est suffisamment couvert et n’aura pas nécessité d’un complément à l’aide de cartes IGN.

Deux ponts existent sur ce tronçon : le pont de Lagamas, qui oppose une résistance négligeable et qui ne sera donc pas modélisé et le Pont de Gignac, daté du XVIII^{ème} siècle, à trois arches qu’il faudra modéliser. Deux seuils sont aussi présents : le seuil de Granoupiac et le seuil de Carabote, tous deux en aval de la station hydrométrique et qui ont une influence non négligeable. De ces données, est construit le modèle numérique du bief envisagé. A noter que les coordonnées X, Y sont en Lambert III et les Z en mètres NGF.

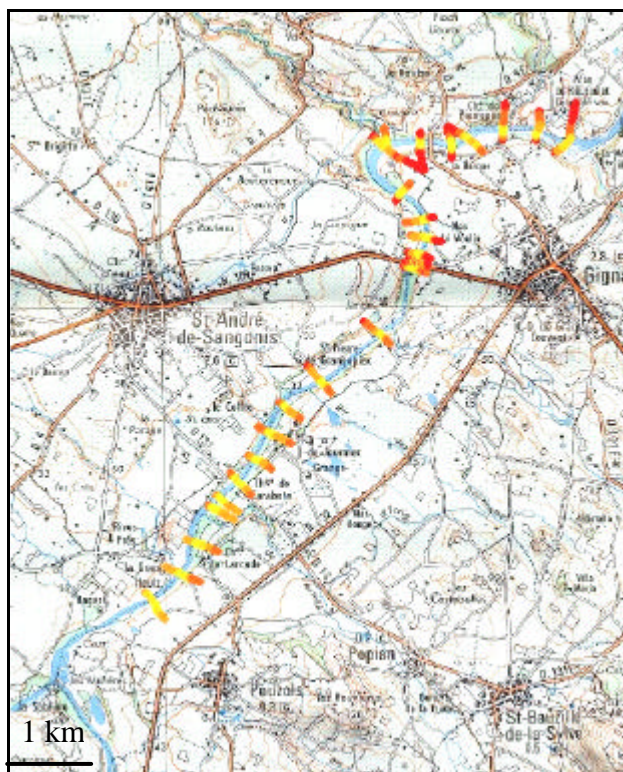


Figure 1: Vue en plan des profils en travers relevés sur le terrain (1999)

- Les données anciennes

Le tableau 4.4 recense les données topographiques historiques disponibles sur le secteur de Gignac. Le seul profil ancien complet est celui des Grandes Forces Hydrauliques de 1921. Il est fortement conditionné par les seuils.

Document	date	Description de l’information	Source
Grandes forces Hydrauliques	1921	Profil en long de l’Hérault	
Etude générale de navigation entre Gignac et Agde. Service de la Navigation.	1842	Profil en long de l’Hérault du Moulin de Gignac au Canal du Midi- ligne d’eau de la crue de 1825	3 S 156
Archives de la Police de l’eau (AD 34) avec en particulier :			7 S 32-73
Barrage Cauquil (utilisation de l’eau)	1811 à 1940	Profil en long et en travers à l’aval du Moulin de Gignac 1884.	7 S 44
Travaux en RD de l’Hérault à l’amont du Pont de Gignac	1891	Profil en long et en travers entre le moulin de Gignac et le Pont de Gignac	7 S 45
Demande d’extraction en RD de l’Hérault	1891	Profils en travers + cote de la crue du 18 oct. 1868	7 S 45

Tableau 1 : sources de données topographiques exploitées pour le site de Gignac

On dispose également de plusieurs études ponctuelles dans la série S des archives départementales de l’Hérault et d’une étude plus globale de 1842 (dossiers 3 S 155-157), effectuée en vue de tester l’hypothèse de la chenalisation de l’Hérault entre Gignac et Agde. Cette étude fournit des profils en long détaillés, mais en cotes relatives, sans indications de cotes de référence et difficile à interpréter compte tenu de l’instabilité du lit (modifications des seuils, extractions). La section n’intéresse pas directement le domaine d’étude puisqu’elle ne débute qu’au moulin de Gignac soit à l’aval de l’échelle de crue (SPC) actuelle. La série S (7 S 45 et 7 S 46 en particulier) fournit des profils en large ou en long entre le moulin de Gignac et le pont de Gignac. Mais la relative pauvreté des données topographiques anciennes confirme le désintérêt des autorités pour l’Hérault sauf dans sa partie aval (navigabilité).

- Présentation de la synthèse des profils topographiques

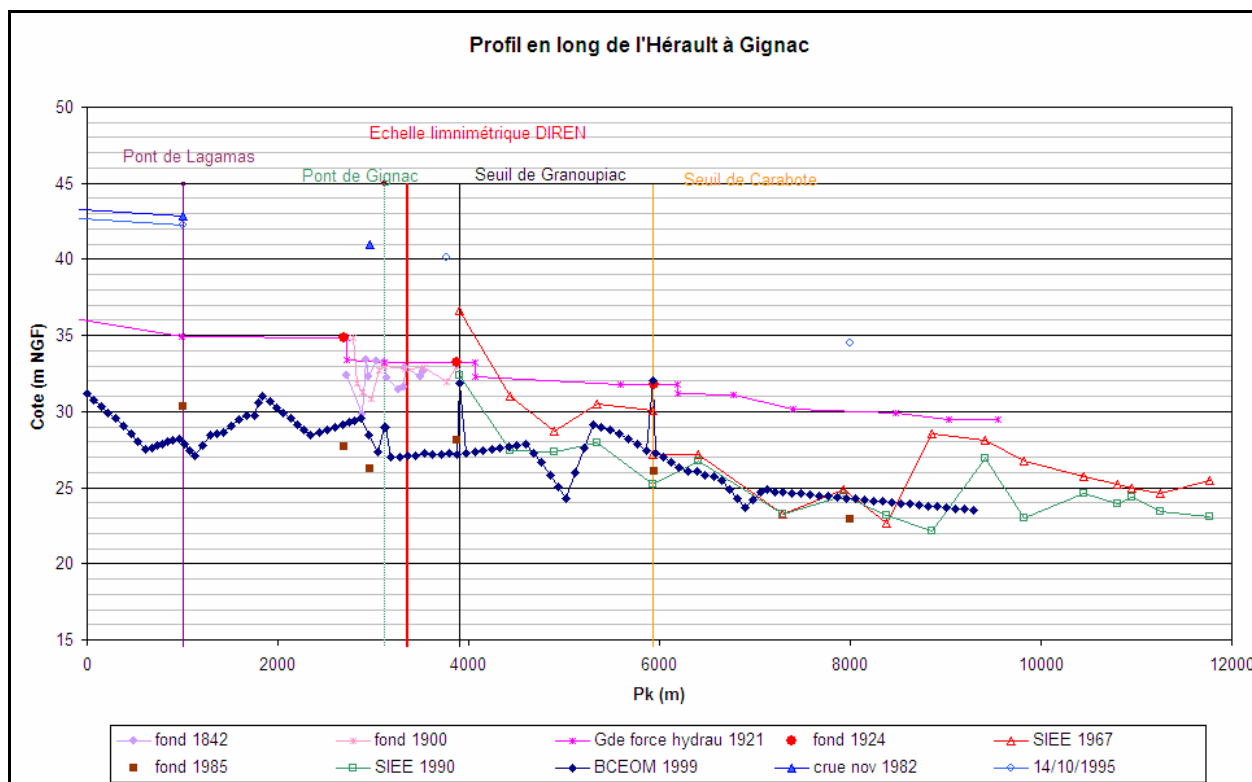


Figure 2 : profil en long du lit de l’Hérault et lignes d’eau de quelques crues à Gignac

- Périodisation de l’évolution topographique du lit dans la section étudiée

Le lit de l’Hérault a subi de profonds changements topographiques dans le secteur de Gignac (figure 4.6). Le niveau actuel du fond (PPRi 2004) est en moyenne à cinq mètres en dessous du niveau de 1921. L’approfondissement du lit est déjà bien visible sur les profils de 1967, mais le profil du fond est très irrégulier, lié probablement aux extractions locales. La majeure partie de l’approfondissement s’est faite dans les années 1970 et 1980. Les cotes du fond de 1985 sont proches voire parfois inférieures aux niveaux de 1990 (SIEE/Cemagref) et de 2004. Le rapport de 1991 du groupement CEMAGREF et bureau d’étude SIEE, *Géomorphologie de l’Hérault entre Bêlarga et Gignac*, réalisé pour le compte du Conseil Général de l’Hérault (CG34) qui fournit une analyse des conséquences des extractions massives de matériaux sur l’hydrologie du fleuve confirme cet état de fait. Il est encore trop tôt pour juger des effets de l’arrêt des extractions en lit mineur intervenu à la fin des années 1990.

Compte tenu des données topo disponibles nous avons choisis de construire 4 modèles à Gignac :

i) Le modèle récent : construit à partir des levées topographiques du BCEOM dans le cadre de l’étude des crues de l’Hérault en 1999, on l’appliquera à partir de 1990.

ii) Premier modèle ancien

Nous constatons que le profil en long de 1990 (vert) est très proche de la topographie de 1999 dont nous disposons (bleu). Cependant, elle diffère en un point : le seuil de Carabote n’était

pas présent en 1990. Ce modèle est développé en gardant les caractéristiques de la topographie récente mais en supprimant le seuil de Carabote.

iii) Deuxième modèle ancien

La topographie de 1967 (rouge) met en évidence les extractions de matériaux qui ont eu lieu dans le lit mineur en aval du seuil de Granoupiac. La topographie du lit mineur récent sera alignée avec le profil en long de 1967 : rehaussée sur une dizaine de sections en aval ainsi qu’entre les deux seuils. On constate également qu’au niveau de la section du seuil de Granoupiac, un autre seuil, plus élevé, était présent en 1967 ; nous l’intégrerons au modèle. En amont de ce seuil, la topographie récente sera calée sur le fond du lit de 1921.

iv) Troisième modèle ancien

La topographie récente est rehaussée de 4 à 6 m en moyenne et tous les seuils sont supprimés.

I.2. Analyse des données hydrologiques

→ les données hydrométriques récentes

A Gignac, deux sites ont accueilli des échelles de mesure. La Diren gère une station située à 400 m à l’aval du pont de Gignac. Les données sont disponibles depuis 1989. A la station DDE du Pont de Lagamas, on dispose des limnigrammes des principales crues depuis 1982, exploitées dans le cadre de l’étude des crues de l’Hérault du BCEOM en 1999.

→ les données anciennes

○ Chroniques hydrométriques

Pour les données anciennes, il n’existe que peu d’études sur les crues historiques de l’Hérault. Les données originelles de l’ancien SAC de l’Hérault créé en 1890 et dont de nombreux documents mentionnent l’existence au moins jusqu’en 1940 n’ont pas été retrouvées. La principale référence est l’étude de Rougé (1958) qui fournit une chronique des crues à Gignac de 1890 à 1958. La série est interrompue de 1945 à 1950 sans que nous connaissions les raisons de cette interruption.

Le dossier des archives départementales de L’Hérault 3 S 200, très riche pour Ganges (une cinquantaine de cotes de hauteur entre 1868 et 1910), est en revanche plus pauvre pour Gignac pour les raisons indiquées plus haut. Dans le cahier de la circonscription de Lodève, seules quatre crues sont référencées à Gignac : 1868, 1875, 1890 et 1900 mais cette fois à la maison du batelier (ancien passage du bac à Gignac avant la construction du Pont suspendu) soit près de l’emplacement du Pont Suspendu de Lagamas.

○ Niveaux d’eau ponctuels

Les fiches PHE fournissent les informations (X, Y, z) des repères de crues. Elles ont été élaborées par les services de la DDE au cours des années 1980 et 1990 et sont constituées d’un plan de localisation, d’une photographie du lieu ou du bâtiment support et des cotes NGF du repère de nivellement et des repères ou laisse de crue. Sur Gignac, les fiches PHE recensent les repères de crue au Barrage de la Meuse (11 repères de 1868 à 1994). La base de données donne les altitudes en NGF de ces repères.

Il existe enfin des profils dans la série S qui ont pu fournir ponctuellement des niveaux d’eau (niveau de crue ancienne) mais qui sont difficiles à exploiter topographiquement (cotes relatives et repère impossible à retrouver). C’est le cas pour les dossiers 7 S 44, 7 S 45, 7 S 46

des archives départementales de l’Hérault relatif à des travaux entre le moulin de Gignac et le Pont de Gignac. Un profil en long est donné avec la ligne d’eau de la crue de 1890.

Type de document	Contenu	source
Rougé J., Hydrologie de l’Hérault, fleuve côtier méditerranéen	Hauteurs d’eau à Gignac et à Agde de 1890 à 1958 Quelques cotes pour les autres stations	Bull. de la Soc. Lang. De Géo. 1/1959 pp. 3-193
Fiche PHE	Nivellement des repères de crue historiques et des laisses de crues récentes au barrage de la Meuse	DDE34
Documents statistiques sur le régime des eaux et les hauteurs des crues 1869-1914	-relevé des hauteurs de crues de 1875 dans le département - observations pluviométriques de 1891 à 1914 - cahier avec hauteurs d’eau de 1868 à 1910	AD 34 3 S 200
Barrage Cauquil Services Vicinaux.	Ligne d’eau crue 21/9/1890 à l’aval du Moulin de Gignac Ligne d’eau des crues de 1868 et 1890	AD 34 liasse 7 S 44 AD 34 liasse 2 S 1019
Projet de construction du pont de Lagamas 1896		

Tableau 2 : récapitulatif des principales sources historiques d’information hydrométrique sur l’Hérault à Gignac

o Evolution des échelles

Le site de Gignac est le plus complexe des sites étudiés notamment à cause de l’historique des déplacements des échelles de crue et de la mobilité du lit, deux éléments qui sont d’ailleurs partiellement liés.

Il existe quatre générations d’échelles d’annonce de crue à Gignac. Les premiers relevés de la station d’annonce de crue débutent en 1890, l’échelle de crue se trouvant alors au Pont de Gignac (vieux pont), le zéro à 32,83 mètres d’altitude. Cette échelle ne semble pas avoir été déplacée jusqu’en 1968, date de la première modernisation du SAC. L’échelle d’annonce de crue a été déplacée en 1968 au Pont Suspendu (pont de Lagamas, construit en 1898 voir AD 34 liasse 2 S 1019), situé 1850 mètres à l’amont du premier. Le zéro de l’échelle a été alors placé à 34,95 mètres NGF. L’échelle a été à nouveau déplacée en 1982 pour suivre l’évolution du lit du fleuve, et son origine a été abaissée à 34,50 mètres NGF d’altitude, soit 45 cm plus bas. La nouvelle station limnimétrique automatique du SAC a été placée au Pont de Lagamas à 32,20 mètres NGF en 1995, soit 2,30 mètres plus bas que l’échelle observateur de 1982. Elle n’est opérationnelle que depuis 1999. L’échelle observateur à 34,50 m est toujours utilisée lors des pannes du système de mesure automatique.

La figure 4.7 ci-dessous récapitule l’évolution de la prise de mesure hydrométrique du SAC dans le secteur de Gignac.

L'échelle Diren depuis 1989 située à l'aval du seuil de Granoupiac a un Z0 = 31,58 mNGF.



Figure 3 : les repères de crue dans le secteur de Gignac

La chronologie des crues au vieux pont de Gignac et au pont de Lagamas est fournie dans la base de données. Les cotes sont à chaque station fournies en m NGF IGN 1969. La chronique complète est constituée des hauteurs au vieux pont de Gignac ou au pont de Lagamas, suivant la période. Une reconstitution des hauteurs au Pont de Gignac à partir des hauteurs au pont de Lagamas mesurée à partir de 1968 n'a pas été tentée, car la période 1968 à 1990 est caractérisée par une forte évaluation du lit. Ainsi il serait illusoire de déterminer une relation de type régression linéaire entre hauteurs à chacune de ces sections qui soit valable sur toute cette période. Aussi aucune hiérarchisation des crues à partir des hauteurs n'est proposée. Elle sera établie à partir des estimations des débits des crues.

II. Reconstitution des débits à Gignac

II.1. Définition d’un barème

Modèle récent

Nous reprendrons les résultats de l’étude de Renouf *et al.* (Cemagref Lyon) figurant dans l’Annexe 2.6 du rapport sur le «Contrôle de la qualité des courbes de tarage de la Banque HYDRO » (Août 2005). La courbe de tarage issue de la modélisation hydraulique suivant différentes hypothèses sur le Strickler est reproduite pour mémoire .

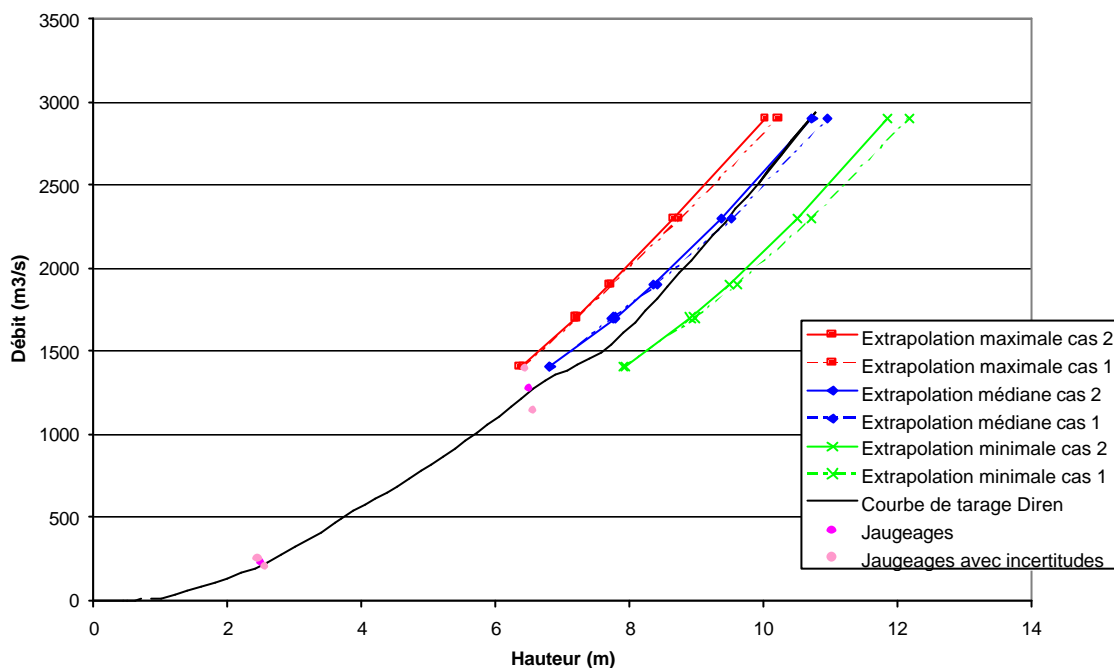


Figure 4 : Courbe de tarage « récente » de l’Hérault à Gignac, station Diren.

Modèle ancien

Nous avons constaté que le lit mineur de l’Hérault à Gignac a fortement évolué de 1921 à aujourd’hui. Nous ne disposons que de 4 profils en long exploitables pour la reconstitution du lit mineur (1921, 1967, 1990 et 1999) et au vu de son évolution, il est difficile de reconstituer les débits de crues s’étant produites entre chacune de ces dates. Une incertitude supplémentaire sur la topographie doit être prise en compte lors de la reconstitution des débits. Les courbes enveloppes sont obtenues en considérant les cas extrêmes, à savoir :

- la courbe correspondant au cas minimal (hauteurs d’eau minimales) est obtenue en prenant en compte la topographie d’altitude minimale et en effectuant les simulations avec un couple de Strickler (K_{min} ; K_{maj}) maximal ;
- la courbe correspondant au cas maximal (hauteurs d’eau maximales) est obtenue en prenant en compte la topographie d’altitude maximale et en effectuant les simulations avec un couple de Strickler (K_{min} ; K_{maj}) minimal ;

La courbe moyenne proposée est obtenue en moyennant les courbes de tarage correspondant au cas moyen (explication paragraphe 3.4.3) pour les deux topographies considérées.

Les **Figures 5 et 6** présentent les courbes utilisées pour la reconstitution des débits de crues s’étant produites entre 1968 et 1990. Les lois déterminées pour la reconstitution des débits de crues historiques au niveau de l’échelle d’annonce de crue de Gignac sont répertoriées sur la

Figure 7. Elles sont obtenues en traçant les courbes de tendance des courbes de tarages établies. L’écart entre ces deux courbes est à peine visible (**Figures 5 et 6**).

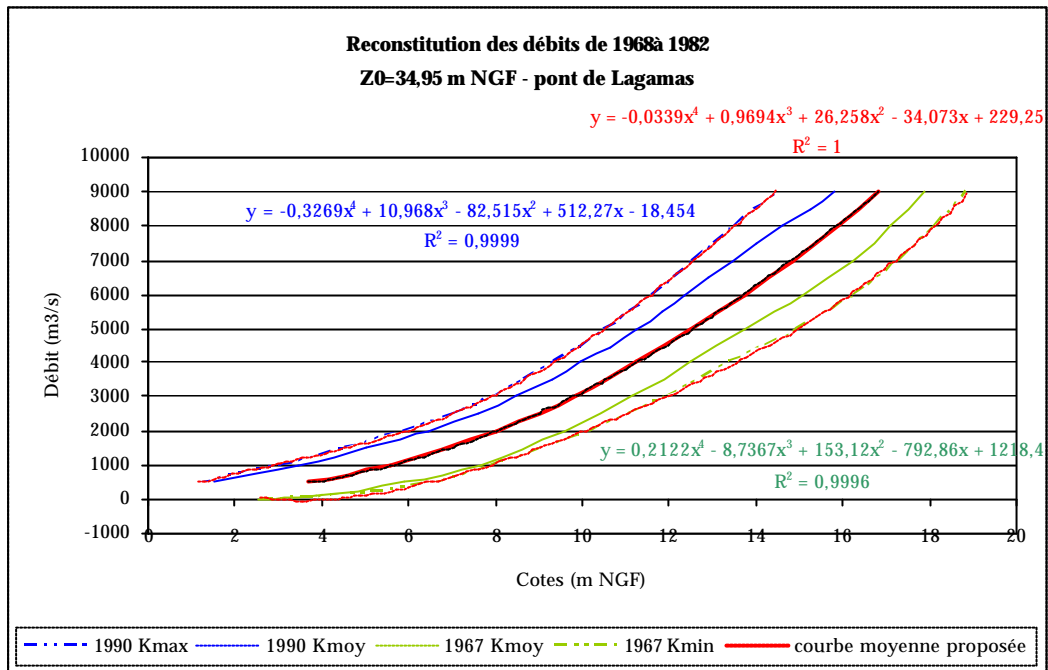


Figure 5. Reconstitution des débits de crues de 1968 à 1982

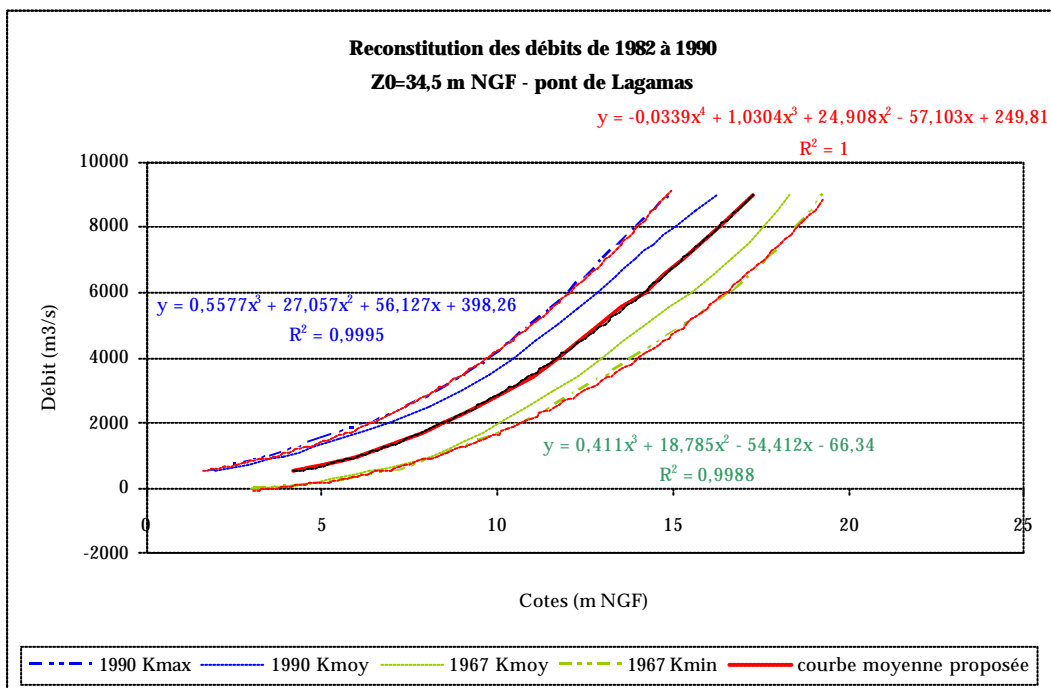


Figure 6. Reconstitution des débits de crues de 1982 à 1990

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

<u>Pour les crues de 1892 à 1921 compris, on utilise le modèle de 1921, l'incertitude porte sur les Strickler.</u>	
EAC pont de Gignac, Z0=32,83 m NGF	
Kmin-Kmaj	
20-10	$y = -0,2092x^4 + 8,8358x^3 - 79,995x^2 + 381,65x - 550,41$
25-12	$y = -0,377x^4 + 14,735x^3 - 139,5x^2 + 620,88x - 863,34$
30-15	$y = -0,6364x^4 + 23,825x^3 - 235,69x^2 + 1027,3x - 1425,6$
<u>Pour les crues de 1921 à 1967, on combine l'incertitude sur la topographie entre ces deux dates:</u>	
EAC Pont de Gignac Z0=32,83 m NGF	
topo 1921 - K(20-10)	$y = -0,2092x^4 + 8,8358x^3 - 79,995x^2 + 381,65x - 550,41$
CT moy. proposée - K(25-12)	$y = -0,377x^4 + 14,735x^3 - 139,5x^2 + 620,88x - 863,34$
topo 1967 - K(30-15)	$y = -0,582x^4 + 21,732x^3 - 201,18x^2 + 802,09x - 1127,3$
<u>Pour les crues de 1967, on utilise le modèle de 1967:</u>	
EAC pont de Gignac Z0=32,83	
Kmin-Kmaj	
20-10	$y = 0,0199x^5 - 1,234x^4 + 27,77x^3 - 228,02x^2 + 872,55x - 1253,3$
25-12	$y = -0,0111x^6 + 0,6696x^5 - 16,606x^4 + 214,56x^3 - 1438,6x^2 + 4815x - 6272$
30-15	$y = 0,011x^5 - 1,1077x^4 + 31,397x^3 - 285,95x^2 + 1153,7x - 1672,8$
<u>Pour les crues de 1968 à 1990, on ajoute une incertitude sur la topographie entre ces deux dates:</u>	
1/ de 1968 à 1982, EAC pont de Lagamas Z0=34,95 m NGF	
topo 1968 - K(20-10)	$y = 0,2122x^4 - 8,7367x^3 + 153,12x^2 - 792,86x + 1218,4$
CT moy. Proposée - K(25-12)	$y = -0,0339x^4 + 0,9694x^3 + 26,258x^2 - 34,073x + 229,25$
topo 1990 - K(30-15)	$y = -0,3269x^4 + 10,968x^3 - 82,515x^2 + 512,27x - 18,454$
2/ de 1982 à 1990, EAC pont de Lagamas Z0=34,5 m NGF	
topo 1968 - K(20-10)	$y = 0,411x^3 + 18,785x^2 - 54,412x - 66,34$
CT moy. Proposée - K(25-12)	$y = -0,0339x^4 + 1,0304x^3 + 24,908x^2 - 57,103x + 249,81$
topo 1990 - K(30-15)	$y = 0,5577x^3 + 27,057x^2 + 56,127x + 398,26$
<u>Pour les crues de 1990, on utilise le modèle de 1990:</u>	
EAC pont de Lagamas Z0=34,5 m NGF	
Kmin-Kmaj	
20-10	$y = 0,004x^6 - 0,2117x^5 + 4,103x^4 - 34,971x^3 + 144,96x^2 - 36,071x + 104,33$
25-12	$y = 0,0056x^6 - 0,321x^5 + 6,94x^4 - 70,112x^3 + 367,91x^2 - 670,32x + 836,77$
30-15	$y = 0,0002x^6 - 0,0409x^5 + 1,1733x^4 - 10,632x^3 + 53,499x^2 + 144,89x + 160,91$

Figure 7. Barème établi pour la reconstitution des débits de crues historiques de l’Hérault à Gignac

Notons CT1921 la courbe de tarage issue du modèle utilisant la topographie de 1921, CT1967 la courbe de tarage issue du modèle utilisant la topographie de 1967 et CT1990 la courbe de tarage issue du modèle utilisant la topographie de 1990.

Le débit des crues s’étant produites entre 1890 et 1921 seront reconstitués avec CT1921.

Le débit des crues s’étant produites entre 1922 et 1966 seront reconstitués avec la courbe de tarage comprise dans l’intervalle [CT1921- ;CT1967+].

Le débit des crues de 1967 seront reconstitués avec CT1967.

Le débit des crues s’étant produites entre 1968 et 1989 seront reconstitués avec la courbe de tarage comprise dans l’intervalle [CT1967- ;CT1990+].

Le débit des crues de 1990 seront reconstitués avec CT1990.

II.2. Estimation des débits

Une fois ce barème déterminé, il est possible de reconstituer les débits. 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.

Les **Figures 8 et 9** présentent les débits de crues reconstituées au pont de Gignac (de 1890 à 1967) et au pont de Lagamas (de 1968 à 1990).

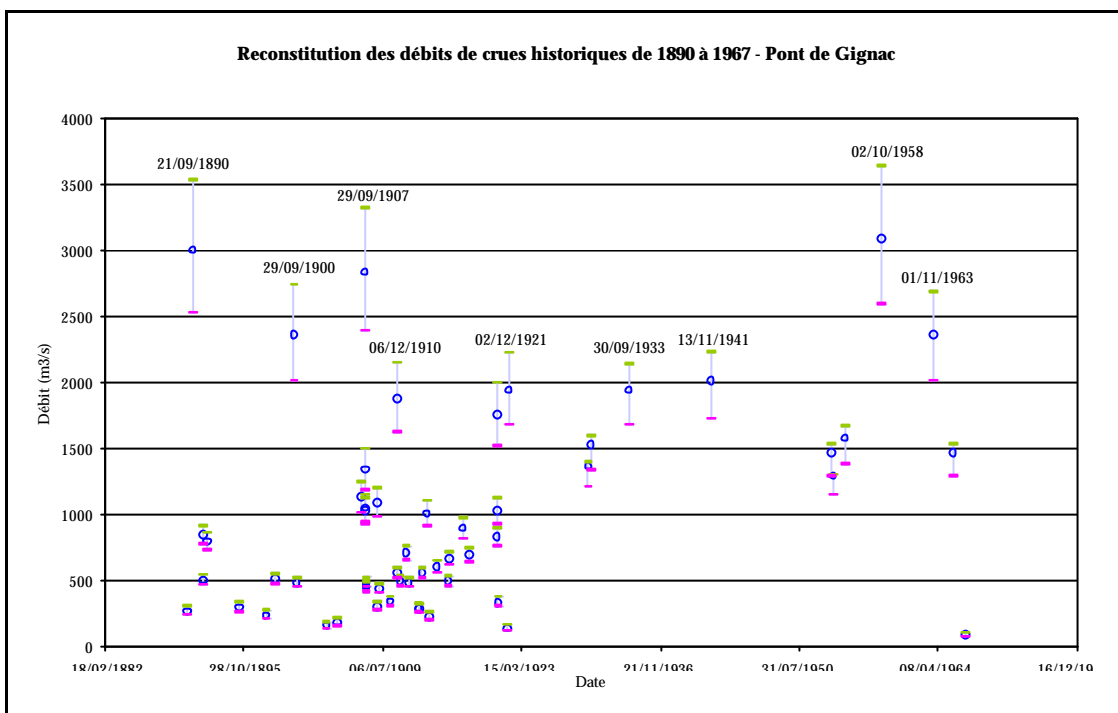


Figure 8. Reconstitution des débits de crues historiques au pont de Gignac

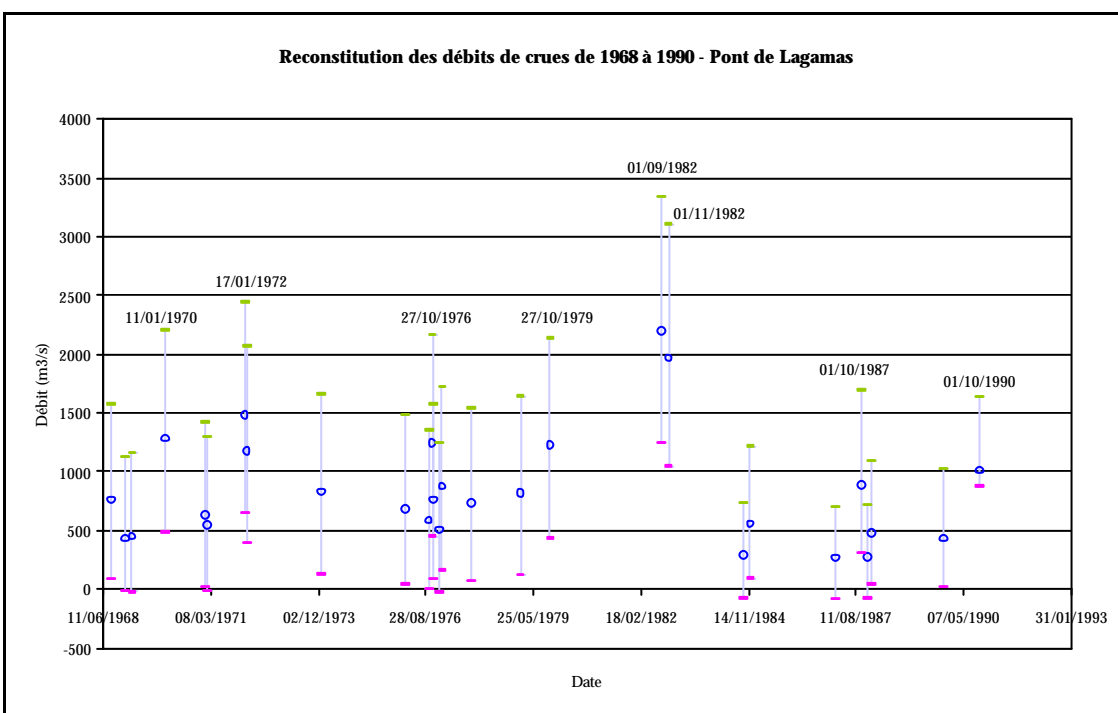


Figure 9. Reconstitution des débits de crues historiques au pont de Lagamas

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).

La reconstitution de la **Figure 9** concerne les débits de crues s’étant produites après 1968, date approximative à partir de laquelle les extractions de graviers sont devenues importantes. Les incertitudes obtenues sur les débits sont représentatives des incertitudes liées à la topographie du lit mineur.

Les lignes d’eau et NPHE recueillis ne sont pas assez nombreux pour que nos résultats puissent être validés.

III. Analyse probabiliste des débits de crue à Ganges

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

La série traitée va résulter de trois sources de hauteurs :

- Station DIREN à Gignac (1989-2005). Courbe de tarage (CT) issue du rapport de Renouf *et al.* (2005)
- Echelle d’annonce des crues à Gignac et Pont de Lagamas (1812-1988). CT modèle « 1921 » jusqu’en 1921 ; interpolation entre modèle « 1921 » et « 1967 » sur la période 1922-1966 ; CT modèle « 1967 » pour l’année 1967 ; interpolation entre modèle « 1967 » et modèle « 1990 » sur la période 1968-1988.

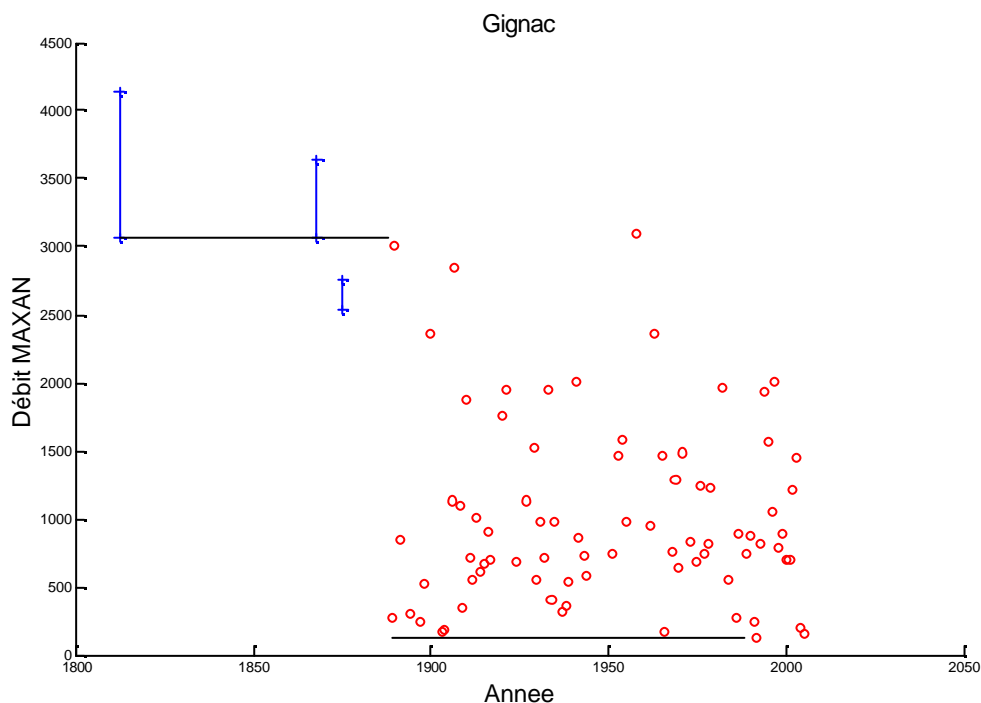


Figure 10. Série de débit de pointe à Gignac (1812-2005)

Seuils de perceptions

Les relevés de crue peuvent être considérés comme exhaustifs entre 1889 et 1988. On prendra donc comme seuil de perception la plus petite des valeurs de cette période, soit 125 m³/s. Pour les données antérieures, ce seuil est plus difficile à déterminer. Par exemple, la crue de 1847 qui était à Ganges du même ordre de grandeur (presque 2000m³/s) que les crues de 1868 et 1875 n’est pas relevée à Gignac. Encore une fois, par sécurité, il nous faut prendre un seuil de perception élevé, égal à la plus forte crue historique, soit 3065 m³/s pour la période 1812-1888.

Erreurs de courbes de tarage

Trois erreurs vont être modélisées :

- Pour les données anciennes avant 1921, erreur multiplicative [0.85 ; 1.2]
- Pour la période 1922-1967, on prendra [0.8 ; 1.2]
- Pour la période 1968-1988, on prendra [0.5 ; 1.7]
- Pour les données DIREN récentes 1989-2005, pas d’erreur pour les débits inférieurs à 1200m³/s, et [0.85 ; 1.2]

III.2. Distribution des valeurs maximales annuelles

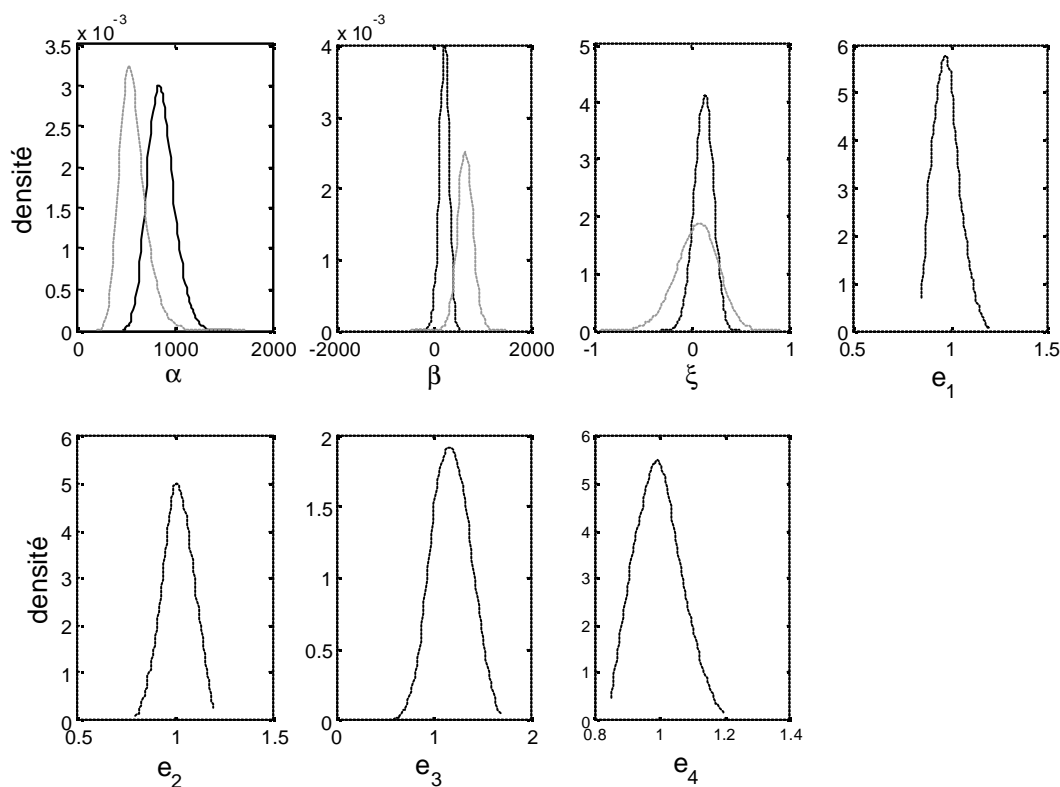


Figure 11. Distribution des paramètres de la loi GEV, et des erreurs sur la courbe de tarage

Sur la **Figure 11** 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 seulement en compte les données DIREN 1989-2005, sans erreur de courbe de tarage. Les densités des erreurs multiplicatives e_1 , e_2 , e_3 et e_4 sur les courbes de tarage (avant 1921 ; 1922-1967, 1968-

1988, à partir de 1989) contiennent toutes la valeur 1 : aucune erreur systématique de CT n’est identifiée par le modèle probabiliste.

La prise en compte des informations historiques conduit à des quantiles plus élevés (**Figure 12** ; triangles bleus pour les données récentes, rond rouges avec les données historiques). L’incertitude sur la distribution augmente fortement pour les fréquences rares, due à la très forte incertitude sur le paramètre de forme. En utilisant l’information historique, on réduit nettement cette incertitude, ce qui se répercute sur la courbe des quantiles. Étonnamment, et contrairement à ce que l’on observe pour les Gardons, le paramètre de forme est plutôt positif, ce qui correspondrait à un comportement sous-exponentiel. L’ajustement aux fréquences empiriques est plutôt bon pour les fréquences rares, par contre il existe un problème pour les crues plus fréquentes. En particulier, le modèle estime des quantiles de crue négatifs pour une période de retour inférieure à 1.5 ans ! Les problèmes de concordance entre les différentes courbes de tarage ne sont peut-être pas étrangers à cette incohérence.

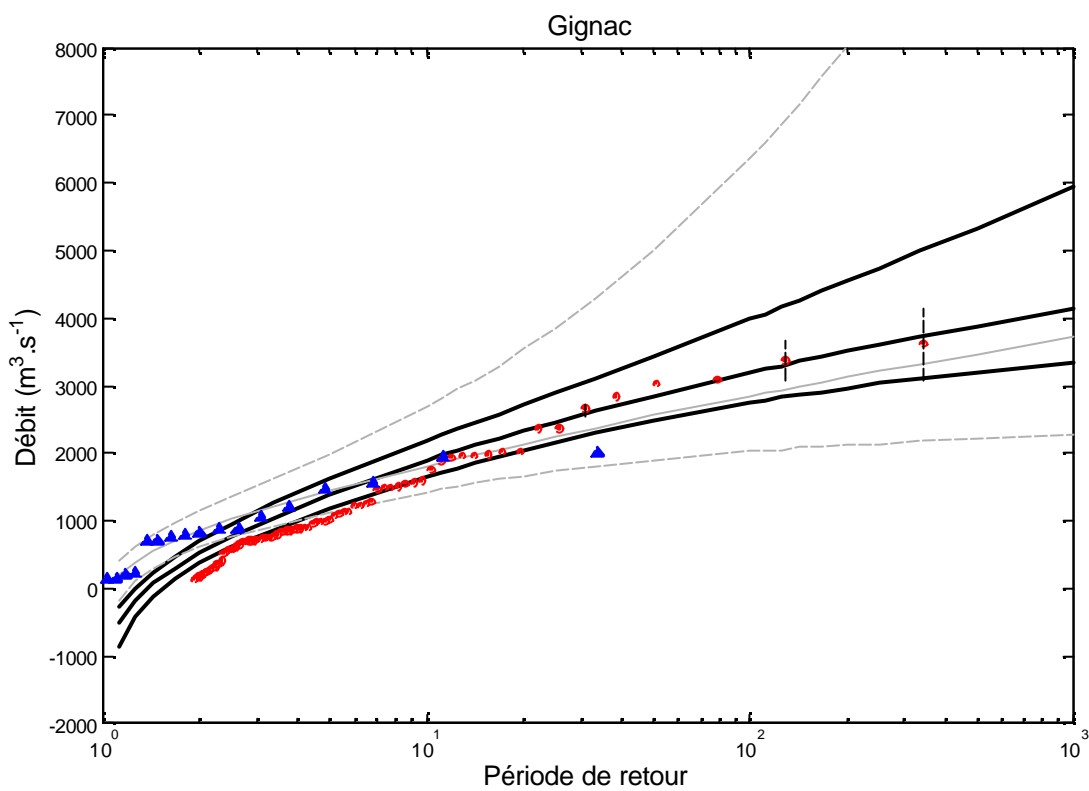


Figure 12. Loi GEV sur les valeurs maximales annuelles à Gignac