

# Étude hydrologique et hydraulique de la Rère et de la Nère

Étude hydrologique

Rapport d'étude

Juin 2025

## **Le Cerema est l'expert public de l'adaptation des territoires au changement climatique**

**Il est l'unique établissement national dont la gouvernance est à pilotage partagé entre l'État et les collectivités territoriales avec plus de 950 collectivités adhérentes. Il est présent dans l'Hexagone et dans les Outre-mer grâce à ses 27 implantations et ses 2 500 agents.**

Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques et projets d'aménagement et de transport. Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Le Cerema est un établissement public relevant du ministère de l'Aménagement du territoire et de la Décentralisation et du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche.

# Étude hydrologique et hydraulique de la Rère et de la Nère

## Étude hydrologique

Commanditaire : Syndicat du bassin des Sauldre

**Auteur : Rémi TRENKMANN**

Responsable du rapport

Laura BARREAU – Agence de Blois – Groupe Risques Inondations – Surveillance des Ouvrages et des Milieux

Direction Normandie-Centre – Agence de Blois  
11 rue Laplace – 41 000 BLOIS

### Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
A	06/06/2025	

### Références

N° d'affaire : 25-NC-0054

Partenaires : Syndicat du bassin des Sauldre

Devis n°DE-2024-0038274

N° NOVA :

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
TRENKMANN	AB / RISOM	Auteur principal	02/05/2025	RT
BARREAU	AB / RISOM	Relecteur	06/06/2025	LB
BARRIERE	AB / RISOM	Relecteur		

## Résumé de l'étude

Le Syndicat du bassin des Sauldre a fait appel au Cerema – Agence de Blois dans le cadre de l'amélioration de la connaissance des aléas par débordement de cours d'eau sur la Rère et la Nère, et pour connaître les apports de ces deux bassins versants lors d'épisodes de crue. La finalité de l'étude est d'identifier les actions à mettre en œuvre sur ces deux bassins versants pour limiter l'impact de la Rère et de la Nère sur les enjeux situés en aval.

### Le présent rapport ne concerne que l'étude hydrologique.

L'étude décrite dans le présent rapport s'attache à définir les périodes de retour associées à différents événements aux stations hydrométriques de la Rère à Theillay et de la Nère à Aubigny-sur-Nère. Elle doit permettre de disposer d'hydrogrammes de projets pour les modélisations hydrauliques de ces cours d'eau.

### 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Hydrologie	Rère
Période de retour	Nère
Sauldre	Inondation

### Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

## Contexte et objet de l'étude

La Sauldre est un affluent rive droite du Cher. Par conséquent, elle a été intégrée dans l'étude Prévention / Prévision / Protection (étude 3P) lancée par l'Établissement public Loire en 2019 et dont les résultats ont été finalisés en mai 2021. Cette étude, préalable pour l'élaboration de deux Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) sur le bassin du Cher (Cher amont et Cher médian et aval), a permis de définir 7 axes contenant chacun un certain nombre d'actions à mettre en œuvre.

Pour le PAPI Cher médian et aval, l'action 1-2 de l'axe 1 (connaissance et conscience du risque) vise à améliorer la connaissance dans les secteurs où l'aléa n'est pas connu. Cette action vise notamment la Rère, affluent rive gauche de la Sauldre et la Nère, affluent en rive gauche de la grande Sauldre (Figure 1).

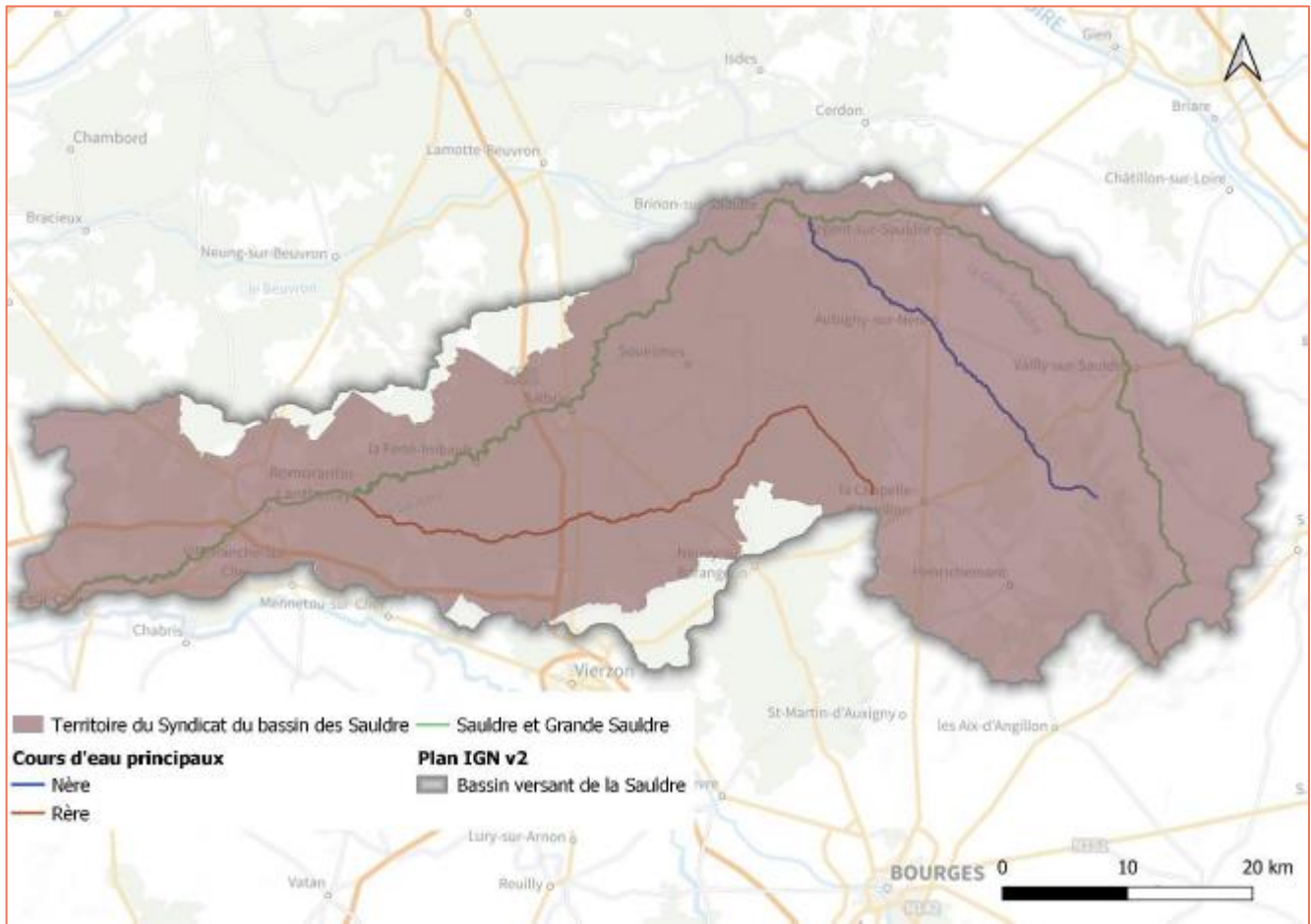


Figure 1 : territoire d'action du Syndicat du bassin des Sauldre

Le syndicat, qui couvre l'essentiel du bassin versant de la Sauldre souhaite améliorer la connaissance des aléas (débordement de cours d'eau) sur la Rère et sur la Nère, mais également connaître les apports de ces deux bassins versants lors d'épisodes de crue. La finalité de l'étude est de connaître les actions à mettre en œuvre sur les bassins versants de la Rère et de la Nère pour limiter l'impact de ces deux cours d'eau sur les enjeux en aval.

Afin de connaître les aléas et les apports de ces deux affluents de la Sauldre, il est nécessaire de mettre en œuvre des modèles hydrauliques. La reconstitution de ligne d'eau à partir de laisses de crue permet uniquement de disposer d'une connaissance de l'aléa. Afin de bien identifier le gain éventuel des aménagements proposés sur la Rère et la Nère, la modélisation 2D sur la Sauldre et la Grande Sauldre sera étendue.

# SOMMAIRE

---

Introduction.....	7
<b>1 Stations hydrométriques existantes.....</b>	<b>8</b>
1.1 Chroniques et ajustements.....	8
1.2 Régionalisation.....	12
1.3 Formes d'hydrogrammes de crues.....	14
<b>2 Transposition aux bassins versants.....</b>	<b>18</b>
2.1 Choix des bassins versants.....	18
2.2 Régionalisation des débits de pointe.....	18
2.3 Hydrogrammes par bassins versants.....	19
<b>3 Conclusion.....</b>	<b>21</b>
<b>4 Annexes.....</b>	<b>22</b>
4.1 Bibliographie.....	22
4.2 Table des figures.....	23
4.3 Table des tableaux.....	24
4.4 Ajustements statistiques des débits.....	25

# INTRODUCTION

Le syndicat du bassin des Sauldre, qui couvre l'essentiel du bassin versant de la Sauldre souhaite améliorer la connaissance des aléas (débordement de cours d'eau) sur la Rère et sur la Nère, mais également connaître les apports de ces deux bassins versants lors d'épisodes de crue. La finalité de l'étude est de connaître les actions à mettre en œuvre sur les bassins versants de la Rère et de la Nère (Figure 2) pour limiter l'impact de ces deux cours d'eau sur les enjeux en aval.

Afin de connaître les aléas et les apports de ces deux affluents de la Sauldre, il est nécessaire de mettre en œuvre des modèles hydrauliques. La reconstitution de ligne d'eau à partir de laisses de crue permet uniquement de disposer d'une connaissance de l'aléa. Afin de bien identifier le gain éventuel des aménagement proposés sur le Rère et la Nère, la modélisation 2D sur la Sauldre et la Grande Sauldre sera étendue.

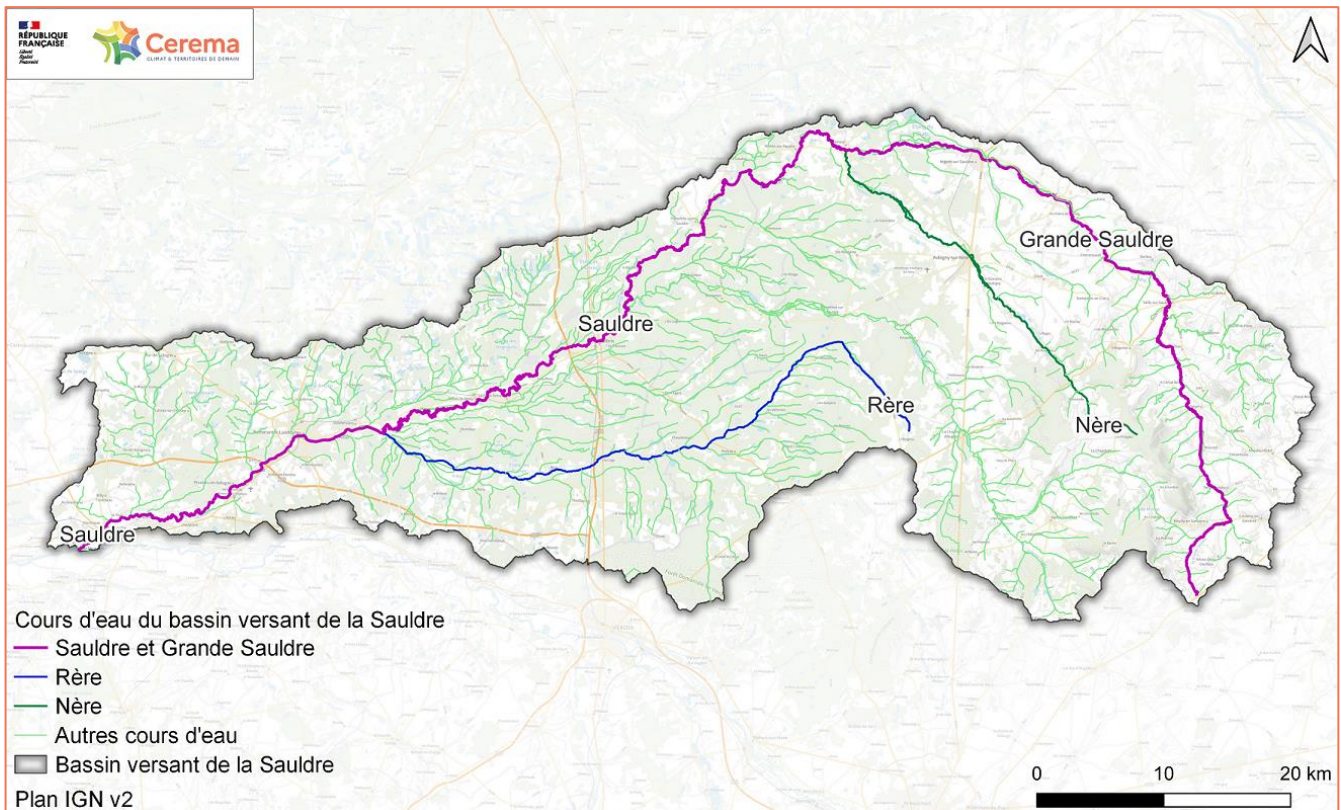


Figure 2 : cours d'eau du bassin versant de la Sauldre

# 1 STATIONS HYDROMETRIQUES EXISTANTES

Le bassin versant concerné par l'étude comporte sept stations hydrométriques actives :

K650252001 - La Sauldre à Salbris,

K645301001 - La Rère à Theillay,

K633251001 - La Sauldre à Brinon-sur-Mauldre,

K637302001 - La Petite Sauldre à Ménétrol sur Sauldre,

K633401001 - La Nère à Aubigny sur Nère,

K632251101 - La Sauldre à Concessault (non exploitée, chronique trop courte),

K632251001 - La Sauldre à Vailly-sur-Sauldre (non exploitée, pas de débits).

Toutes les stations citées ne seront pas utilisées avec les mêmes objectifs et seront donc traitées différemment suivant les usages.

Des analyses statistiques sur les débits journaliers et instantanés seront menées sur les stations de la Rère à Theillay et de la Nère à Aubigny-sur-Nère afin de pouvoir déterminer des débits de pointe pour des crues de plusieurs périodes de retour distinctes.

Les autres stations seront exploitées pour affiner les relations développées pour les sites non jaugés.

## 1.1 Chroniques et ajustements

La station de la Loge à Theillay sur la Rère (K645 3010) est active depuis juin 2010. La station a donc permis l'enregistrement de 15 ans de chroniques de débits.

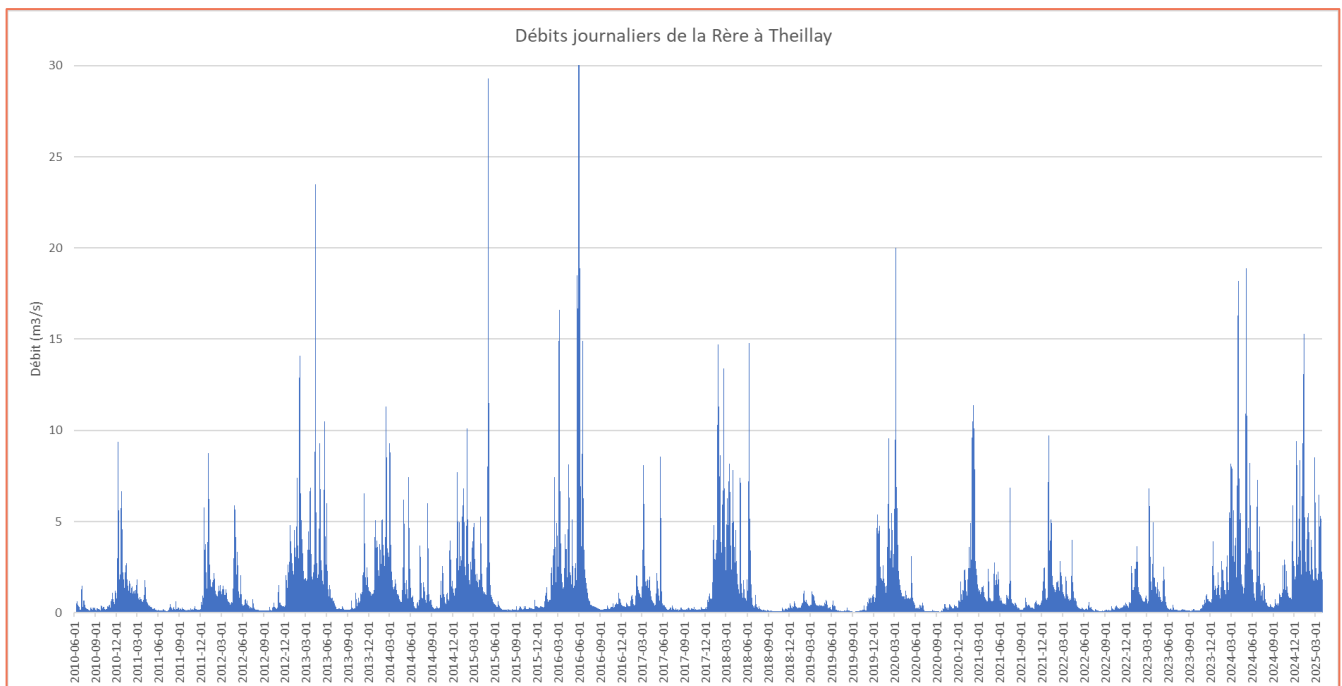


Figure 3 : débits journaliers de la Rère à Theillay

La crue de juin 2016 est en dehors de la zone d'affichage avec un débit journalier de 88 m<sup>3</sup>/s.

Plusieurs ajustements statistiques ont été testés sur la station de la Rère à Theillay. Les lois testées sont les lois les plus communément utilisées en hydrologie pour les événements extrêmes forts (loi de Gumbel et loi généralisée des valeurs extrêmes). Deux configurations seront cependant testées vis-à-vis de la constitution de l'échantillon de crues exploitées pour ajuster les lois.

En effet la crue de 2016, observée à la station, présente des caractéristiques la plaçant aux limites de classification comme un horsain<sup>1</sup>.

La valeur de débit maximum sur l'année hydrologique 2018-2019 est de façon certaine un horsain bas. Les ajustements sur Theillay se font donc sur une série de 12 et 14 valeurs.

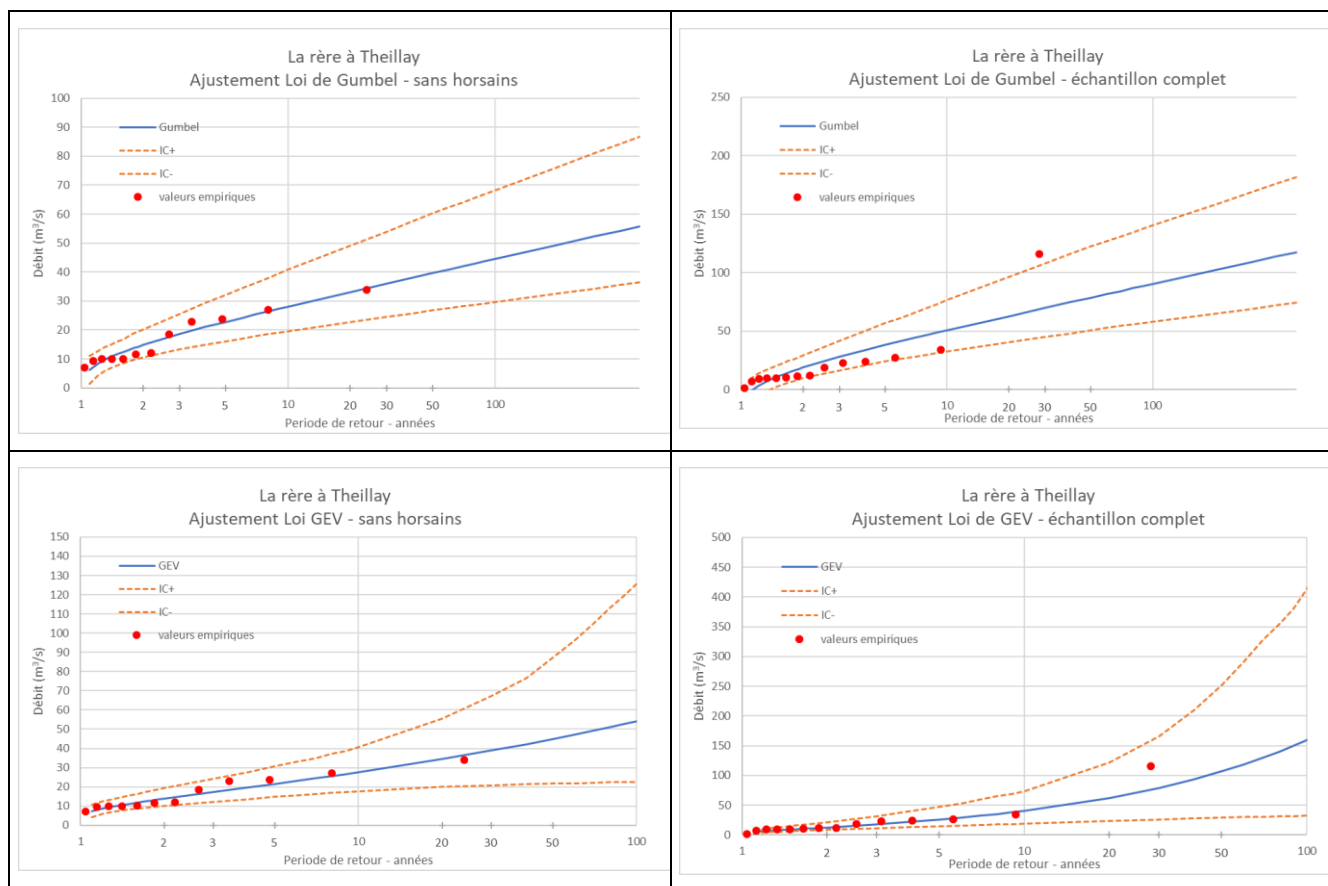


Figure 4 : Ajustements sur les débits instantanés à la station de le Rère à Theillay, intervalles de confiance (IC) à 95%.

La station d'Aubigny-sur-Nère (K633 4010) est active sur deux périodes, allant de 1971 à 2002 et de 2012 à maintenant.

<sup>1</sup> Horsain : évènement exceptionnel se traduisant par une donnée aberrante (en anglais outlier) dans les termes de la statistique des événements extrêmes. Terme utilisé par J M Masson.

(US department of interior - Geological survey - Office of water data coordination, 1982)

(Masson, 1992)

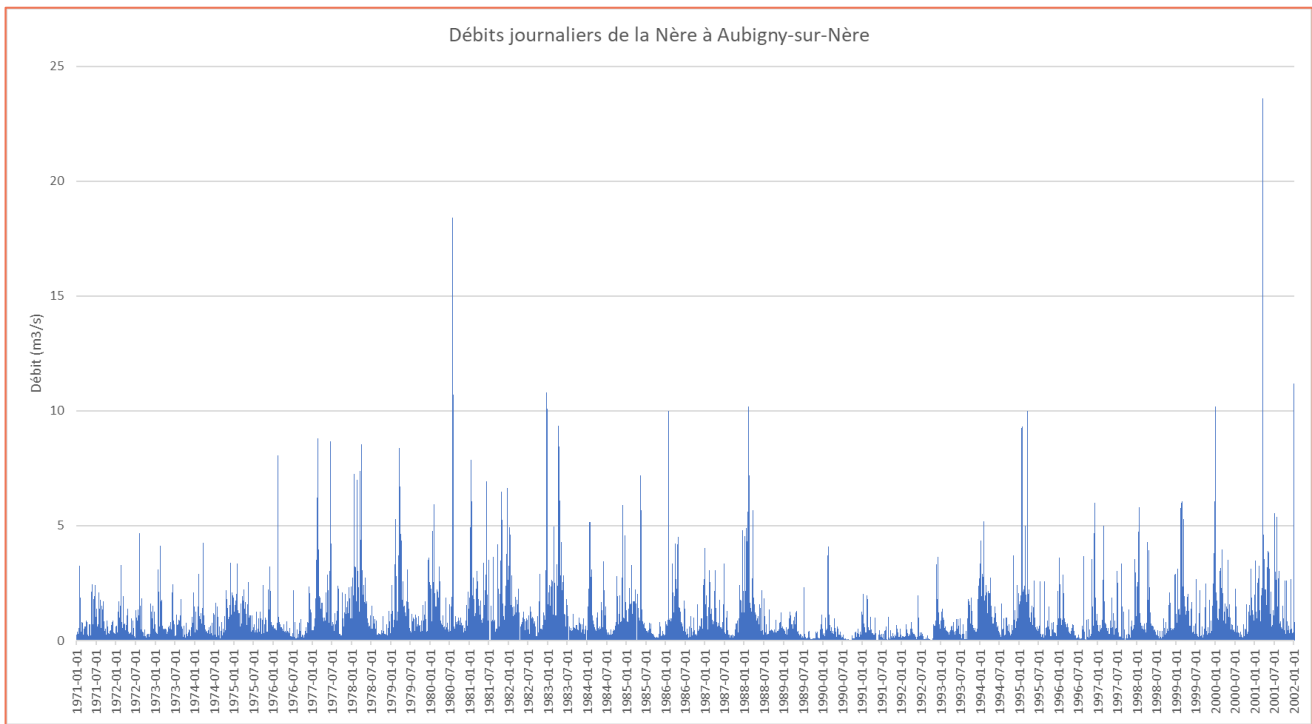


Figure 5 : débits journaliers maximaux sur la Nère, première période

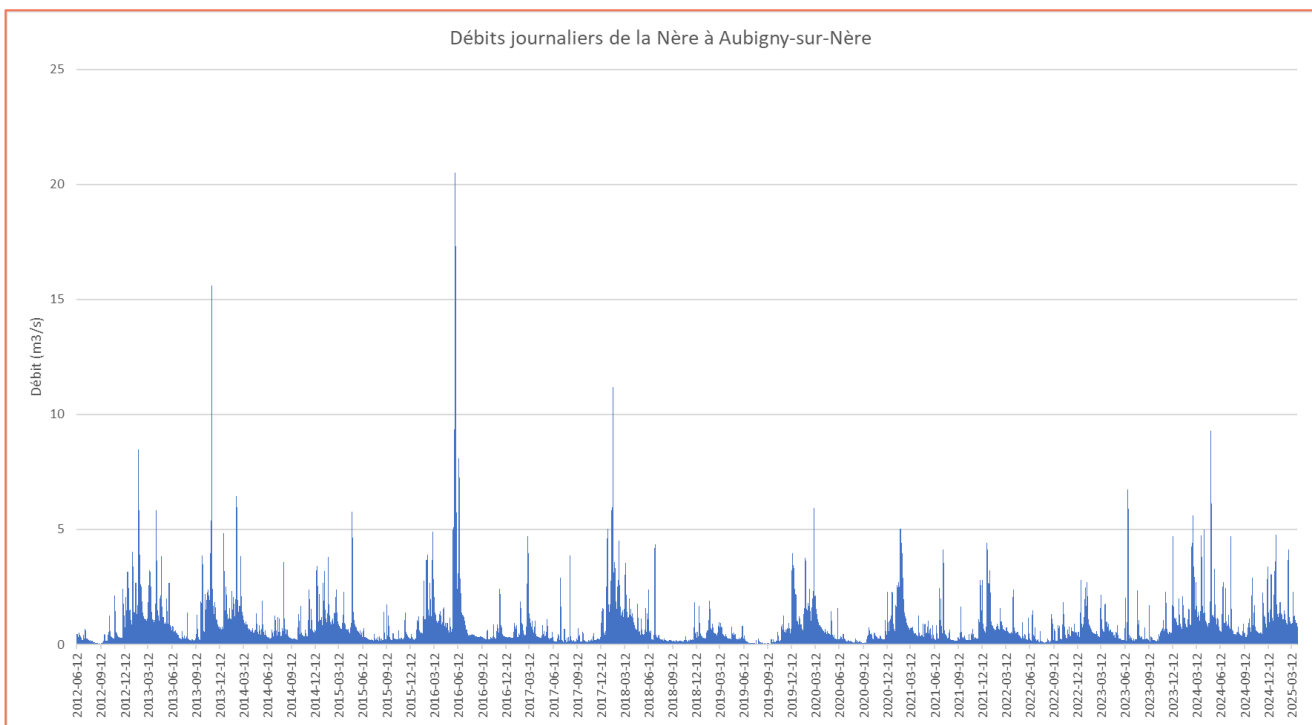


Figure 6 : débits journaliers maximaux sur la Nère, deuxième période

Les chroniques de débits maximaux annuels de la station observant la Nère à Aubigny-sur-Nère ne comportent pas de horsains. Les calculs sont cependant réalisés sur un échantillon de 31 valeurs uniquement, et non sur les 43 années hydrologiques mesurées du fait de la classification « douteuse » d'un certain nombre de mesures.

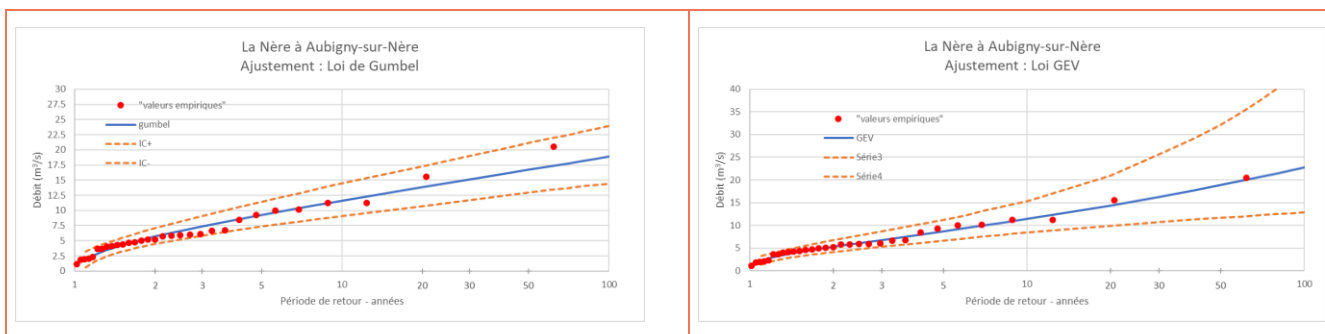


Figure 7 : ajustements possibles sur la Nère

Des deux ajustements testés sur les deux stations hydrométriques, la loi de Gumbel semble mieux adaptée que la loi GEV. La loi de Gumbel semble cependant insatisfaisante vis-à-vis de l'évènement de 2016 à Theillay.

Les ajustements réalisés sur les stations hydrométriques voisines (Brinon, Ménérol et Salbris) apportent des informations peu contrastées. Aucun ajustement ne se dégage comme meilleur que l'autre.

Nous proposons donc de retenir la loi de Gumbel pour les ajustements statistiques. Cette loi comprend moins de paramètres, est plus simple à manipuler et permet l'application de la méthode du gradex<sup>2</sup> en cas de besoin.

Les débits de pointe pour différentes périodes de retour aux stations de la Rère à Theillay et de la Nère à Aubigny-sur-Nère sont donc les suivants.

Tableau 1 : débits en m<sup>3</sup>/s pour différentes périodes de retour (T) aux deux stations hydrométriques de référence avec un intervalle de confiance de 95%

T	p	Theillay - Rère			Augigny-sur-Nère - Nère		
		Q	IC-	IC+	Q	IC-	IC+
2	0,5	14,9	10,5	20,2	5,7	4,5	7,1
3	0,66666667	18,6	13,4	25,5	7,4	5,9	9,1
5	0,8	22,8	16,2	32,1	9,2	7,3	11,4
10	0,9	28,1	19,6	40,8	11,6	9,1	14,4
20	0,95	33,1	22,9	49,1	13,8	10,7	17,3
30	0,96666667	36,0	24,5	54,0	15,1	11,7	19,0
50	0,98	39,6	26,8	60,3	16,7	12,9	21,1
100	0,99	44,5	29,7	68,2	18,9	14,4	23,9

Les enregistrements sur la Rère à Theillay comportant uniquement 14 années hydrologiques, les valeurs d'ajustements pour des périodes de retour supérieures à T=30 à 40 ans sont considérées comme incertaines et ne sont pas exploitées.

Afin de compléter les valeurs de débits pour des périodes de retour supérieures à T=30 pour la Rère à Theillay, l'utilisation des valeurs de la base Shyreg Débits<sup>3</sup> était prévue. Cependant, une fois considérées les valeurs issues de l'ajustement sur les débits de pointe mesurés et les valeurs Shyreg Débit, cette solution apparaît insatisfaisante. Les débits issus des ajustements sur les mesures pour des périodes de retours de 10 et 20 ans sont supérieurs aux valeurs prévues par SHYREG pour les périodes de retour 50 et 100 ans.

<sup>2</sup> Méthode de calcul de probabilités de ces crues à partir des pluies (Guillot & Duband, s. d.)

<sup>3</sup> Méthode pour l'estimation régionale des débits de crue développée par l'Inrae à partir d'une généralisation de la méthode Shyreg (Aubert et al., 2014)

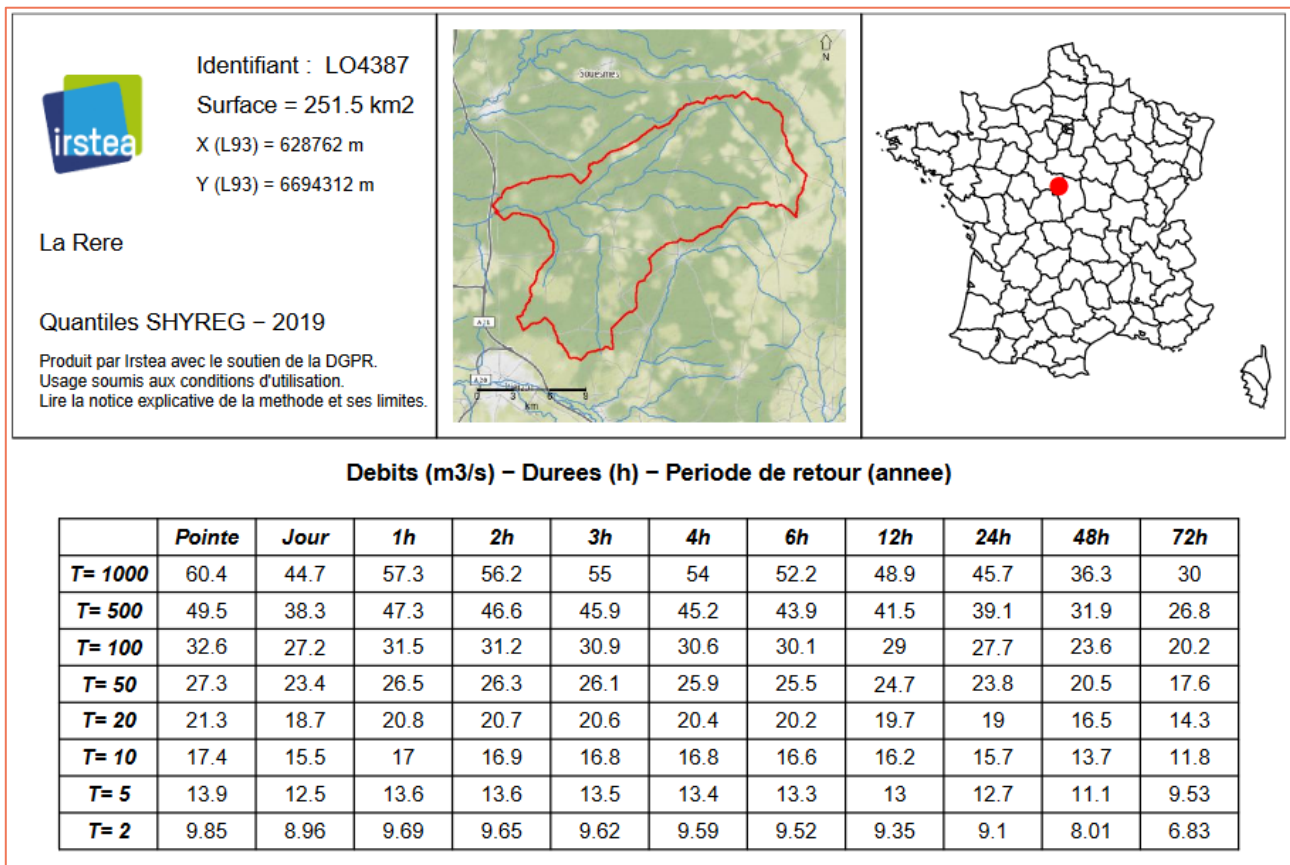


Figure 8 : extrait de la fiche Shyreg-débit correspondant à l'emplacement de la Rère à Theillay

Nous préconisons donc l'utilisation d'une relation de type régionalisation depuis la station d'Aubigny-sur-Nère ou, éventuellement, une méthode de type Gradex.

## 1.2 Régionalisation

Les formules de régionalisation permettent de transférer les informations d'un secteur pour lequel les informations sont connues (mesures hydrométriques) à un secteur proche et au fonctionnement présumé similaire qui n'est pas instrumenté.

La formule classiquement utilisée en France est la formule de Myer qui lie le débit à la superficie de bassin versant en utilisant deux coefficients.

$$Q = a \times S^b$$

Avec

Q : le débit

S : la superficie du bassin versant

'a' et 'b' sont des coefficients variants suivant les zones, les unités employées et le types de phénomènes à transposer.

Cette formule se transforme de la manière suivante pour transférer l'information d'un bassin donneur (1) à un bassin récepteur (2) :

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^b$$

Avec,  $Q_2$  le débit cherché pour le bassin versant 2,  $Q_1$  le débit connu à l'exutoire du bassin versant 1,  $S_1$  et  $S_2$  les superficies (dans la même unité) des bassins versants 1 et 2 et 'b' la variable citée précédemment.

La valeur 'b' doit être ajustée localement dans la mesure du possible. Il est cependant admis qu'en cas d'impossibilité de calage de cette valeur, des valeurs de 0,8 ou 1 peuvent être employées (suivant l'intensité du phénomène transféré).

La valeur du coefficient 'b' sera ajustée à partir des ajustements réalisés sur les stations de Theillay (Rère), Aubigny-sur-Nère (Nère), Brinon-sur-Sauldre (Sauldre), Salbris (Sauldre) et Ménétréol-sur-Sauldre (petite Sauldre).

Ce coefficient est lu en comparant pour une période de retour donnée les logarithmes des débits par rapport aux logarithmes des surfaces, 'b' devenant alors le coefficient directeur des courbes de tendances linéaires.

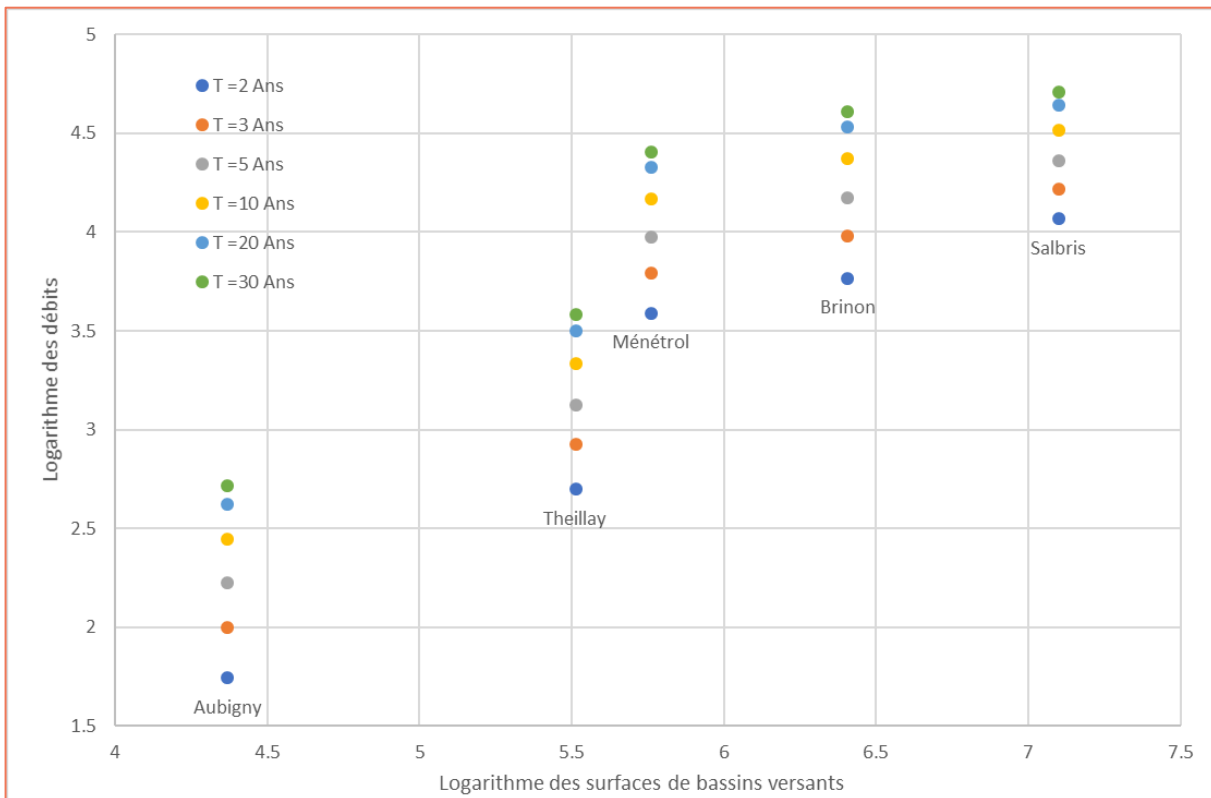


Figure 9 : visualisation des relations  $\ln(Q)$  par rapport à  $\ln(S)$  pour différentes périodes de retour

Sur la Figure 9, il est possible d'observer une différence de fonctionnement entre les bassins versants de la Rère et de la Nère et ceux de la Sauldre et de la petite Sauldre. Il est cependant envisageable que la coupure se situe entre les stations de Brinon et Ménétréol vis-à-vis du groupe Aubigny-Theillay-Salbris.

L'impact du choix du groupe de stations est cependant assez faible, la différence sur la valeur de 'b' entre un ajustement sur l'ensemble des stations et un ajustement uniquement sur le groupe Aubigny-Theillay-Salbris est de 0,04 (variant entre une réduction de 'b' de 0,0296 pour T=2 et une réduction de 0,0439 pour T=30).

Tableau 2 : valeurs des coefficients 'b' pour différentes périodes de retour - transfert de débit de pointe

T =2 Ans	0,882
T =3 Ans	0,847
T =5 Ans	0,820
T =10 Ans	0,797
T =20 Ans	0,781
T =30 Ans	0,774

Nous proposons également de retenir la valeur  $b=0,774$  pour toutes les périodes de retour supérieures à  $T=30$  ans.

### 1.3 Formes d'hydrogrammes de crues

Les modèles hydrauliques construits devant servir à propager des ondes de crues sur la Rère et la Nère depuis leurs sources et jusqu'aux confluences avec la Sauldre, une approche uniquement basée sur le débit de pointe est trop réductrice. Une analyse des hydrogrammes de crues est donc réalisée. Cette analyse vise à identifier les formes générales des crues aux stations de Theillay et Aubigny-sur-Nère ainsi qu'identifier un « hydrogramme moyen » exploitable pour jouer des crues de projet de différentes périodes de retour.

Les crues analysées sont choisies arbitrairement parmi les crues les plus fortes observées sur les stations. Ainsi des crues non présentes parmi les crues les plus fortes annuelles (années hydrologiques) peuvent être ajoutées si elles sont « fortes » et des crues identifiées comme la crue maximale annuelle sur une année peut être retirée si jugée « trop basse ». Par exemple sur la Rère à Theillay, les années 2019 et 2022 ont été exclues ( $Q_{\max} < 6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) mais deux crues ont été sélectionnées pour chacune des années 2013, 2014 et 2024.

Les hydrogrammes sélectionnés sont ensuite centrés (placés sur une échelle de temps relative dont le zéro correspond au pic de crue) et réduits (les débits de toutes les crues sont divisés par leurs débits de pointes). Cette réduction et le centrage permettent de construire des « crues » comparables entre elles.

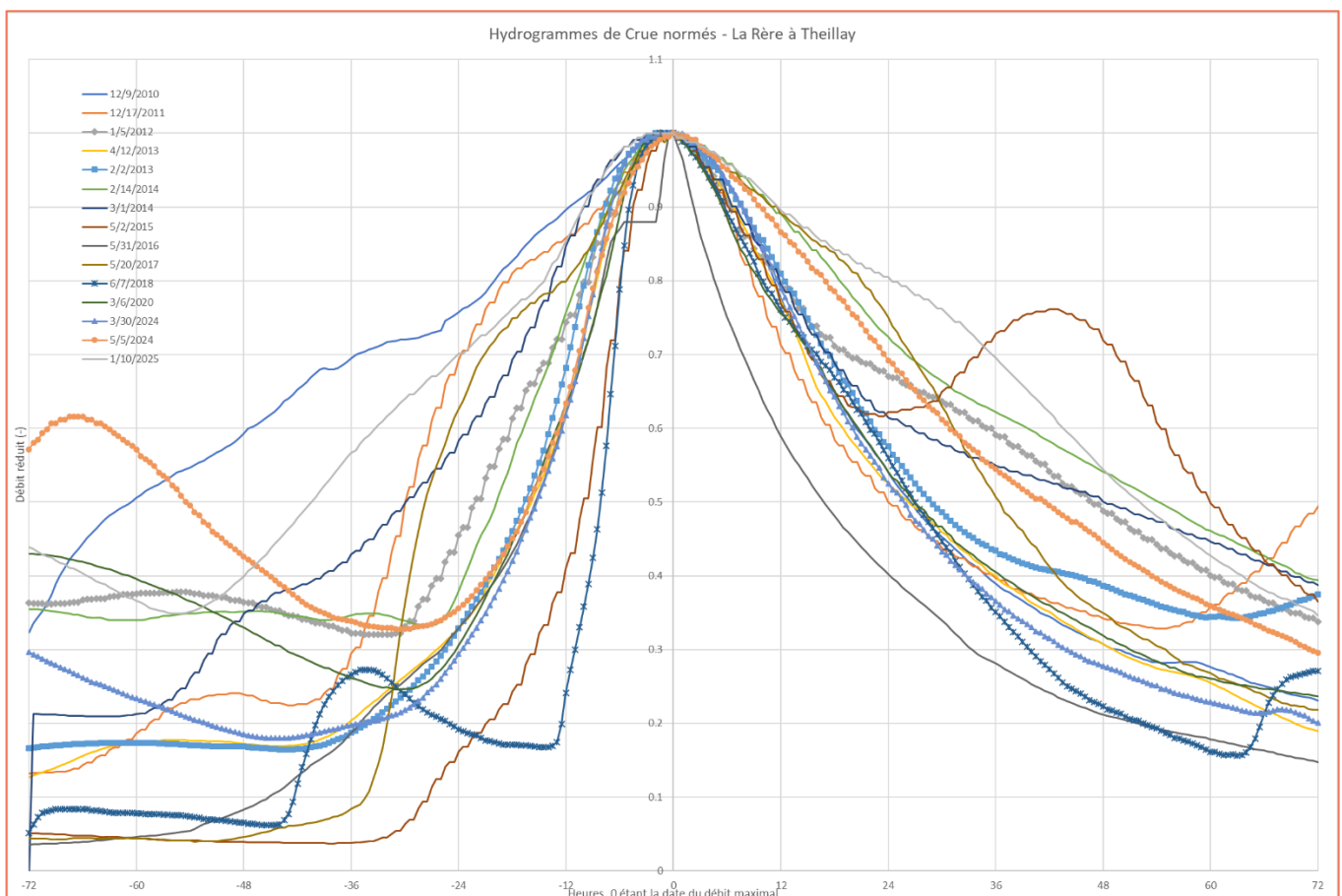


Figure 10 : hydrogrammes normés pour les 15 crues analysées sur la Rère à Theillay (dates au format M/J/AAAA)

Ces hydrogrammes servent ensuite à établir des hydrogrammes moyens (ou médians) qui permettent de disposer d'une forme d'hydrogramme applicable à toute crue de période de retour fixée.

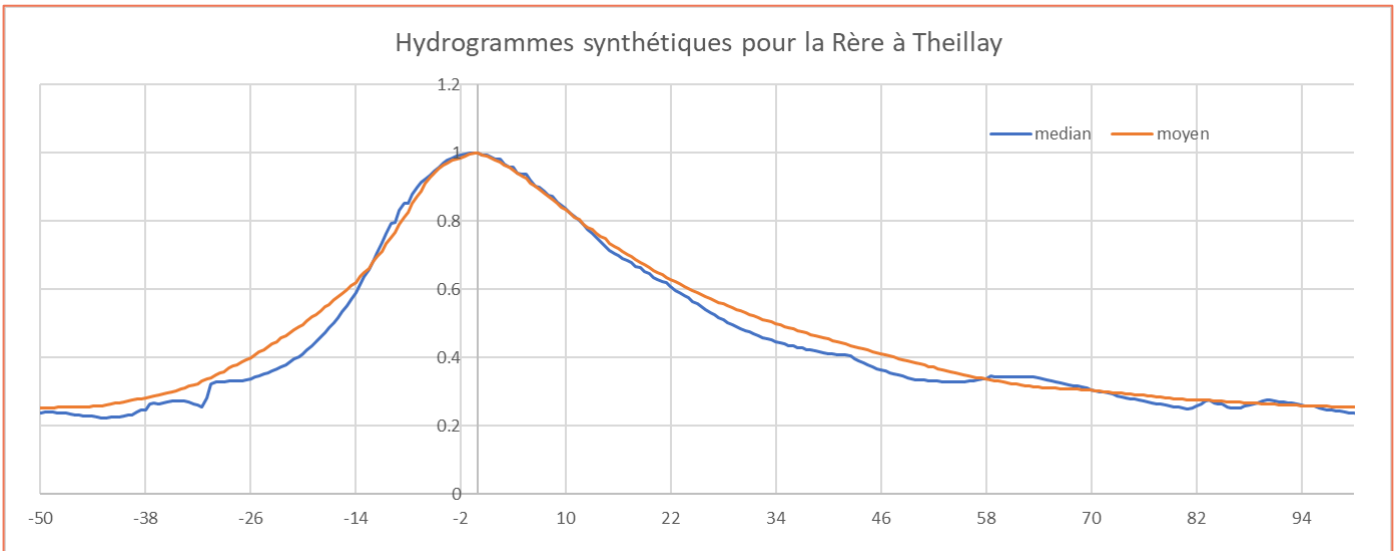


Figure 11 : hydrogrammes moyens et médians réduits pour la Rère à Theillay

Les crues sélectionnées pour la Nère le sont en utilisant les critères précédents et en excluant les crues aux pics multiples ou aux durées exceptionnelles (ondes de crues de plus de 10 jours). Les crues présentant des potentielles anomalies de mesures ont également été écartées.

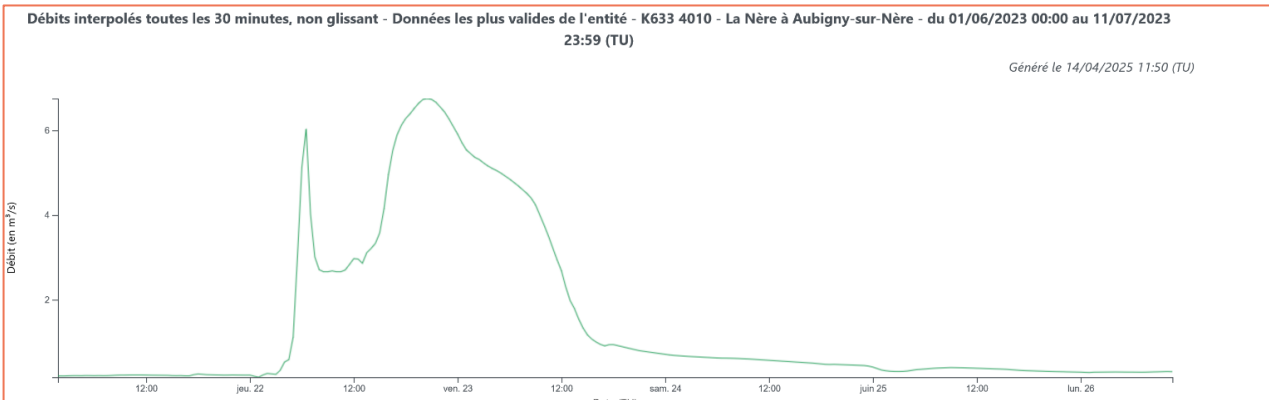


Figure 12 : exemple de crue non prise en compte pour la définition d'hydrogrammes moyens – anomalie de mesure probable

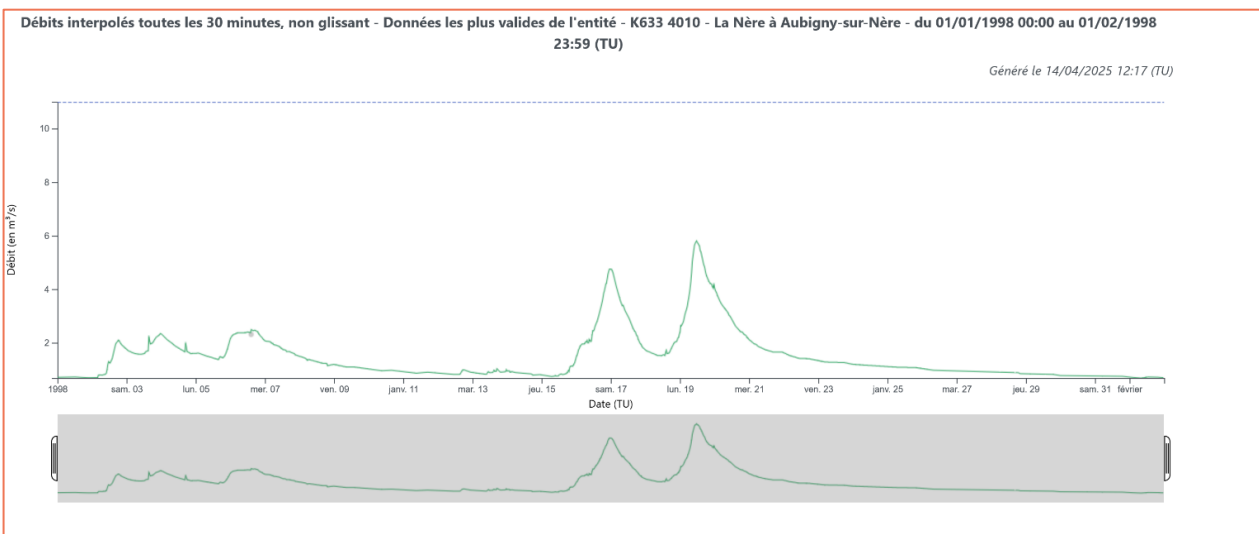


Figure 13 : exemple de crue non prise en compte pour la définition d'hydrogrammes moyens – double pic

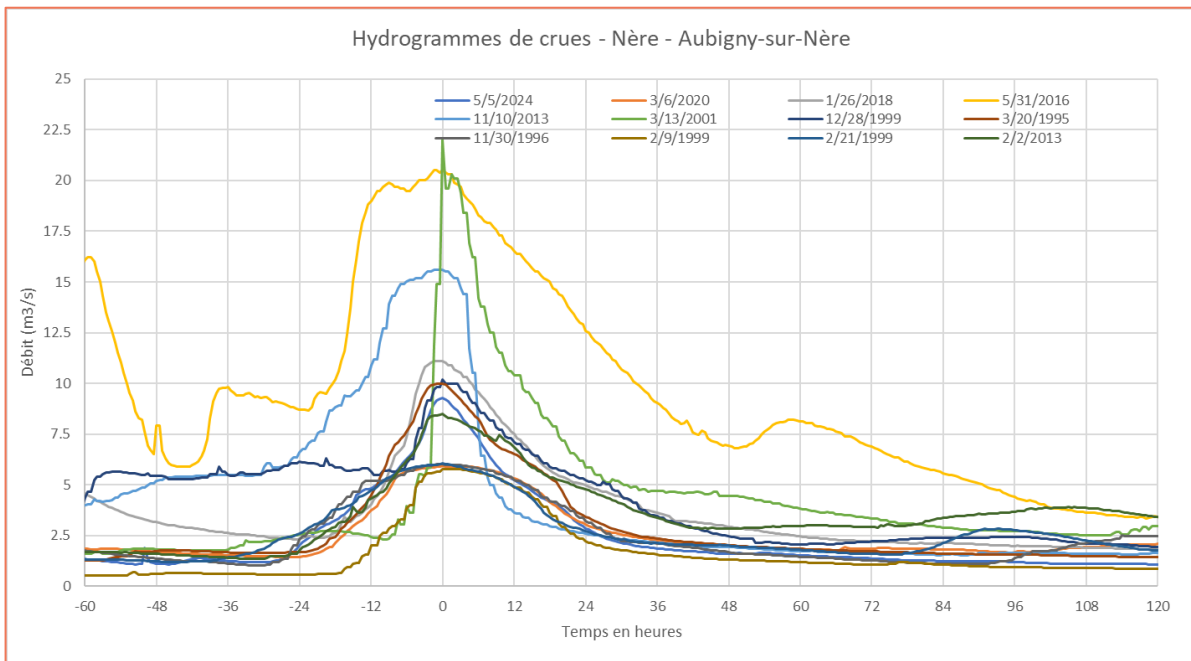


Figure 14 : hydrogrammes utilisés pour la Nère à Aubigny-sur-Nère

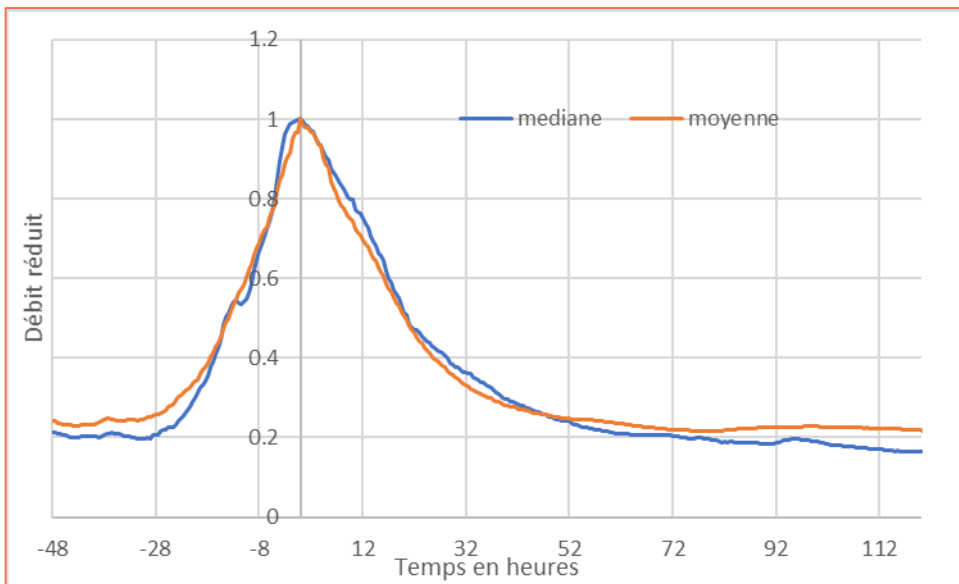


Figure 15 : hydrogrammes réduits moyens et médians pour la Nère à Aubigny-sur-Nère

Les hydrogrammes moyens réduits sur les deux stations étudiées ont une répartition relativement similaire des débits de part et d'autre du pic de crue, avec un tiers avant le pic et deux tiers après le pic. Il est également notable que l'hydrogramme moyen à Aubigny-sur-Nère est plus « pointu » que celui à Theillay. Ce comportement de montée et descente plus rapide est en accord avec les superficies des bassins versants des stations, les petits bassins réagissant plus vite que les grands.

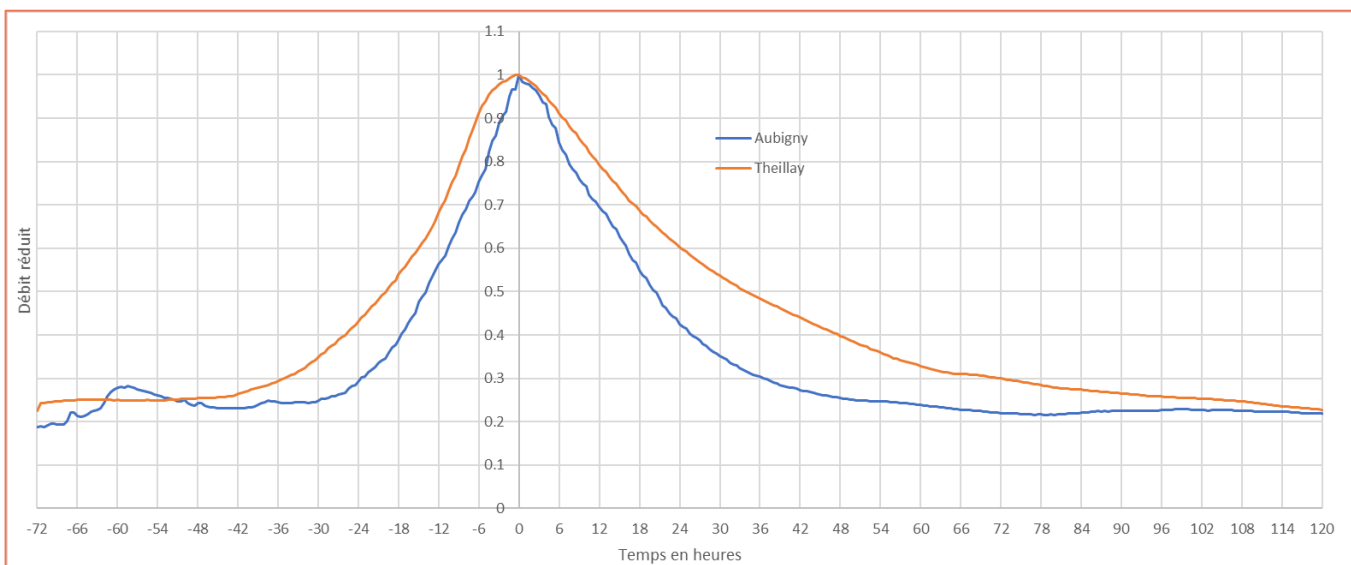


Figure 16 : hydrogrammes centrés réduits pour la Rère à Theillay et la Nère à Aubigny-sur-Nère

Pour l'établissement des hydrogrammes de projets aux stations, nous proposons de retenir l'usage des hydrogrammes moyens réduits, jusqu'à une limite inférieure de 30 à 40% du débit de pointe.

L'hydrogramme de projet sera ainsi composé sur son cœur, d'un hydrogramme moyen multiplié par le débit de pointe souhaité, et d'une relation linéaire pour réaliser le raccordement au débit de base du cours d'eau.

Une formule linéaire est utilisée pour éviter les phénomènes de fin de décrues infinies qui peuvent être rencontrés en cas de loi exponentielle ajustée sur une plage de débit réduit trop étendue vers les valeurs basses.

Le fichier de calcul est fourni en annexe.

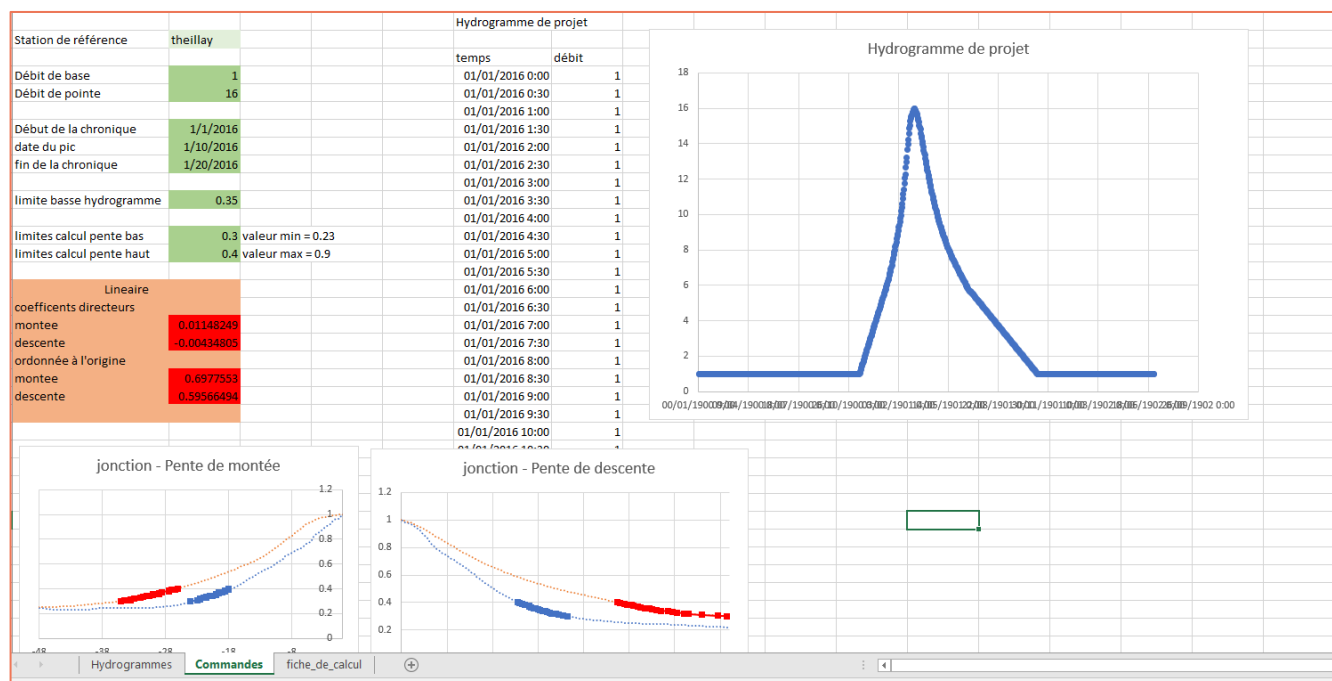


Figure 17 : Vue de la feuille de calcul pour le paramétrage des hydrogrammes de projets

L'usage d'approximations linéaires pour les raccords entre hydrogramme moyen et débit de base impose d'accepter l'apparition possible d'artéfacts au niveau de la jonction entre les deux lois. En effet, si l'ordonnée à l'origine de la loi linéaire n'est pas fixée pour correspondre à la « fin » de l'hydrogramme, une rupture peut apparaître.

Dans les cas où l'ordonnée à l'origine est fixée, les ajustements de lois linéaires sont généralement moins bons.

## 2 TRANPOSITION AUX BASSINS VERSANTS

Les stations hydrométriques étudiées sont situées sur les cours d'intérêt, mais ne peuvent être utilisées directement pour représenter l'ensemble du fonctionnement des cours d'eau étudiés. Une transposition de ces informations aux différents bassins versants alimentant la Rère, la Nère et les Sauldre doit donc être réalisée.

### 2.1 Choix des bassins versants

Les bassins versants définis pour cette étude sont de taille irrégulière. Ils sont choisis de manière à représenter le bassin versant alimentant les cours d'eau au niveau du début des zones d'étude et pour représenter les apports liés à chaque affluent de ces cours d'eau étudiés.

Par conséquent, 106 bassins versants sont définis entre les débuts de nos zones d'études et le passage de la Sauldre sous le canal de Berry.

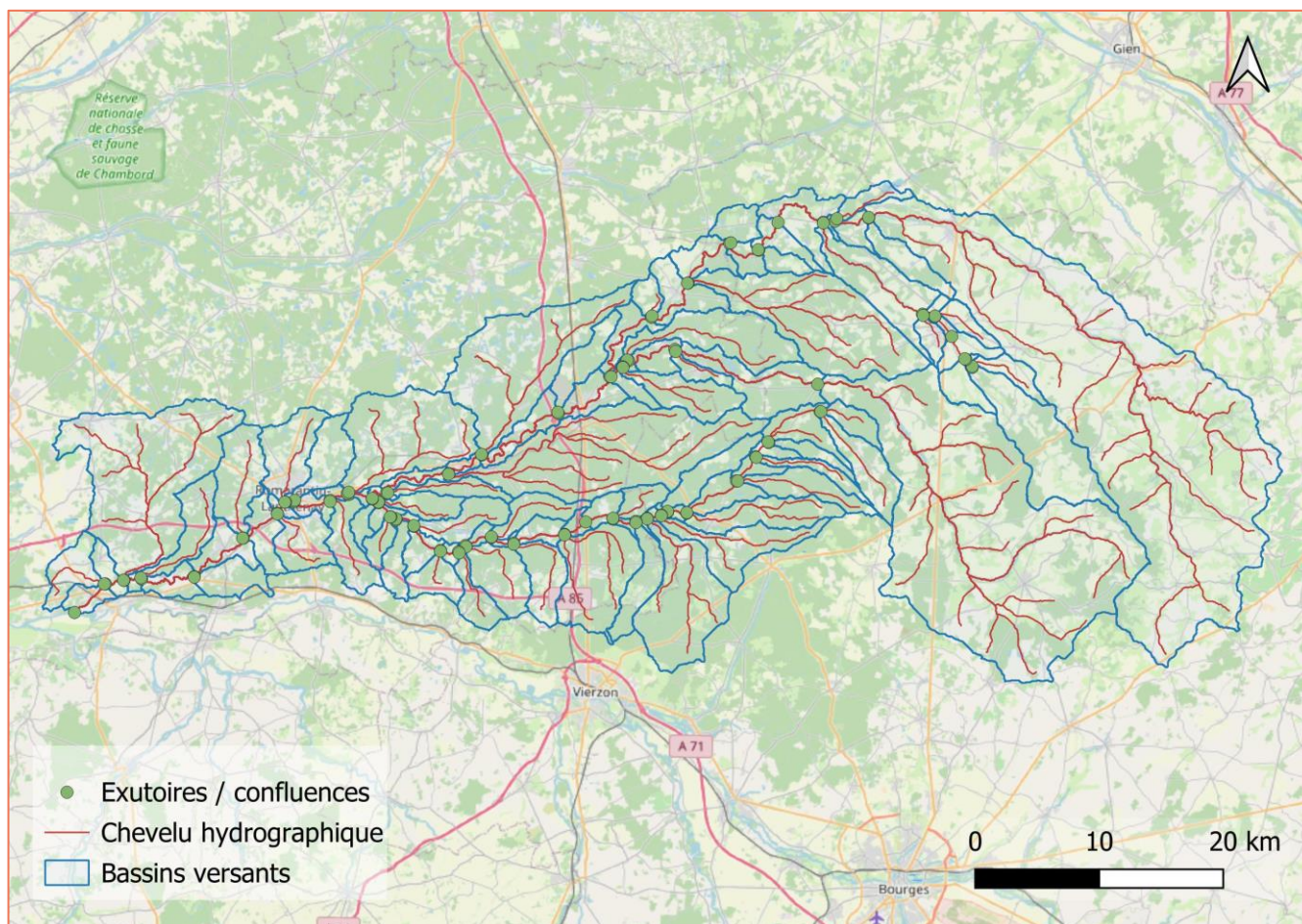


Figure 18 : vue sur fond OpenStreetMap des bassins versants utilisés pour l'étude.

Pour chacun de ces bassins versants et exutoires, des hydrogrammes seront établis afin de pouvoir simuler toutes les crues souhaitées.

### 2.2 Régionalisation des débits de pointe

Les débits de pointe pour chaque bassin versant sont établis à partir de la formule de Myer, dont le principe et les valeurs sont définies à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Dans le cadre de l'exploitation de débits de projet, les hydrogrammes pour ces différents bassins versants seront définis en fonction des ajustements établis pour la station hydrométrique d'Aubigny-sur-Nère.

Les événements historiques, et en particulier 2016, étant caractérisés par une importance significative de la distribution spatiale des pluies (tous les bassins versants ne reçoivent pas les mêmes intensités et cumuls) le choix des stations hydrométriques « donneuses » devra être ajusté.

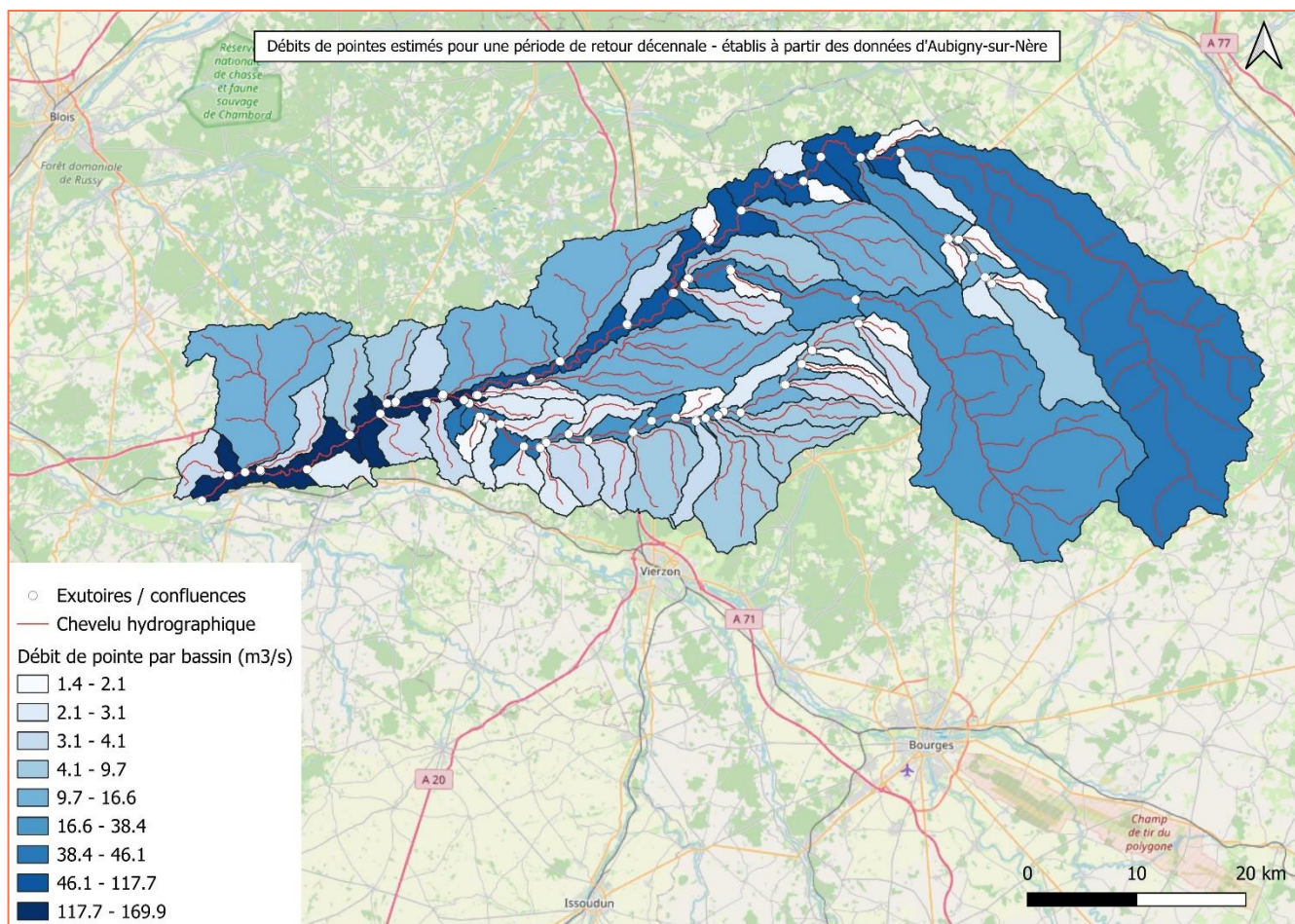


Figure 19 : colorisation des bassins versants suivant le débit de pointe à l'exutoire pour une crue T=10 sur la base des ajustements réalisés sur Aubigny-sur-Nère

Les débits de pointe pour les périodes de retour T= {2, 5, 10, 20, 50, 100} ans ont déjà été calculés à partir de la station d'Aubigny-sur-Nère.

Ils sont disponibles dans la couche Exutoire des fichiers shapefiles.

Note : une addition simple des débits provenant des deux biefs au niveau d'une confluence conduit à un débit supérieur à celui qui est souhaité. Il est conseillé d'utiliser, pour chaque zone, les valeurs du point de calcul en aval de la zone étudiée.

## 2.3 Hydrogrammes par bassins versants

Des hydrogrammes sont définis via la méthode de Myer. Les coefficients de la méthode sont choisis constants pour l'ensemble de l'hydrogramme à régionaliser.

Afin de permettre des calculs ultérieurs, une feuille de calcul a été paramétrée pour déterminer les hydrogrammes au niveau de chaque « exutoire ». Pour chacun de ces exutoires, le calcul est réalisé sur l'ensemble de son bassin versant et pas seulement sur l'augmentation du bassin versant depuis le dernier point de calcul.

origine du calcul		théoriques		Nom des exutoires													
superficie associée à l'hydrogramme de base - km <sup>2</sup>		251		Loire_2599	Loire_4308	Loire_4309	Loire_4310	Loire_4311	Loire_4312	Loire_4313	Loire_4314	Loire_4315	Loire_4316	Loire_4317	Loire_4318	Loire_4319	
temps de concentration pour l'hydrogramme utilisé (h)		9		Superficie	2292.4525	9.335	410.9425	420.645	6.005	429.98	10.26	444.745	1454.0175	1900.2525	64.59	1967.2425	
valeur de b		0.774		TC	51.94932525	3.3150257	21.9948127	22.2529506	2.65880351	22.4985156	3.47538897	22.8815413	41.3727658	47.297196	8.71991759	48.1236642	
				décalage temporel de	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Données enregistrées		Données théoriques		Qmax													
date	débit	date	débit	dates \ nom exutoire	Loire_2599	Loire_4308	Loire_4309	Loire_4310	Loire_4311	Loire_4312	Loire_4313	Loire_4314	Loire_4315	Loire_4316	Loire_4317	Loire_4318	
				1/1/16 0:00	182.8	2.6	48.3	49.2	1.8	50.1	2.8	51.4	128.5	158.1	11.5	162.4	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 0:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 1:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 1:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 2:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 2:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 3:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 3:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 4:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 4:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 5:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 5:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 6:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 6:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 7:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 7:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 8:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 8:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 9:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 9:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 10:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 10:30	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	
2016-01-01		2016-01-01		1/1/16 11:00	0	0.07825661	0	0	0.0556188	0	0.08419389	0	0	0	0.34972	0	

Figure 20 : vue de la feuille de calcul pour les hydrogrammes aux exutoires

La feuille établie est une extension de la feuille utilisée pour le calcul des hydrogrammes de projet. Elle permet de propager un des hydrogramme de projet ou un hydrogramme renseigné par l'opérateur.

Afin de prendre en compte les différences de temps de réactions des bassins versants utilisés une approche via le temps de concentration, calculé avec la formule de Turazza, est exploitée. Cette formule a été utilisée par défaut et peut être corrigée manuellement par l'opérateur (ligne 4). Enfin un facteur de décalage temporel additionnel (ligne 5) est prévu pour permettre de représenter l'impact d'une onde génératrice (pluie) ne touchant pas l'ensemble des bassins versants simultanément.

### 3 CONCLUSION

La présente étude hydrologique a permis de définir les débits correspondant à différentes périodes de retour aux stations de la Rère à Theillay et de la Nère à Aubigny-sur-Nère.

Elle a également permis d'établir des hydrogrammes pour ces différentes périodes de retour.

Plusieurs sous-bassins versants ont été identifiés afin d'estimer les apports intermédiaires intervenant entre le source et l'exutoire des cours d'eau étudiés.

Ces données seront ensuite utilisées dans les modèles hydrauliques afin de cartographier les zones inondées par la Rère et la Nère puis identifier les actions à mettre en œuvre sur ces deux bassins versants pour limiter l'impact de la Rère et de la Nère sur les enjeux situés en aval.

## 4 ANNEXES

### 4.1 Bibliographie

Aubert, Y., Arnaud, P., Ribstein, P., & Fine, J.-A. (2014). La méthode SHYREG débit—Application sur 1605 bassins versants en France métropolitaine. *Hydrological Sciences Journal*, 59(5), 993-1005. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.902061>

Guillot, P., & Duband, D. (s. d.). *Rapport I.7. La méthode du Gradex pour le calcul de la probabilité des crues à partir des pluies.*

Masson, J. M. (1992). *Un problème parmi d'autres dans l'analyse des distributions des variables hydrologiques : Les horsains (outliers).*

US department of interior - Geological survey - Office of water data coordination. (1982). *Bulletin 17B - Guidelines for determining Flood Flow Frequency* (2nd éd.).

## 4.2 Table des figures

Figure 1 : territoire d'action du Syndicat du bassin des Sauldre .....	5
Figure 2 : cours d'eau du bassin versant de la Sauldre.....	7
Figure 3 : débits journaliers de la Rère à Theillay .....	8
Figure 4 : Ajustements sur les débits instantanés à la station de le Rère à Theillay, intervalles de confiance (IC) à 95%.....	9
Figure 5 : débits journaliers maximaux sur la Nère, première période.....	10
Figure 6 : débits journaliers maximaux sur la Nère, deuxième période .....	10
Figure 7 : ajustements possibles sur la Nère .....	11
Figure 8 : extrait de la fiche Shyreg-débit correspondant à l'emplacement de la Rère à Theillay .....	12
Figure 9 : visualisation des relations $\ln(Q)$ par rapport à $\ln(S)$ pour différentes périodes de retour.....	13
Figure 10 : hydrogrammes normés pour les 15 crues analysées sur la Rère à Theillay (dates au format M/J/AAAA).....	14
Figure 11 : hydrogrammes moyens et médians réduits pour la Rère à Theillay .....	15
Figure 12 : exemple de crue non prise en compte pour la définition d'hydrogrammes moyens – anomalie de mesure probable.....	15
Figure 13 : exemple de crue non prise en compte pour la définition d'hydrogrammes moyens – double pic.....	15
Figure 14 : hydrogrammes utilisés pour la Nère à Aubigny-sur-Nère .....	16
Figure 15 : hydrogrammes réduits moyens et médians pour la Nère à Aubigny-sur-Nère.....	16
Figure 16 : hydrogrammes centrés réduits pour la Rère à Theillay et la Nère à Aubigny-sur-Nère .....	17
Figure 17 : Vue de la feuille de calcul pour le paramétrage des hydrogrammes de projets .....	17
Figure 18 : vue sur fond OpenStreetMap des bassins versants utilisés pour l'étude. ....	18
Figure 19 : colorisation des bassins versants suivant le débit de pointe à l'exutoire pour une crue $T=10$ sur la base des ajustements réalisés sur Aubigny-sur-Nère.....	19
Figure 20 : vue de la feuille de calcul pour les hydrogrammes aux exutoires .....	20
Figure 21 : ajustement GEV sur la station de Brinon-sur-Sauldre .....	26
Figure 22 : ajustement GEV sur la station de Ménétrol-sur-Sauldre en utilisant l'ensemble des valeurs de débit maximal annuel.....	26
Figure 23 : ajustement GEV sur la station de Ménétrol-sur-sauldre en utilisant uniquement les valeurs de débit maximal annuel qualifiée de "fiabiles" .....	26
Figure 24 : ajustement GEV sur la station de Salbris en excluant 2016 .....	26
Figure 25 : ajustement Gumbel sur la station de Brinon-sur-Sauldre .....	26
Figure 26 : ajustement Gumbel sur la station de Ménétrol-sur-Sauldre en utilisant l'ensemble des valeurs de débit maximal annuel.....	26
Figure 27 : ajustement Gumbel sur la station de Ménétrol-sur-Sauldre en utilisant uniquement les valeurs de débit maximal annuel qualifiée de "fiabiles" .....	26
Figure 28 : ajustement Gumbel sur la station de Salbris en excluant 2016 .....	26

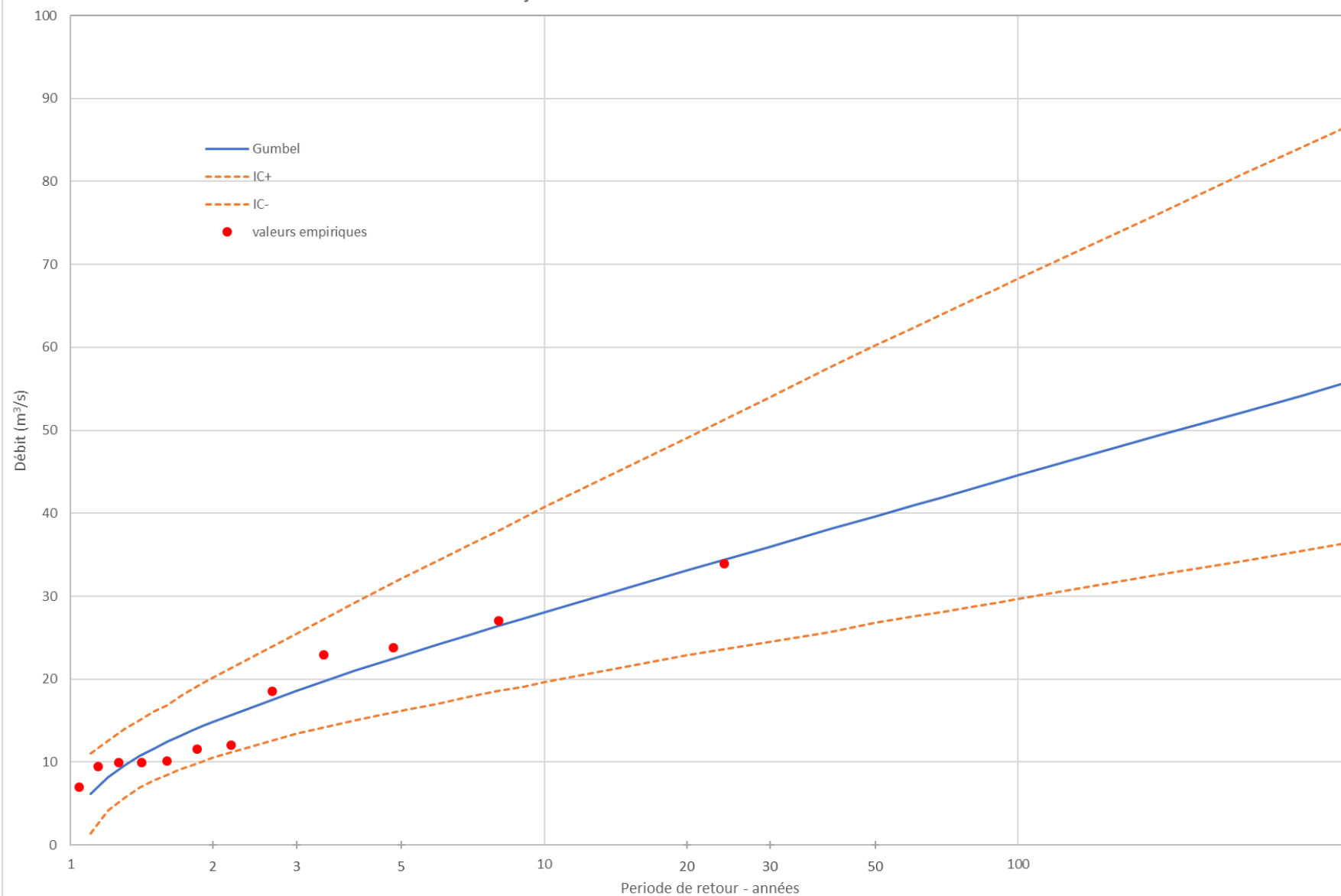
### 4.3 Table des tableaux

Tableau 1 : débits en m<sup>3</sup>/s pour différentes périodes de retour (T) aux deux stations hydrométriques de référence avec un intervalle de confiance de 95%..... 11

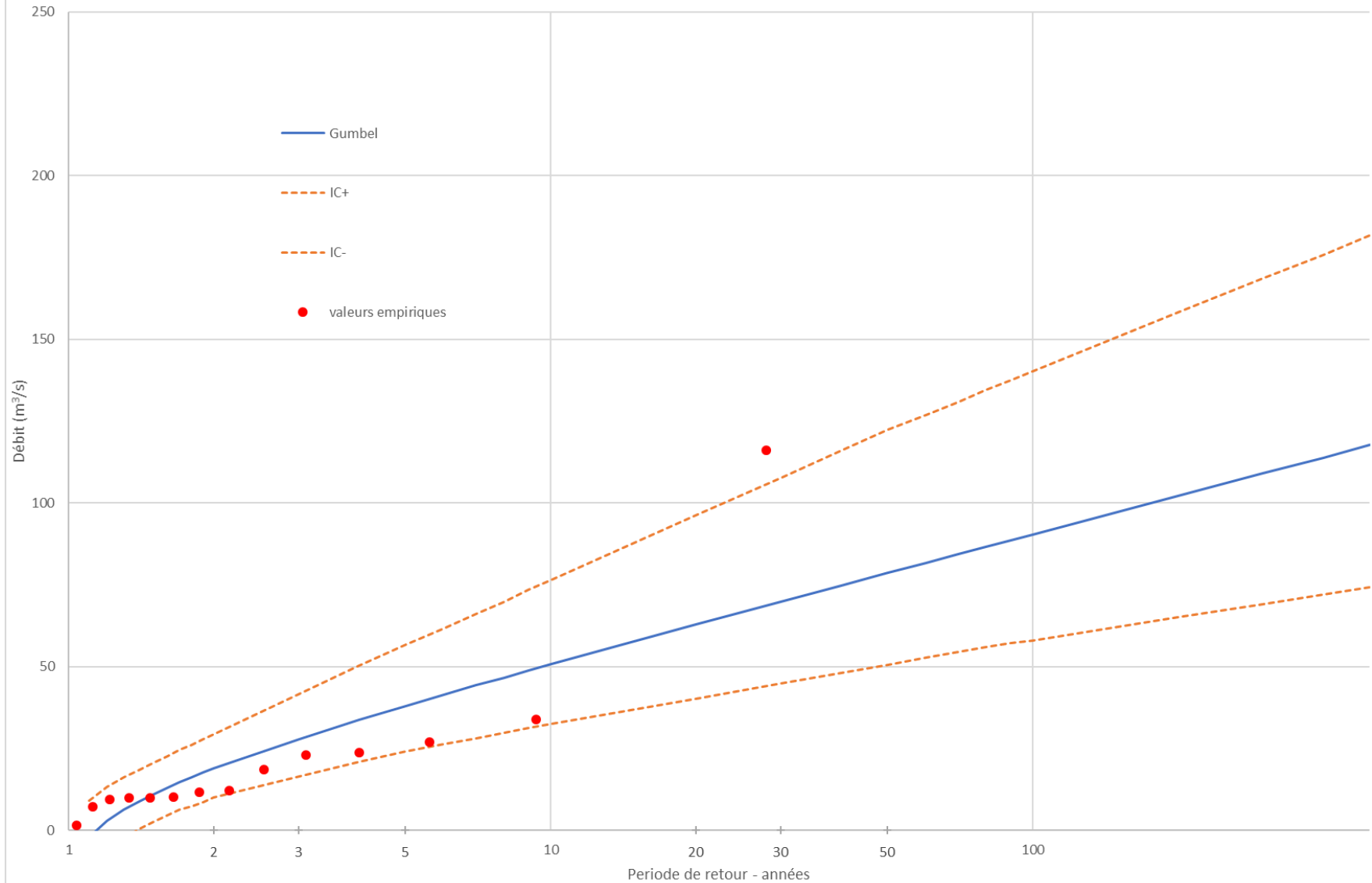
Tableau 2 : valeurs des coefficients 'b' pour différentes périodes de retour - transfert de débit de pointe ..... 13

## 4.4 Ajustements statistiques des débits

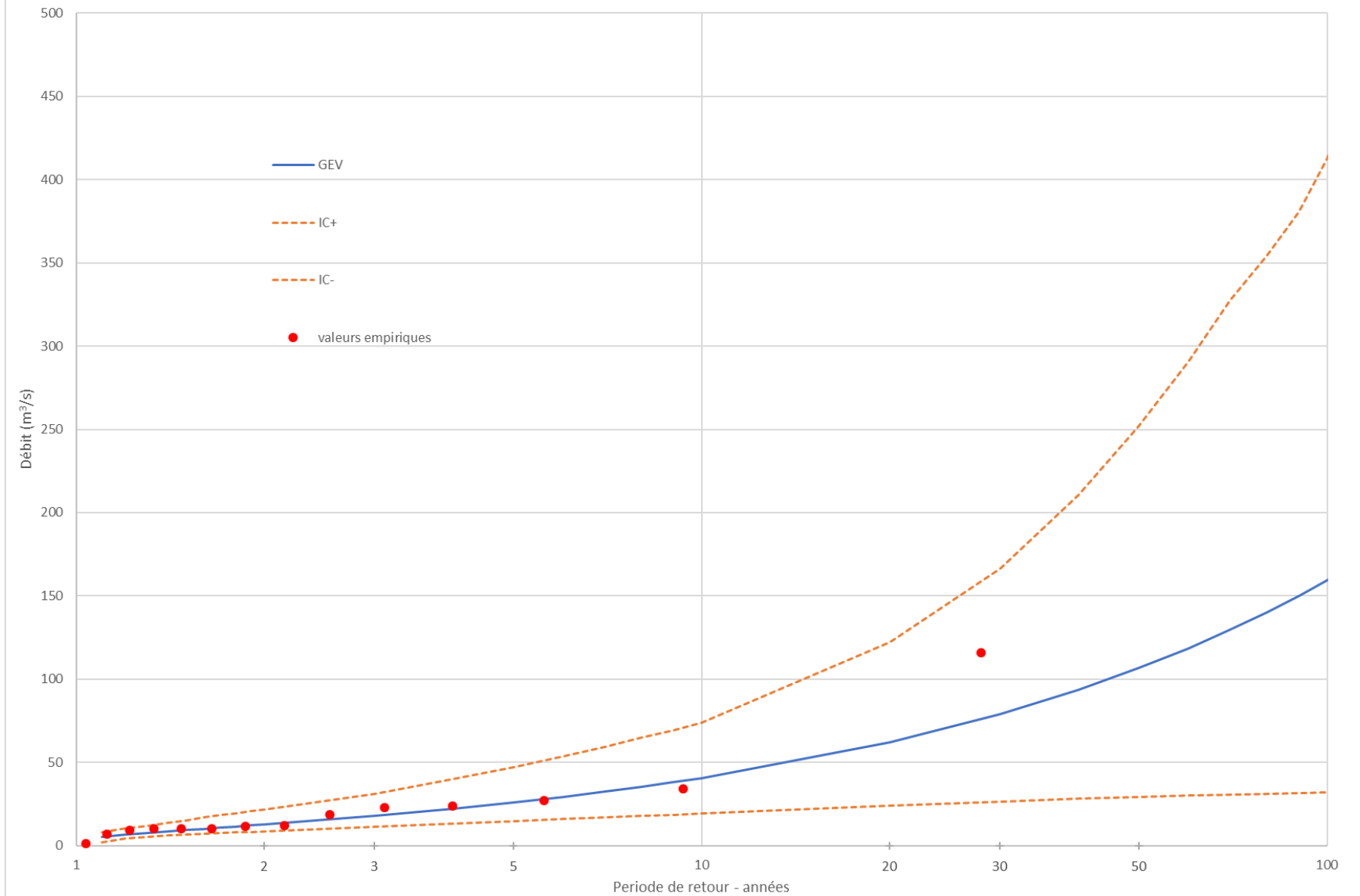
La Rère à Theillay  
Ajustement Loi de Gumbel - sans horsains



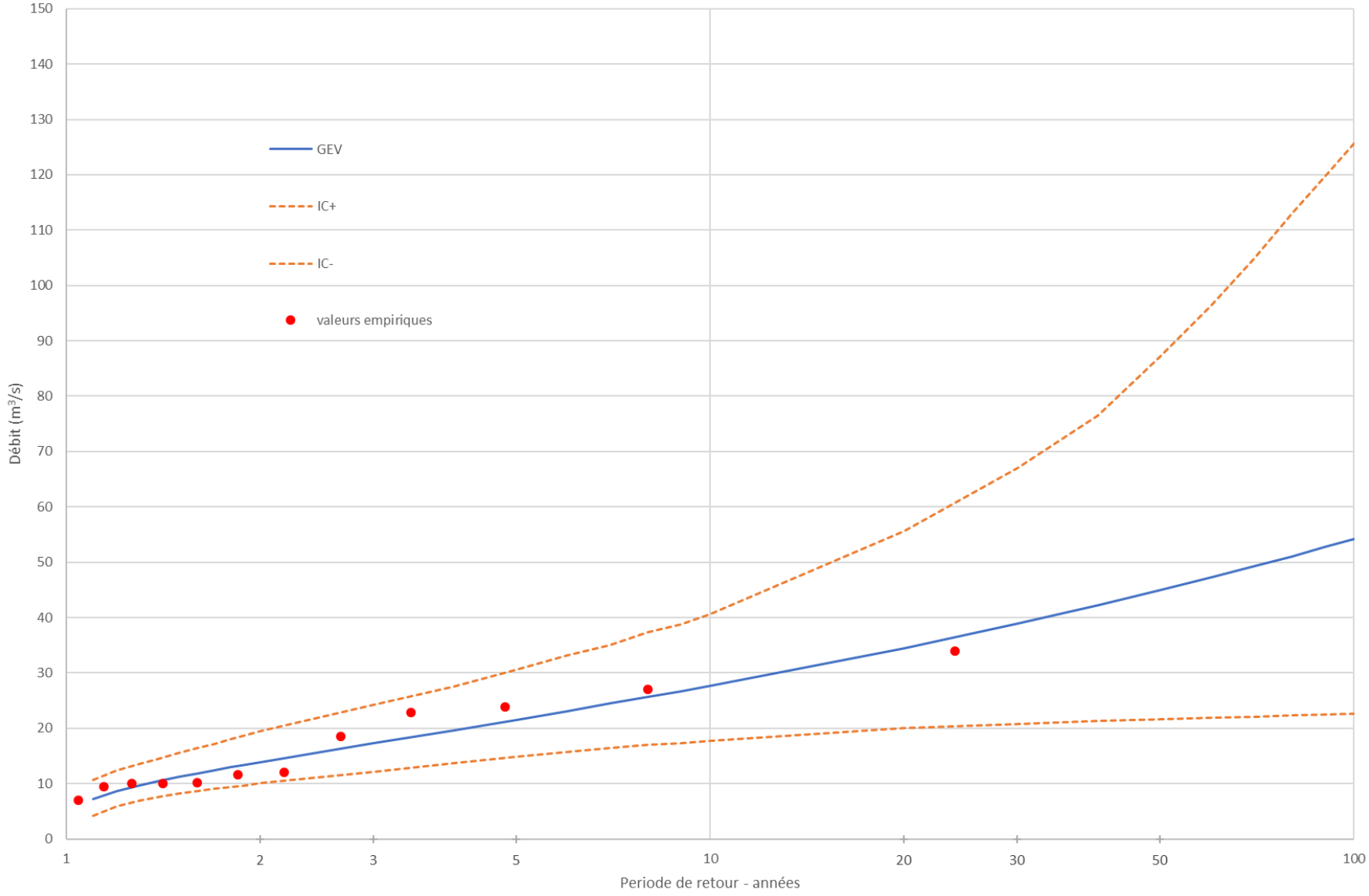
La Rère à Theillay  
Ajustement Loi de Gumbel - échantillon complet



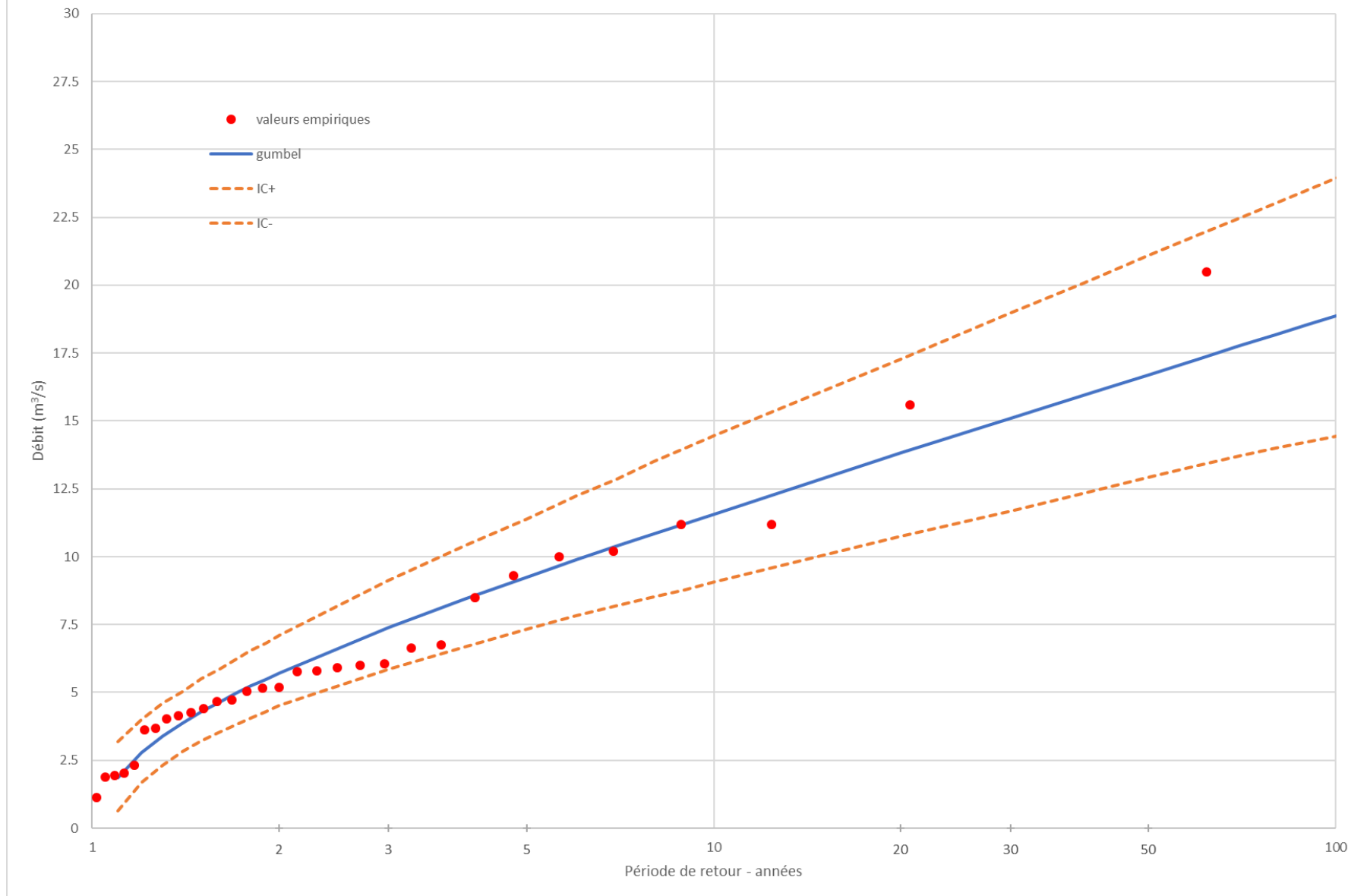
La rère à Theillay  
Ajustement Loi de GEV - échantillon complet

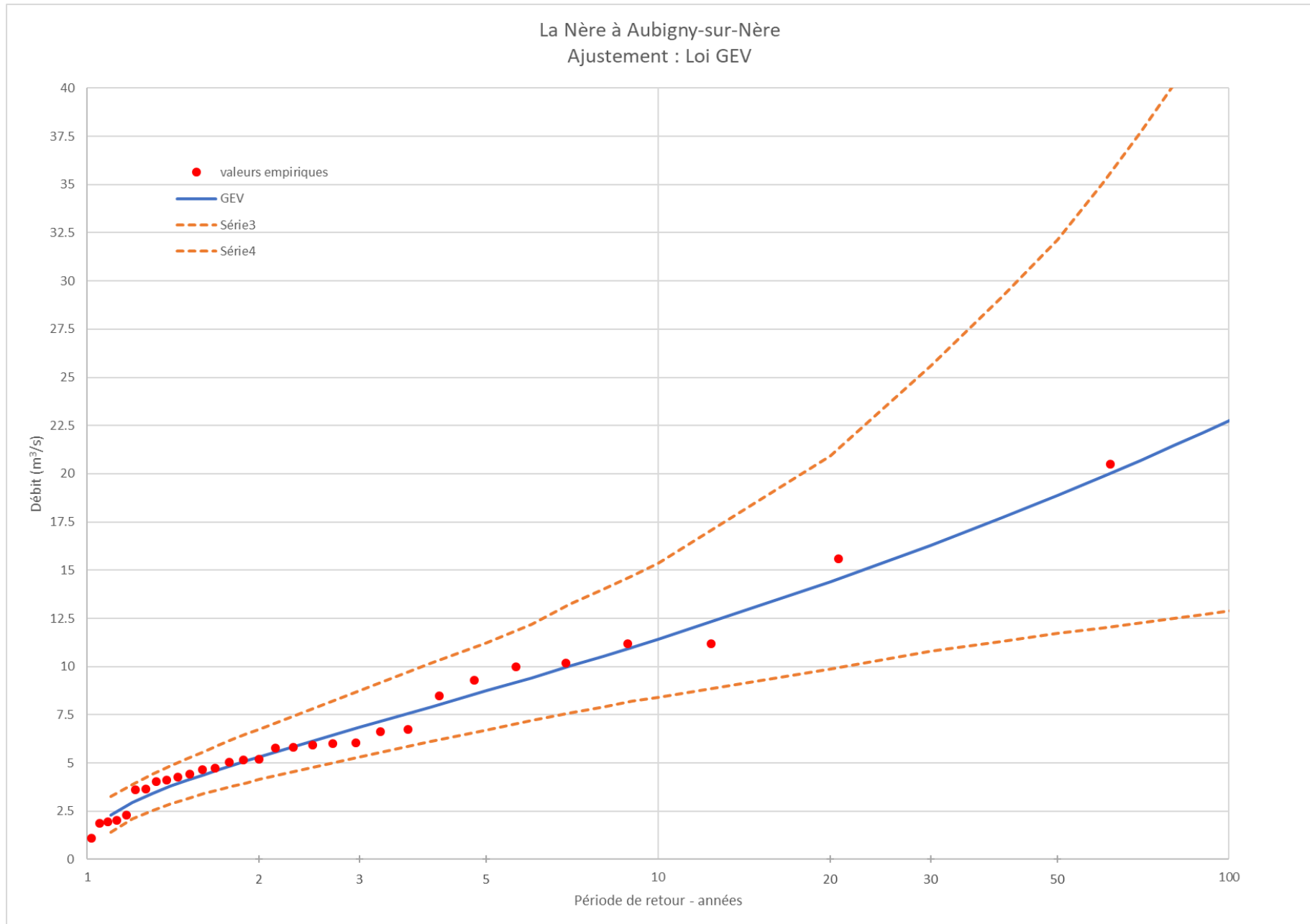


La Rère à Theillay  
Ajustement Loi GEV - sans horsains



La Nère à Aubigny-sur-Nère  
Ajustement : Loi de Gumbel





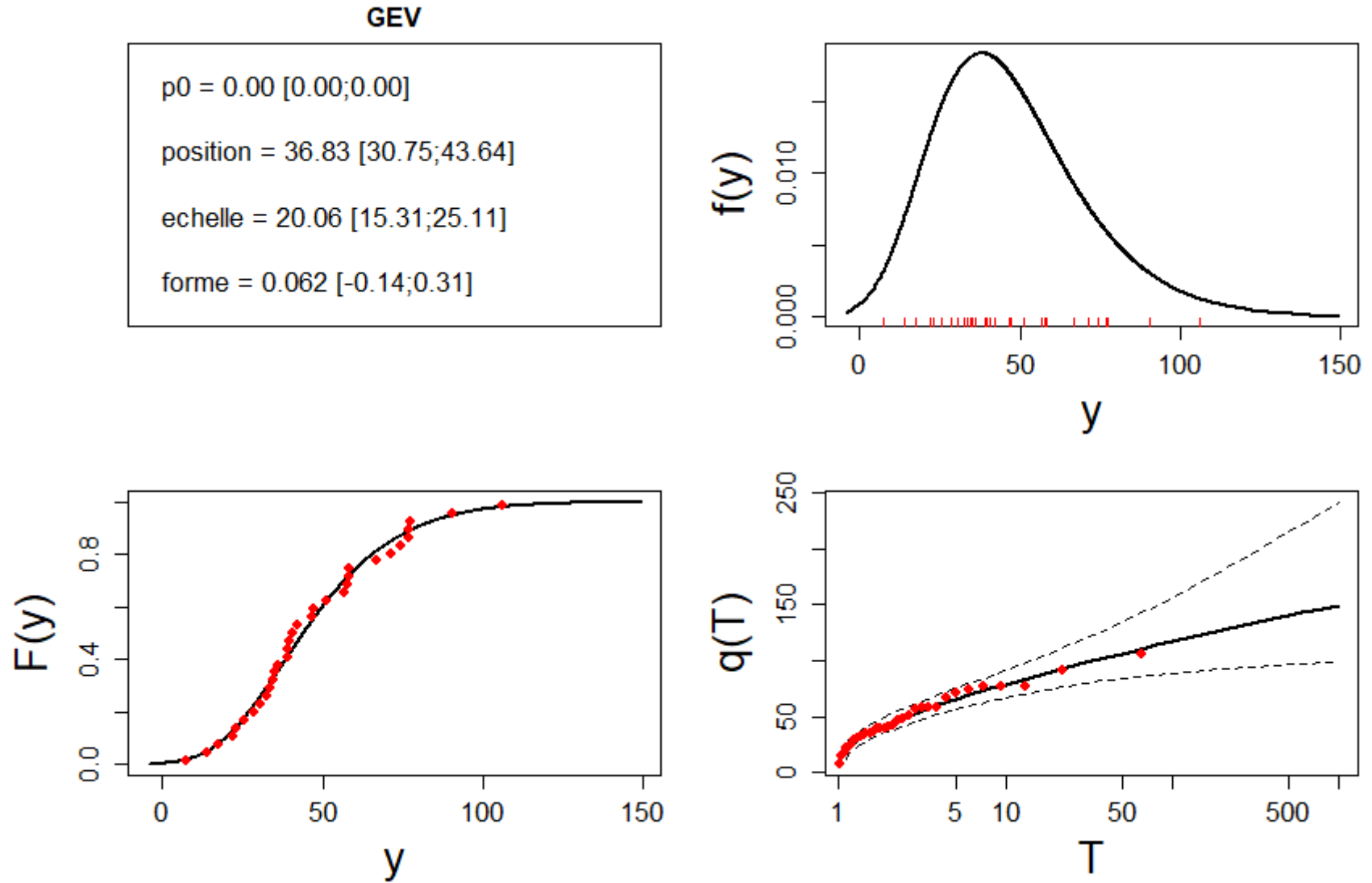


Figure 21 : ajustement GEV sur la station de Brinon-sur-Sauldre

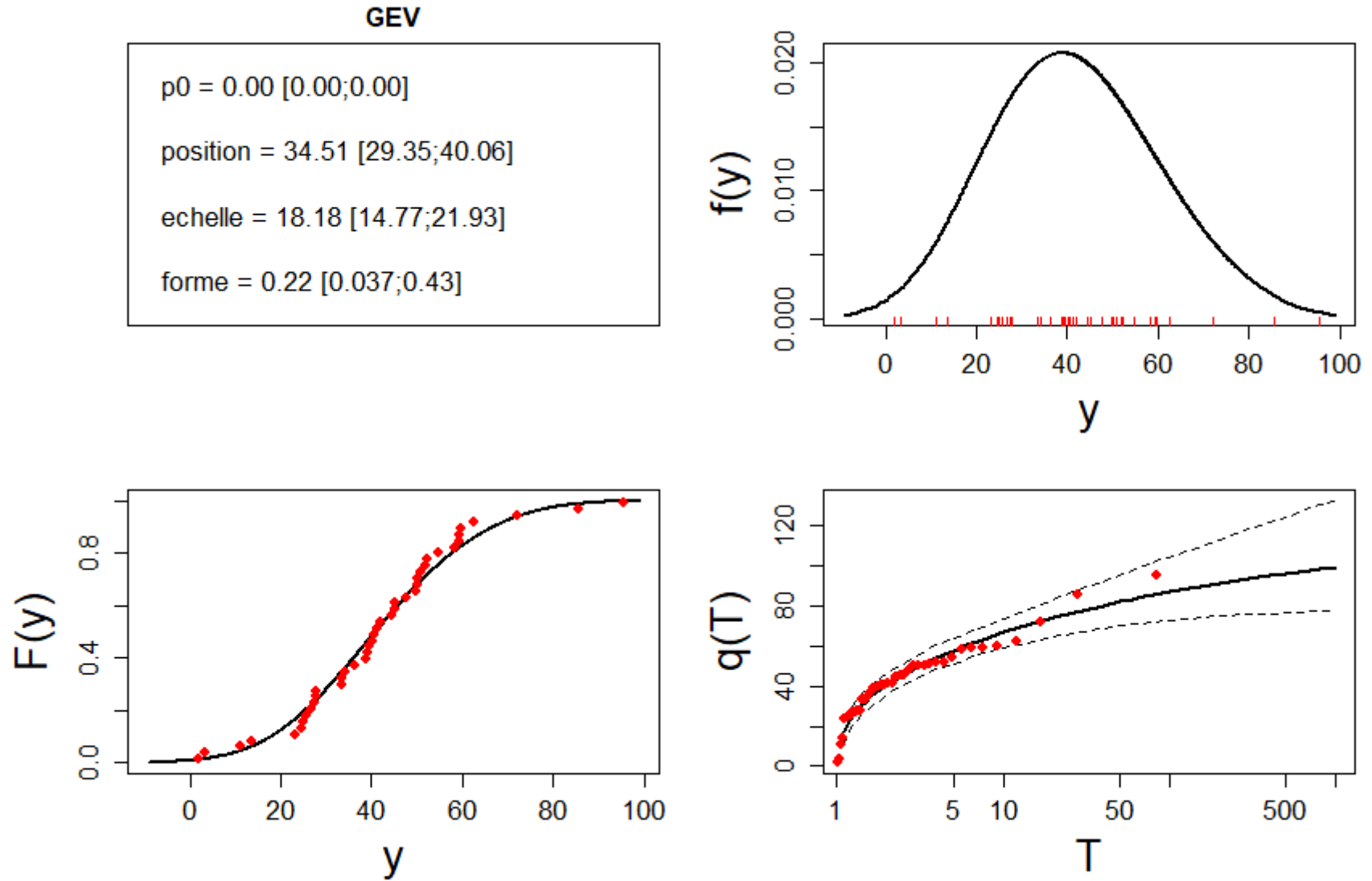


Figure 22 : ajustement GEV sur la station de Ménérol-sur-Sauldre en utilisant l'ensemble des valeurs de débit maximal annuel

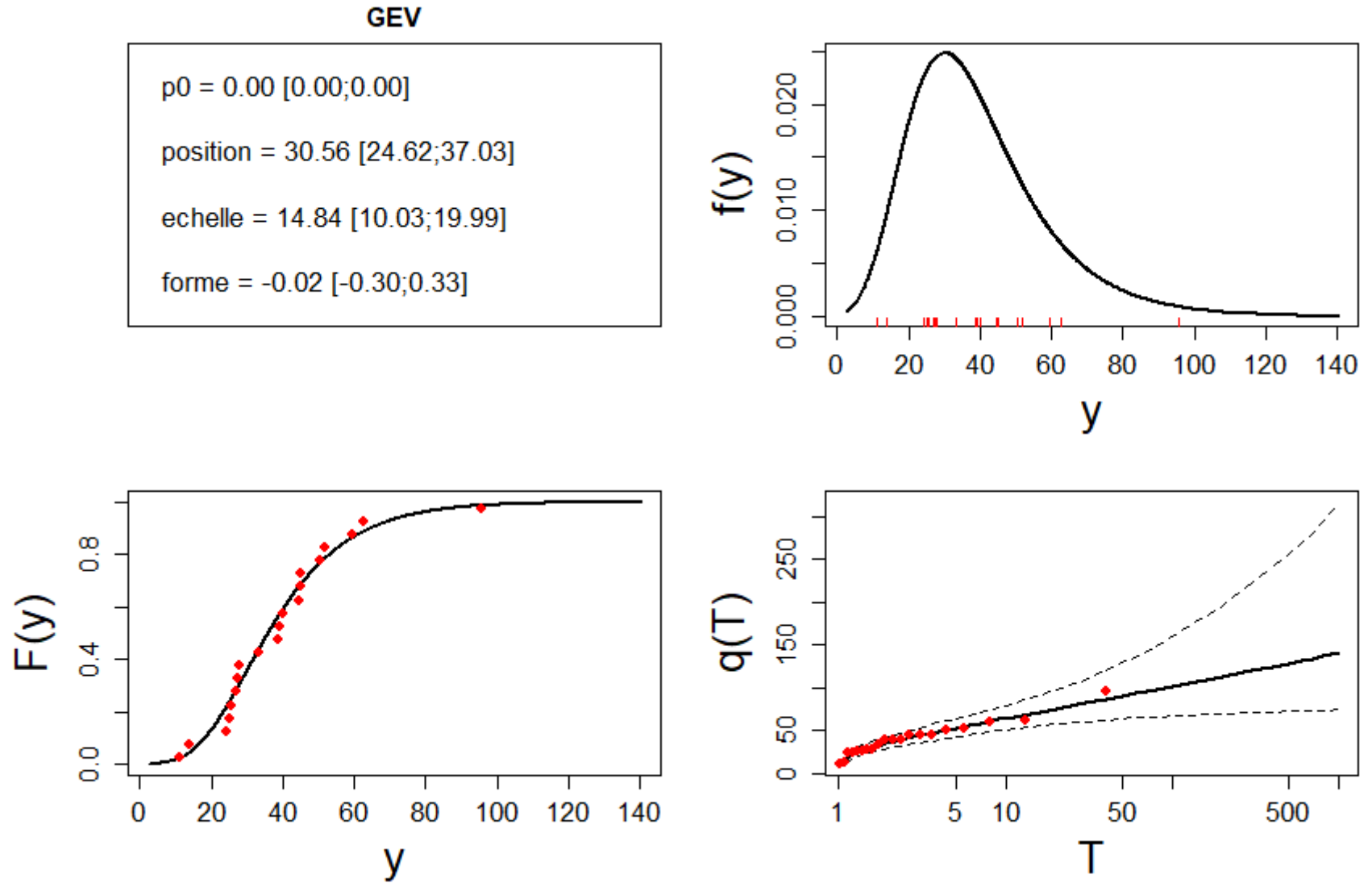


Figure 23 : ajustement GEV sur la station de Ménérol-sur-sauldre en utilisant uniquement les valeurs de débit maximal annuel qualifiée de "fiables"

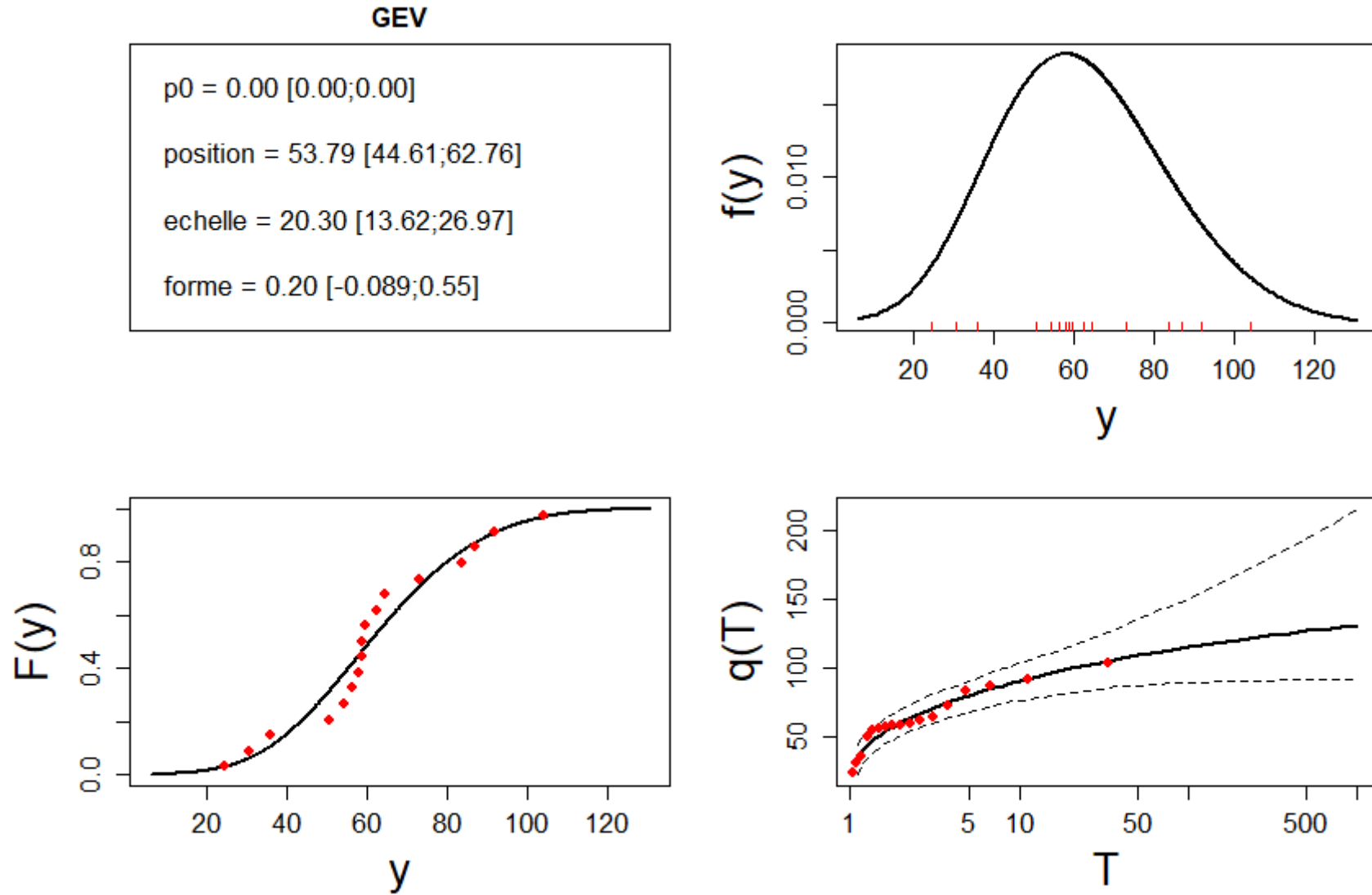


Figure 24 : ajustement GEV sur la station de Salbris en excluant 2016

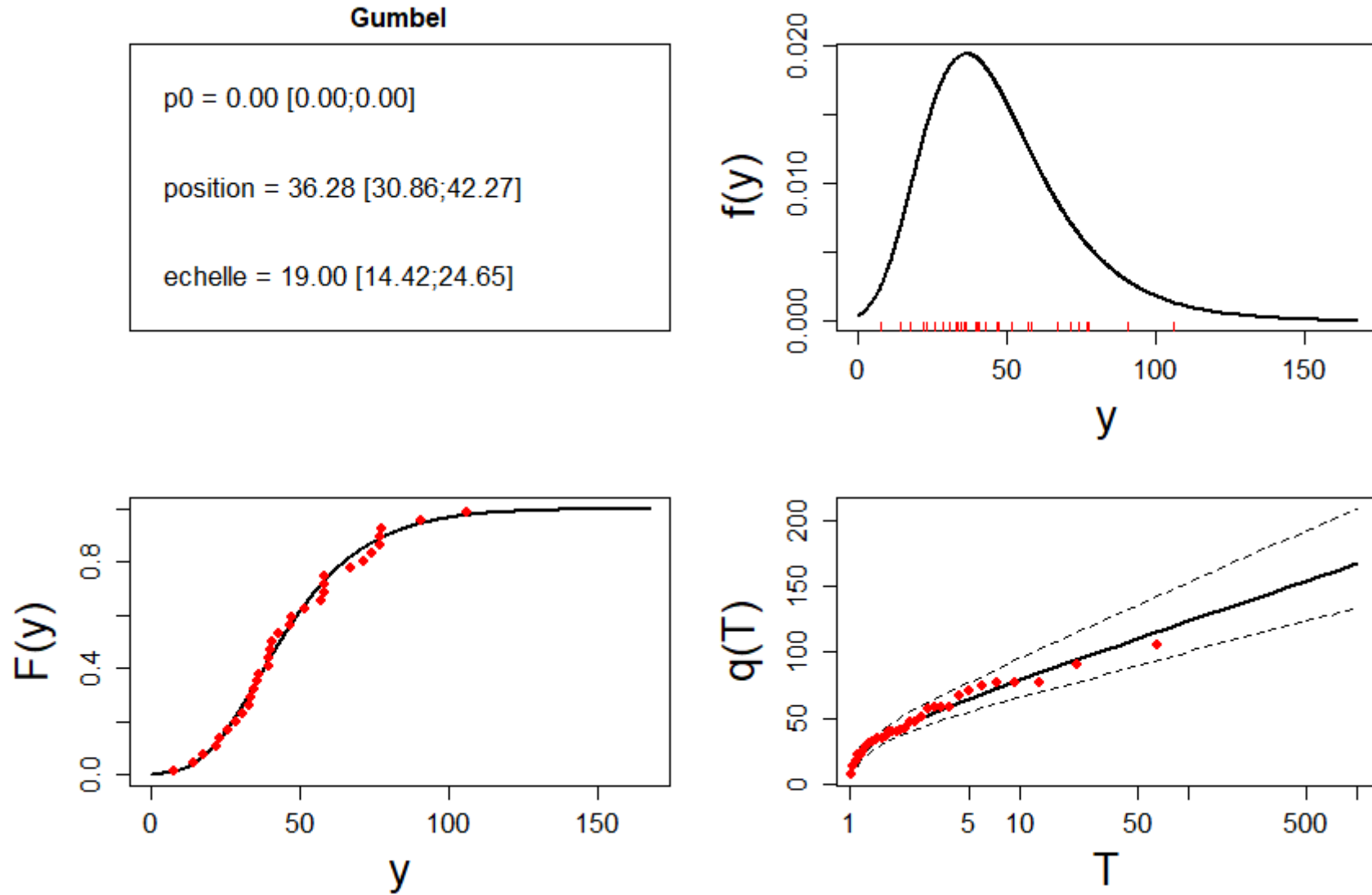


Figure 25 : ajustement Gumbel sur la station de Brinon-sur-Sauldre

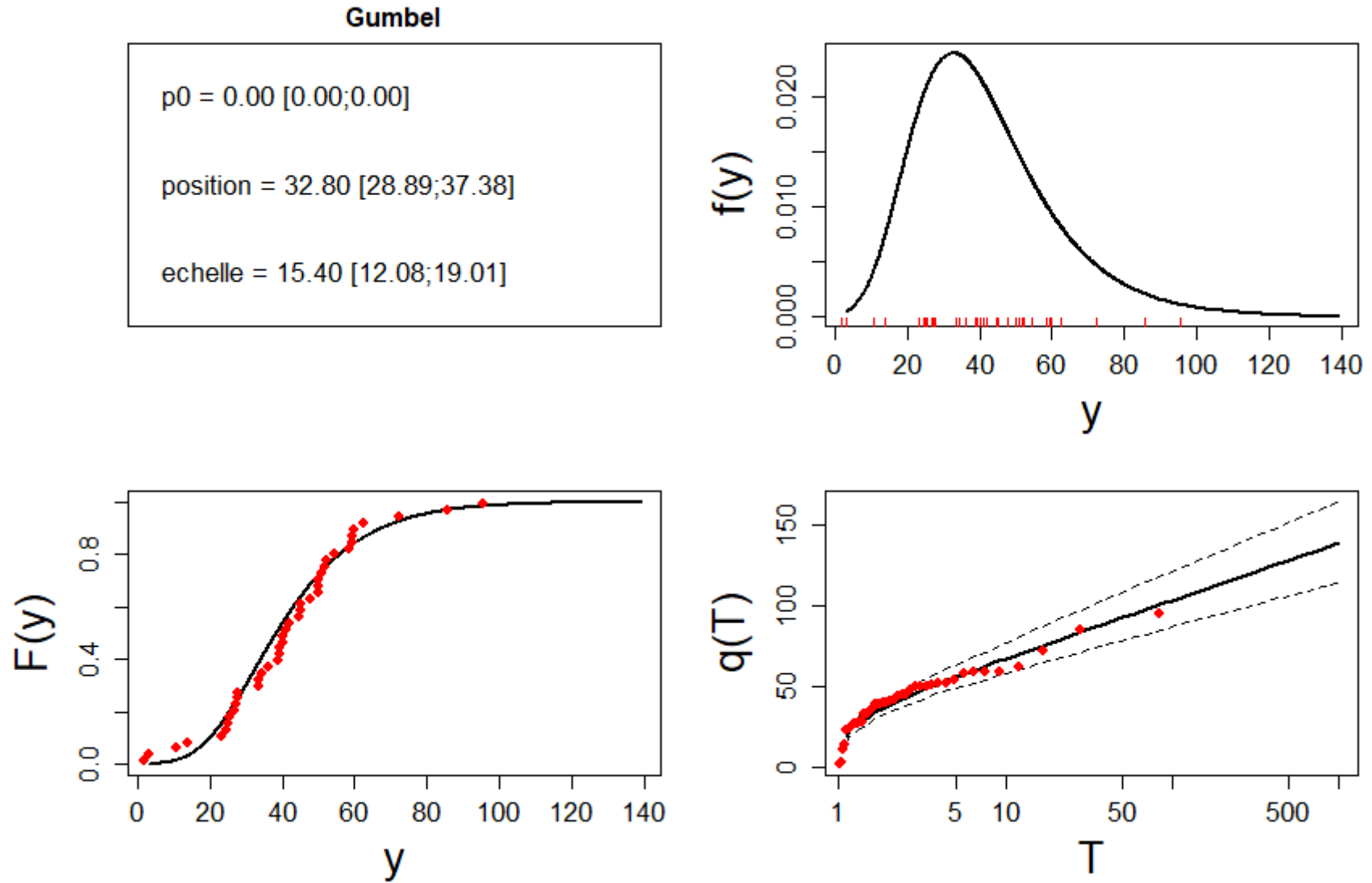


Figure 26 : ajustement Gumbel sur la station de Ménétréol-sur-Sauldre en utilisant l'ensemble des valeurs de débit maximal annuel

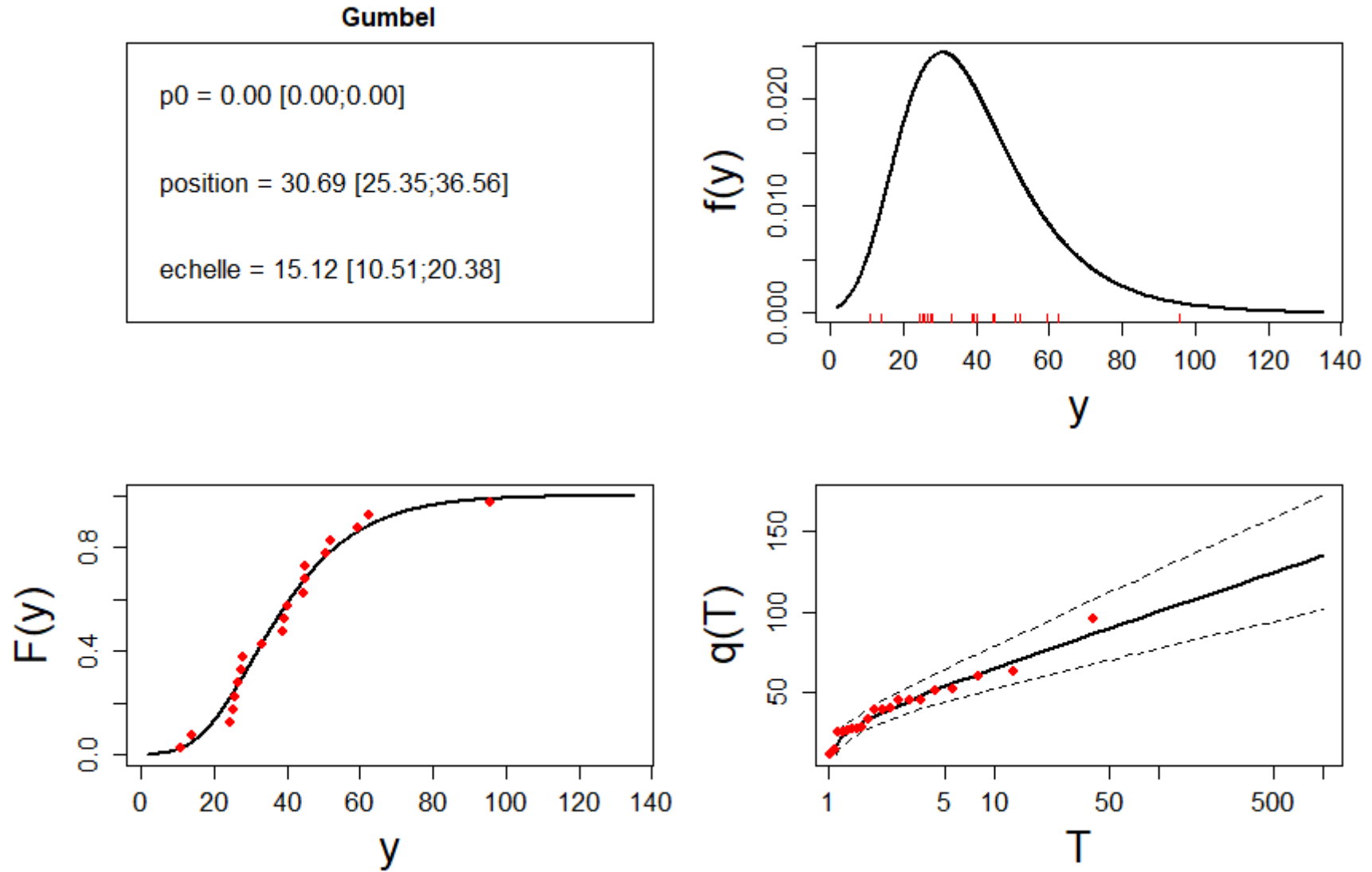


Figure 27 : ajustement Gumbel sur la station de Ménétréol-sur-Sauldre en utilisant uniquement les valeurs de débit maximal annuel qualifiée de "fiables"

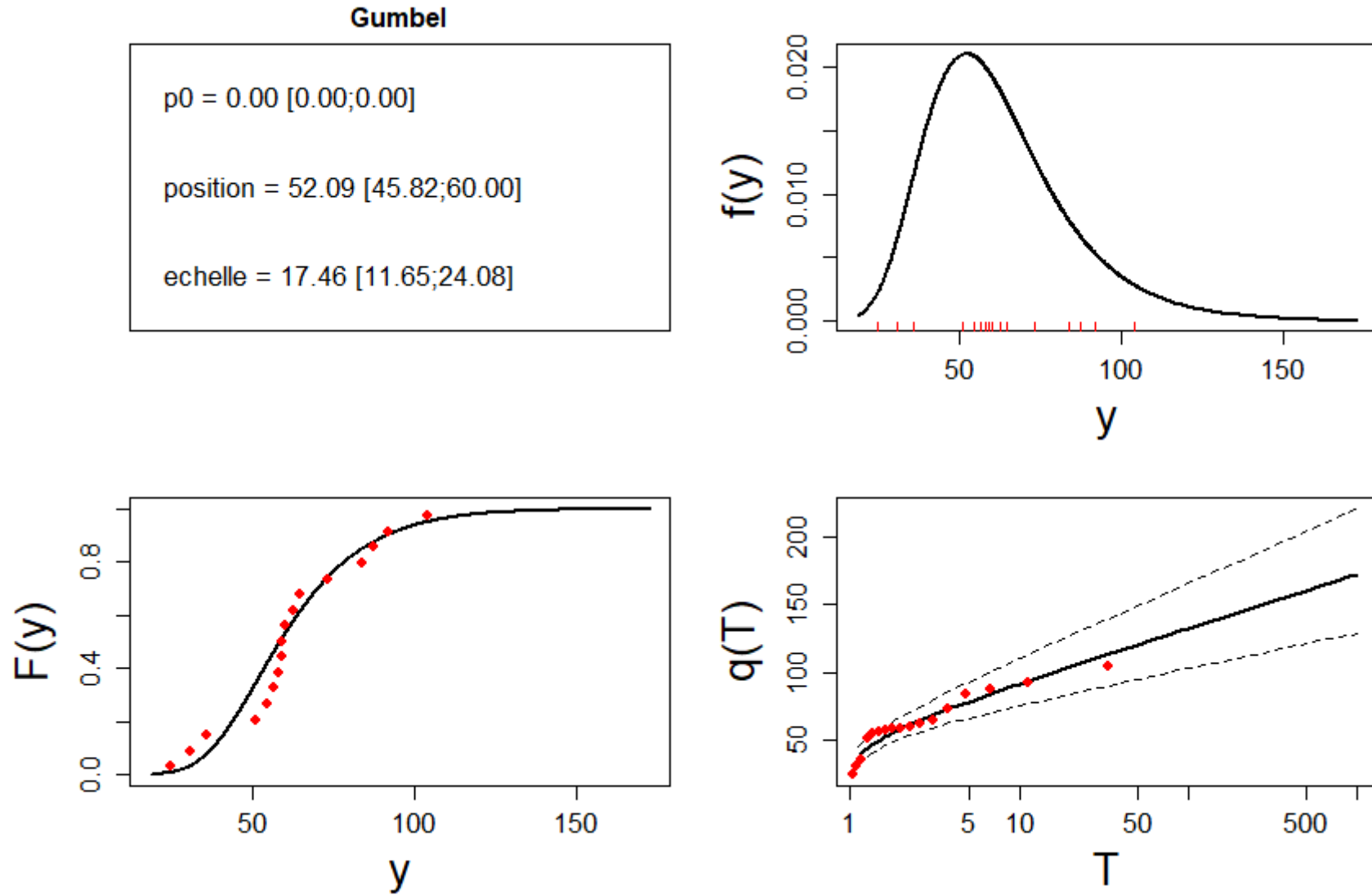


Figure 28 : ajustement Gumbel sur la station de Salbris en excluant 2016



