



11364 DRM



Agence de l'Eau  
Adour Garonne

# ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES CRUES A ÉPINAL, TOUL ET HAUCONCOURT SUR LA MOSELLE ET A MALZÉVILLE SUR LA MEURTHE

## ESTIMATION DES DURÉES DE RÉCURRENCE DES PRINCIPALES CRUES OBSERVÉES DE 1919 A 1984

J. F. ZUMSTEIN\*, E. GILLE\*\*, J. ABELE, M. ANGAUD, C. MARTIN\*\*\*

### RÉSUMÉ

Une étude fréquentielle des crues a été réalisée pour les quatre stations d'Épinal, Toul et Hauconcourt sur la Moselle et de Malzéville sur la Meurthe qui sont représentatives du comportement du bassin de la Moselle à ses principaux points caractéristiques et qui disposent des plus longues séries de mesures de crue actuellement disponibles.

Cette étude consistait à tester diverses lois usuelles afin de déterminer celles qui s'adaptent le mieux à chaque cas, dans le but de disposer pour chaque site d'une loi théorique en vue d'études futures et de déterminer l'occurrence des principales crues observées depuis 1919.

---

\*Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Moulins-les-Metz

\*\*Docteur-Ingénieur en Géologie Appliquée.

\*\*\*Service de la Navigation de Nancy.

## INTRODUCTION

A la suite des crues de 1982 et 1983, de la mise en révision des plans de zone submersibles et l'élaboration des premiers plans d'exposition aux risques d'inondation, le besoin de disposer d'études fréquentielles fiables des crues s'est posé.

### I - ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

Les principaux problèmes concernent l'échantillonnage des données à retenir (nature et longueur), l'utilisation des lois fréquentielles et le choix des stations.

#### 1. Les données

En ce qui concerne les données, il en existe de deux types :

- longues séries de hauteurs relevées aux échelles d'annonce des crues (appelées échelles dans la suite de l'article) ; elles sont de l'ordre d'une centaine d'années ;
- séries plus courtes de débits déterminés aux stations hydrométriques (appelées stations dans la suite) ; elles sont au maximum de l'ordre d'une trentaine d'années.

Une des seules certitudes en ce domaine est qu'il est nettement préférable de travailler sur des échantillons de débits plutôt que de hauteurs. En effet, sauf bouleversement d'importance des conditions d'écoulement à l'échelle du bassin, et dont le plus souvent les archives font mention, une série exacte de débits a plus de chance d'être homogène qu'une série de hauteurs. Les hauteurs sont en effet beaucoup plus sensibles à des modifications minimales dont la trace n'a pas été gardée systématiquement et qu'il est bien difficile de quantifier à chaque fois. D'autre part, le débit est une variable beaucoup plus représentative de la réponse du bassin aux événements hydrologiques.

Bien entendu, l'exactitude de la donnée de débit **brute** (avant toute tentative d'homogénéisation avec les autres valeurs de la série, par opposition avec une donnée **élaborée**) est beaucoup plus difficile à obtenir puisqu'elle cumule les incertitudes dues à la précision de la lecture ou de l'enregistrement de la hauteur, à celles dues à la fréquence d'acquisition des données et à celles dues à la qualité de la courbe de tarage.

## 2. Les lois fréquentielles

En ce qui concerne les lois, aucune ne se dégage comme généralisable à tous les cas. La meilleure démarche semble être de tester plusieurs lois et de retenir celle présentant les meilleurs ajustements graphiques et statistiques, ou traduisant le mieux la tendance générale parmi les lois paraissant correctes et dont la mise en œuvre est la plus simple. A ce stade de l'interprétation, la qualité des données et le type d'aménagement à réaliser interfèrent obligatoirement sur les résultats obtenus.

La fréquence théorique d'observation d'une crue de débit supérieur ou égal à un débit donné est souvent traduite en temps de récurrence exprimé en années. Cette présentation ne veut absolument pas dire que cette durée est celle qui sépare un événement d'un autre d'ampleur supérieure ou égale. Les crues étant considérées comme des événements indépendants d'une année hydrologique sur l'autre, cette présentation permet de quantifier les risques d'observer une crue d'ampleur donnée pendant une année quelconque et, selon le type d'aménagement, de se prémunir contre une crue suffisamment rare vis-à-vis du risque qu'elle fait encourir à défaut de pouvoir définir et retenir la crue maximale.

Il est à noter que la notion d'événements indépendants qui se conçoit bien lorsqu'on ne prend que la valeur maximale de chaque année hydrologique (prise dans cette étude du 1<sup>er</sup> septembre au 31 août) devient plus critiquable lorsqu'on retient plusieurs valeurs par an pour enrichir l'échantillon (comme dans le cas de la méthode de renouvellement utilisée dans cette étude et pour laquelle le critère d'indépendance est de ne retenir que les crues séparées par une durée de 30 jours minimum).

Dans tous les cas, et même avec la méthode du renouvellement, le résultat final est exprimé en fréquence d'obtention d'une crue par an d'une certaine ampleur.

La théorie permettant de répondre à la question de la fréquence d'observer dans la même année hydrologique trois crues (comme décembre 1982, avril et mai 1983) reste encore à trouver. C'est une préoccupation d'importance pour les compagnies d'assurance chargées d'indemniser les dégâts des calamités naturelles (loi de juillet 1982) et pour les riverains. Cette préoccupation est moindre pour la conception d'un ouvrage capable de supporter une crue donnée et qui, sauf dans le cadre d'un barrage écrêteur de crues par exemple pour qui la proximité trop grande de deux crues pourrait remettre en cause son efficacité à défaut de sa pérennité, s'accommode très bien de la répétition de crues d'ampleur inférieure ou égale à celle pour laquelle il a été dimensionné.

## 3. Le choix des stations (cf. annexe 1)

Dans le cadre de cette étude, le choix s'est porté sur les quatre stations disposant des plus longues séries et offrant une bonne représentativité du comportement du bassin.

Il s'agit d'ÉPINAL, TOUL et METZ/HAUCONCOURT sur la Moselle et de MALZEVILLE sur la Meurthe.

Comme la période d'existence des stations offrait de trop courtes séries de débits pour espérer valablement mener une étude fréquentielle correcte, une extension de ces séries a été réalisée à partir des hauteurs relevées à l'échelle voisine pour la plus longue période commune aux quatre stations : 1919 à 1984.

Il a cependant été nécessaire de reconstituer certaines des valeurs manquantes afin d'obtenir les séries les plus exhaustives possibles, comprenant forcément le maximum de chaque année hydrologique et quasiment l'ensemble des valeurs indépendantes supérieures ou égales aux seuils retenus pour la méthode du renouvellement.

Dans les cas de TOUL et de MALZÉVILLE, les sites des stations n'ont toujours été distants, au cours du temps, que de quelques centaines de mètres, sans aucun apport intermédiaire à retenir.

A ÉPINAL, l'échelle ne contrôle qu'un des deux bras de la Moselle, alors que la station, quelques centaines de mètres à l'amont, contrôle l'intégralité du cours d'eau.

A METZ, non seulement l'échelle ne contrôle pas l'intégralité du cours d'eau mais, de plus, la Seille se jette entre l'échelle et la plus proche station située nettement à l'aval : HAUCONCOURT.

## **II - PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE DE CONSTITUTION DES SÉRIES D'ÉTUDE**

Pour la période d'existence de la station, la meilleure façon d'obtenir les débits est d'utiliser les courbes de tarage et les hauteurs relevées à la station. La critique a donc porté sur la vérification des courbes et des hauteurs-station. A chaque courbe retenue correspond une période pendant laquelle la série des hauteurs-station peut être considérée comme homogène.

Parallèlement, une étude d'homogénéité de la série des hauteurs de l'échelle a été menée selon la méthode du CUSUM, présentée plus en détail dans un autre article, et par examen de l'historique du site. Il ressort de cette analyse que pour la période 1919-1984, la série peut être considérée comme homogène à TOUL, ÉPINAL et MALZEVILLE. En ce qui concerne METZ, une cassure apparaît au début des années 60 mais l'homogénéité semble bonne pour toute la période antérieure.

Pour permettre l'extension de la série, deux méthodes ont été utilisées.

## **1. ÉPINAL - MALZÉVILLE et HAUCONCOURT**

Une corrélation hauteur-hauteurs a été réalisée pour la période commune d'homogénéité la plus ancienne et utilisée pour transformer la série des hauteurs-échelle en série de hauteurs-station. La courbe de tarage de la station couvrant la période commune de mise au point de la corrélation a été utilisée pour transformer les hauteurs reconstituées en débits. La série finale de débits comprend donc des débits déterminés directement à la station pour sa période d'existence et des débits reconstitués pour la période antérieure.

## **2. TOUL**

Trois stations se sont succédées à TOUL (2 situées à l'aval et l'actuelle située à l'amont de l'échelle). Deux courbes de tarage ont été construites pour l'échelle par transfert des jaugeages par les diverses corrélations hauteurs/hauteurs réalisées pour chaque station avec les valeurs de la période correspondante à l'échelle. Cela a permis de vérifier la validité des valeurs obtenues à chaque station pour les crues survenues pendant sa période d'activité.

La série finale de débits est donc, pour les diverses périodes d'activité des stations, les résultats obtenus aux stations critiqués avec ceux obtenus à l'échelle et, pour l'époque antérieure, les débits reconstitués à l'échelle avec la lère courbe de tarage de l'échelle.

## **3. Vérification des séries de débits**

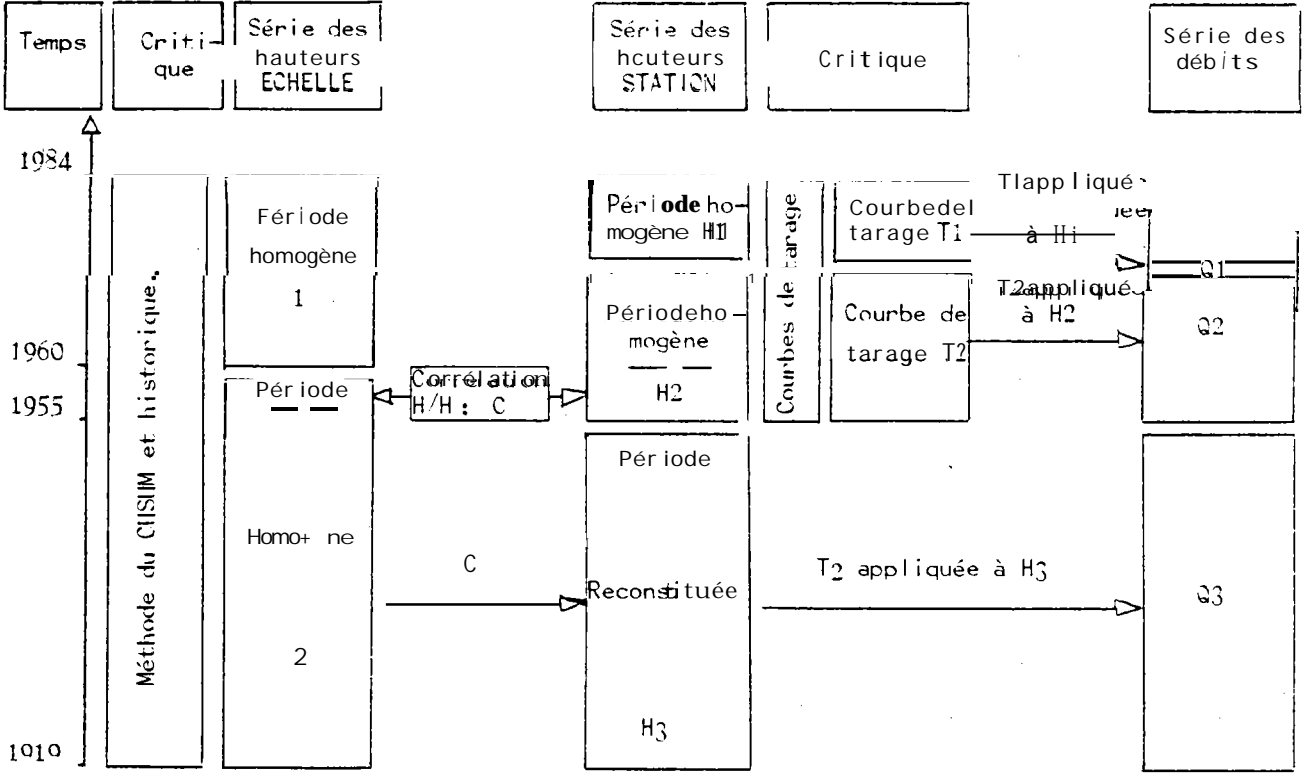
Après établissement des séries de débits, il a été possible de vérifier si ces reconstitutions n'avaient pas conduit à des valeurs aberrantes, en comparant les débits maximaux atteints par une même crue aux différentes stations.

## **III - PRÉSENTATION DES LOIS UTILISÉES**

Deux grands types de traitement ont été utilisés :

- un traitement sur l'échantillon constitué par les maxima instantanés de chaque année hydrologique avec les lois de GUMBEL et Log-Normale (Galton)
- un traitement sur l'échantillon de tous les maxima, espacés d'au moins un mois et supérieurs à divers seuils de débits, selon la méthode du renouvellement mise au point par la Direction Technique Générale d'E.D.F.

Exemple de la méthode pour HAUCONCOURT



On appelle loi de GUMBEL, la fonction définissant la fréquence de non dépassement  $F$  affectée à un débit donné  $Q$  de la manière suivante :

$$F(Q) = \exp(-\exp(-a(Q - Q_0)))$$

$a$  et  $Q_0$  sont déterminés à partir de la moyenne et de l'écart-type de l'échantillon des débits.

La loi Log-Normale définit  $F(Q)$  par :

$$F(Q) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{avec } u = a \ln(Q - Q_0) + b$$

$a$ ,  $b$  et  $Q_0$  sont aussi déterminés à partir des moments et des moments centrés.

Il serait difficile de présenter ici la méthode du renouvellement pour laquelle nous conseillons de se reporter à l'ouvrage de J. MIQUEL (cf. bibliographie).

En résumé, pour chaque seuil, la loi de répartition du nombre de valeurs de crue par année hydrologique doit s'ajuster à la loi de Poisson ou à la loi Binomiale Négative pour que l'échantillon puisse être retenu. Ensuite, deux lois sont ajustées sur cet échantillon : la loi exponentielle simple et la loi de Weibull.

La validité de l'ajustement est jugée visuellement par le positionnement sur un graphique par rapport à la courbe théorique et à son intervalle de confiance à 70 % des couples formés par les  $n$  débits  $Q_i$  de l'échantillon classés par ordre croissant (le plus faible débit étant  $Q_1$ ) affectés de la fréquence expérimentale cumulée de non dépassement  $F(Q_i) = \frac{\sum_{j=1}^i P_{ou}}{n+1}$ . Pour  $N$  assez petit, on peut utiliser la fréquence expérimentale cumulée  $F(Q_i) = \frac{i-1/2}{n}$ . Le test statistique du Khi 2 est aussi utilisé (test peu puissant).

#### IV - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

##### 1. Avertissement

En raison de la longueur des échantillons utilisés pour cette étude (65 ans), la validité des résultats peut être estimée correcte jusqu'à des temps de retour théorique de 200 ans.

## 2. Loi retenue par station

## a) ÉPINAL (cf. annexes 2, 3, 4 et 5)

Parmi les lois et les seuils essayés pour la méthode du renouvellement, seule la loi exponentielle au seuil de 200 m<sup>3</sup>/s est satisfaisante.

D'un autre côté, les lois de GUMBEL et LOG-NORMALE présentent une remarquable homogénéité dans leurs résultats et l'ajustement graphique de la loi de GUMBEL est très correct. Ces résultats s'écartent légèrement de ceux de la loi exponentielle mais sans remise en cause fondamentale.

Temps de retour (ans)	Exponentielle à 200 m <sup>3</sup> /s (m <sup>3</sup> /s)	GUMBEL (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>exp200</sub> - Q <sub>Gumbel</sub>	
				Q <sub>Gumbel</sub>
2	404	434		- 7 %
5	536	500		+ 5 %
10	635	604		+ 5 %
20	735	695		+ 6 %
50	866	813		+ 6 %
100	966	901		+ 7 %
700	1 065	989		+ 8 %

De plus, la mise en application des lois de GUMBEL ou LOG-NORMALE étant plus simple, il est licite de retenir, au choix, une de ces deux lois.

*Lois retenues : Loi de GUMBEL ou loi LOG-NORMALE*

## b) TOUL (cf. annexes 5, 6, 7, 8 et 9)

Trois familles de lois correctes se détachent de l'analyse que l'on peut classifier de la manière suivante, selon l'ordre croissant des débits correspondant à un temps de retour donné (1. Les plus faibles) :

1. Loi exponentielle aux seuils de 300 m<sup>3</sup>/s et de 400 m<sup>3</sup>/s et loi LOG-NORMALE ;
2. Loi de GUMBEL ;
3. Loi de WEIBULL aux seuils de 300 m<sup>3</sup>/s et de 400 m<sup>3</sup>/s.

Tous les tests statistiques et graphiques sont corrects.



Finalement, c'est la loi de GUMBEL qui a été retenue pour les raisons suivantes :

- ajustement graphique particulièrement bon ;
- résultats faisant la moyenne de crue des 3 classes définies ci-dessus ;
- mise en œuvre de la loi la plus simple.

*Loi retenue : loi de GUMBEL*

c) **MALZÉVILLE** (cf. annexes 10, 11, 12 et 13)

Deux familles de lois correctes ressortent :

1. Loi exponentielle au seuil de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  et loi LOG-NORMALE ;
2. Loi de GUMBEL.

Par des considérations purement statistiques ou graphiques, il est difficile de choisir entre ces deux lois.

Pour des raisons de sécurité vis-à-vis des aménagements à réaliser (car on constate que durant la période ayant servi à construire les échantillons de calcul, 4 crues d'ampleur supérieure ou égale à la crue d'avril 1983 ont été enregistrées) nous proposons de retenir la loi LOG-NORMALE.

*Loi retenue : loi LOG-NORMALE*

d) **HAUCONCOURT** (cf. annexes 13, 14, 15 et 16)

Ici aussi, les lois correctes se regroupent en deux familles :

1. Loi exponentielle au seuil de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  et loi LOG-NORMALE ;
2. Loi de GUMBEL.

Le choix par des considérations graphiques ou statistiques est difficile.

Pour des raisons de sécurité vis-à-vis des aménagements à réaliser et par souci de cohérence entre les résultats obtenus aux diverses stations pour des crues données, c'est la loi LOG-NORMALE que nous avons retenue.

*Loi retenue : Loi LOG-NORMALE*

## 3. Durées de récurrence (R) des principales crues observées de 1919 à 1984

épisodes de crue	bPINAL		TOUL		MALZEVILLE		HAUCONCOURT	
	débit (m <sup>3</sup> /s)	R (ans)	débit (m <sup>3</sup> /s)	R (ans)	débit (m <sup>3</sup> /s)	R (ans)	débit (m <sup>3</sup> /s)	R (ans)
Décembre 1919	860	70	1 000	20	760	25	1 580*	12
Décembre 1947	900	100	1 300	100	1 000	100	2 450-2 600	100
Janvier 1955	655	15	920	13	610	11	1 600	12
février 1958	490	5	860	10	645	11	1 630	13
Décembre 1982	530	6	840	9	595	10	1 580	12
Avril 1983	740	30	1 150	50	760	25	2 080	40
Mai 1983	405	2	865	10	780	30	1 990	30
LOI	GUMBEL		GUMBEL		LOG-NORMALE		LOG-NORMALE	

\* la valeur du débit à HAUCONCOURT paraît faible vis-à-vis des valeurs enregistrées aux stations situées à l'amont. Cependant, tous les repères de crue situés dans le secteur de la station d'HAUCONCOURT la donne du même ordre que la crue de décembre 1982.

## SOURCES

Les données en provenance du Service de la Navigation de Nancy ont été utilisées ainsi que les documents d'archives rassemblés par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

**BIBLIOGRAPHIE**

- GUMBELE J., Méthode graphique pour l'analyse des débits de crue. La Houille Blanche, n° 5, novembre 1956.
- BERNIER J., Sur l'application des différentes lois limites des valeurs extrêmes au problème des débits de crue. La Houille Blanche, n° 5, novembre 1956.
- ROCHE M., Hydrologie de surface. Gauthiers Villars, Paris 1963.
- DUBREUIL P., Analyse du régime des pluies et de débits. Courbes chronologiques monotones. Analyse statistique. E.N.G.R.E.F. 1967.
- DEMARRE G., Les théories statistiques des valeurs extrêmes et leur application à la détermination des surcharges climatiques extrêmes. Travaux, avril 1968.
- BERNIER J. et FANDEUX D., Théorie du renouvellement. Application à l'étude statistique des précipitations mensuelles. Revue de Statistique Appliquée, vol. XVIII, n° 2, 1970.
- Tables statistiques. Revue de Statistique Appliquée, n° spécial 1973
- VENTSEL H., Théorie des probabilités. Editions MIR, Moscou 1973.
- C.T.G.R.E.F. Programme G. Courb. Lois à trois paramètres : Produit de lois. C.T.G.R.E.F. informations techniques. Cahier n° 29, mars 1978.
- MURRAY R. Spiegel. Théorie et applications de la statistique. Série Schaum. Mc Graw Hill 1981.
- MIQUEL J. 1984. Guide pratique d'estimation des probabilités de crues. Editions Eyrolles. Paris 1984.

**ZUSAMMENFASSUNG****FREQUENZANALYSE DER HOCHWASSER IN EPINAL, TOUL UND HAUCONCOURT, AUF DER MOSEL, UND IN MALZEVILLE AUF DER MEURTHER.**

*Es wurde eine Frequenzstudie der Hochwasser für vier Beobachtungstellen hergestellt : in EPINAL, TOUL und HAUCONCOURT, auf der Mosel, und in MALZEVILLE auf der Meurthe. Diese vier Stellen sind repräsentativ für das Verhalten des Moselbeckens an seinen charakteristischsten Punkten und für welche man eine lange Serie von Daten besitzt.*

*Vorliegende Studie besteht aus einem Versuch verschiedene übliche Gesetze zu prüfen, damit man herausbekommt welche sich für die einzelnen Fälle am besten eignen, in der Absicht dass man für jede Lage ein theoretisches Gesetz zur Verfügung hat, damit spätere Studien gestartet werden können, die die Anfälligkeit der hauptsächlichsten beobachteten Hochwasser seit 1919 zu ermitteln erlauben.*

**SUMMARY****LOGISTICAL ANALYSIS OF FLOODS FOR RIVER MOSELLE (EPINAL, TOUL AND METZ) AND FOR RIVER MEURTHER (MALZEVILLE).**

*A logistical study of flooding was done for the four stations of EPINAL, TOUL and HAUCONCOURT on the Moselle River, and of MALZEVILLE on the Meurthe River. These stations are representative of the behavior of the basin of the Moselle at its principal characteristic points, and for which the greatest amount of on going statistical data is available.*

*The study consisted of testing diverse common statistical methods to determine those which best adapted to each individual site, to find those which could be reused in future studies and also to determine the frequency of the principal floods observed since 1919.*

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Carte de localisation

Annexe 2 : Tableau récapitulatif pour la station d'Epinal

Annexe 3 : Graphique de la loi exponentielle au seuil de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  à Epinal

Annexe 4 : Graphique de la loi de GUMBEL à Epinal

Annexe 5 : Graphique de la loi LOG-NORMALE à Epinal et Toul

Annexe 6 : Tableau récapitulatif pour la station de Toul

Annexe 7 : Graphique de la loi exponentielle au seuil de  $400^3/\text{s}$  à Toul

Annexe 8 : Graphique de la loi de WEIBULL au seuil de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  à Toul

Annexe 9 : Graphique de la loi de GUMBEL à Toul

Annexe 10 : Tableau récapitulatif pour la station de Malzéville

Annexe 11 : Graphique de la loi exponentielle au seuil de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  à Malzéville

Annexe 12 : Graphique de la loi de GUMBEL à Malzéville

Annexe 13 : Graphique de la loi LOG-NORMALE à Malzéville et Hauconcourt

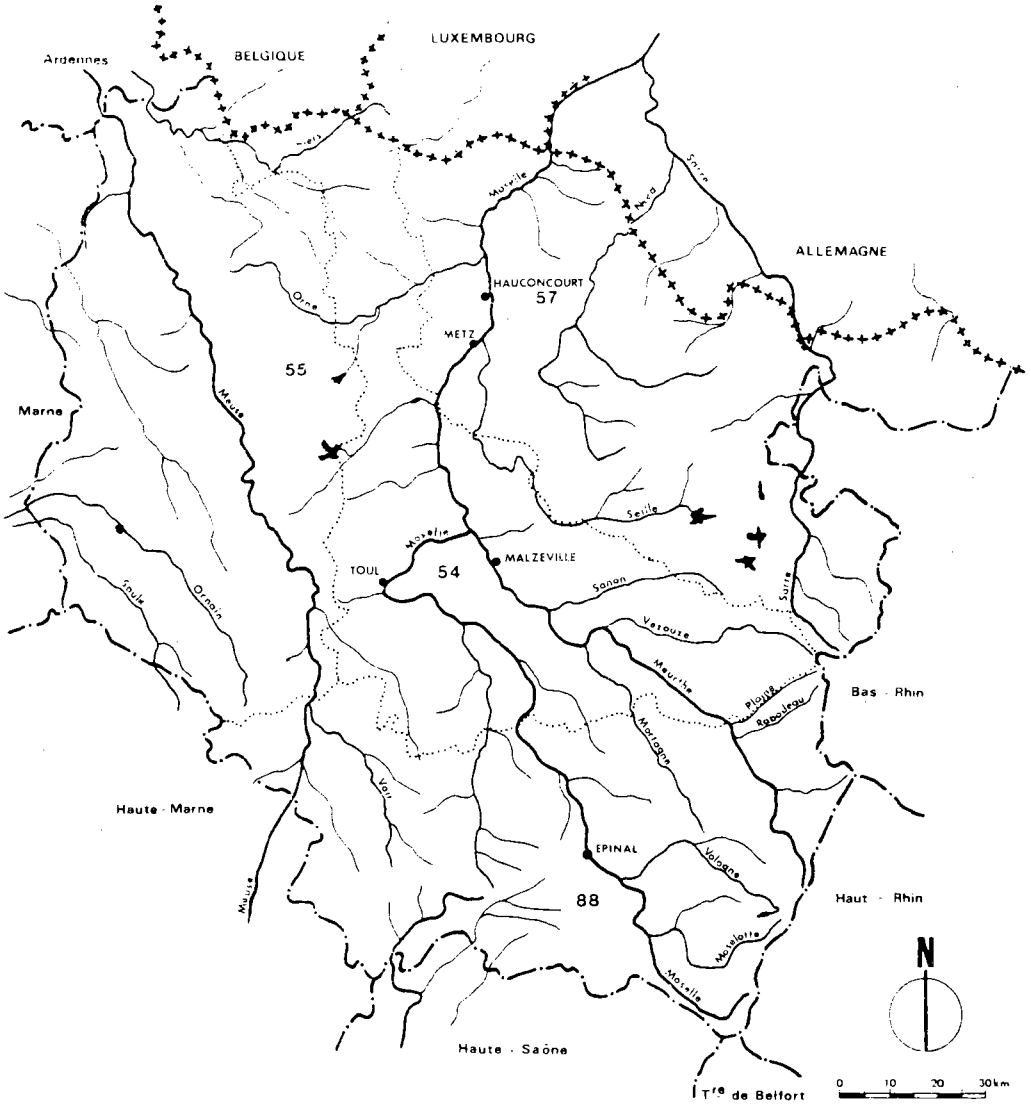
Annexe 14 : Tableau récapitulatif pour la station de Hauconcourt

Annexe 15 : Graphique de la loi exponentielle au seuil de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  à Hauconcourt

Annexe 16 : Graphique de la loi de GUMBEL à Hauconcourt

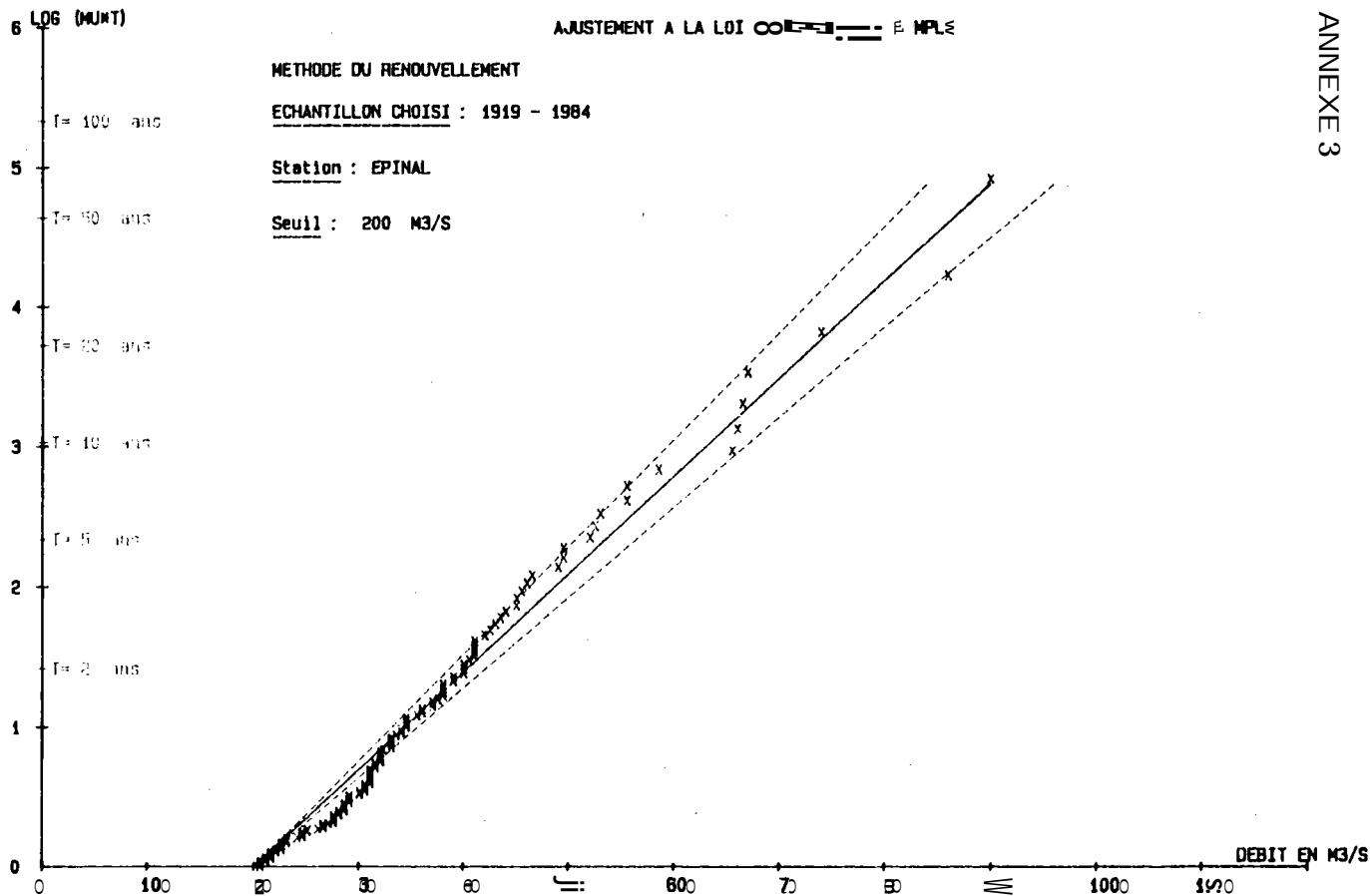
ANNEXE 1

PLAN DE SITUATION

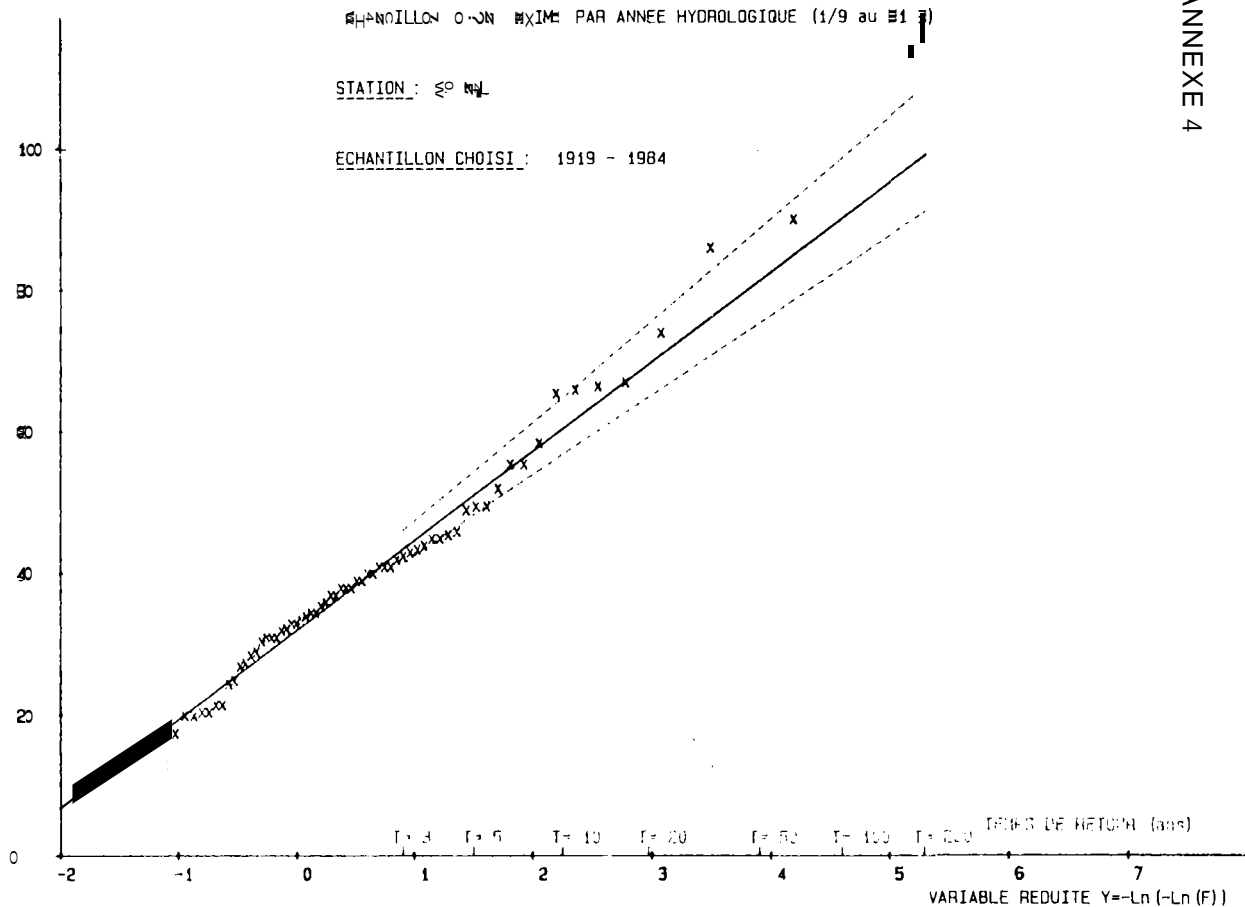




## ANNEXE 3

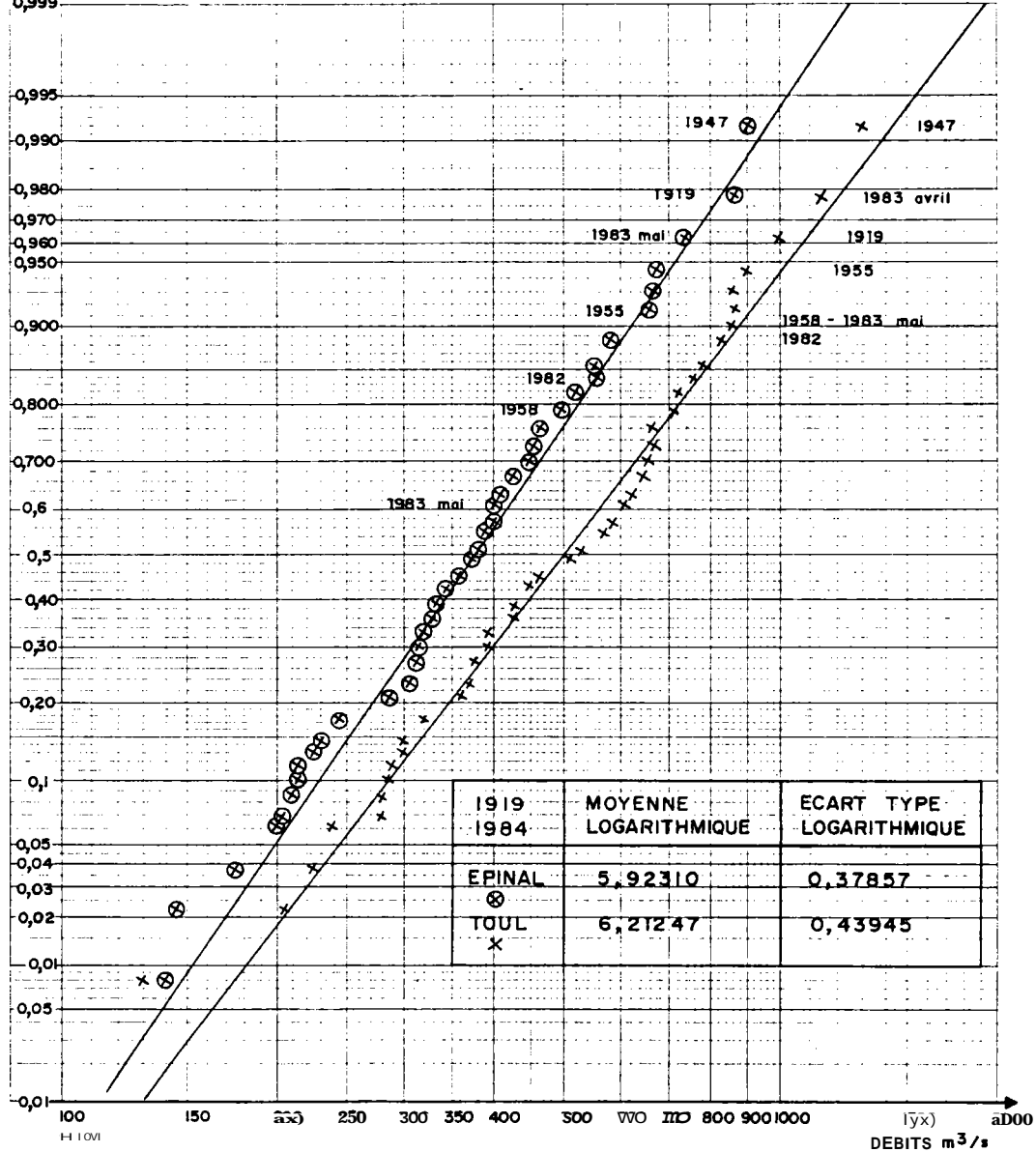






Ajustement d'une loi Log. normale à EPINAL - TOUL  
1919 - 1984.  
(Moselle)

$$F_n = \frac{n-1/2}{N}$$

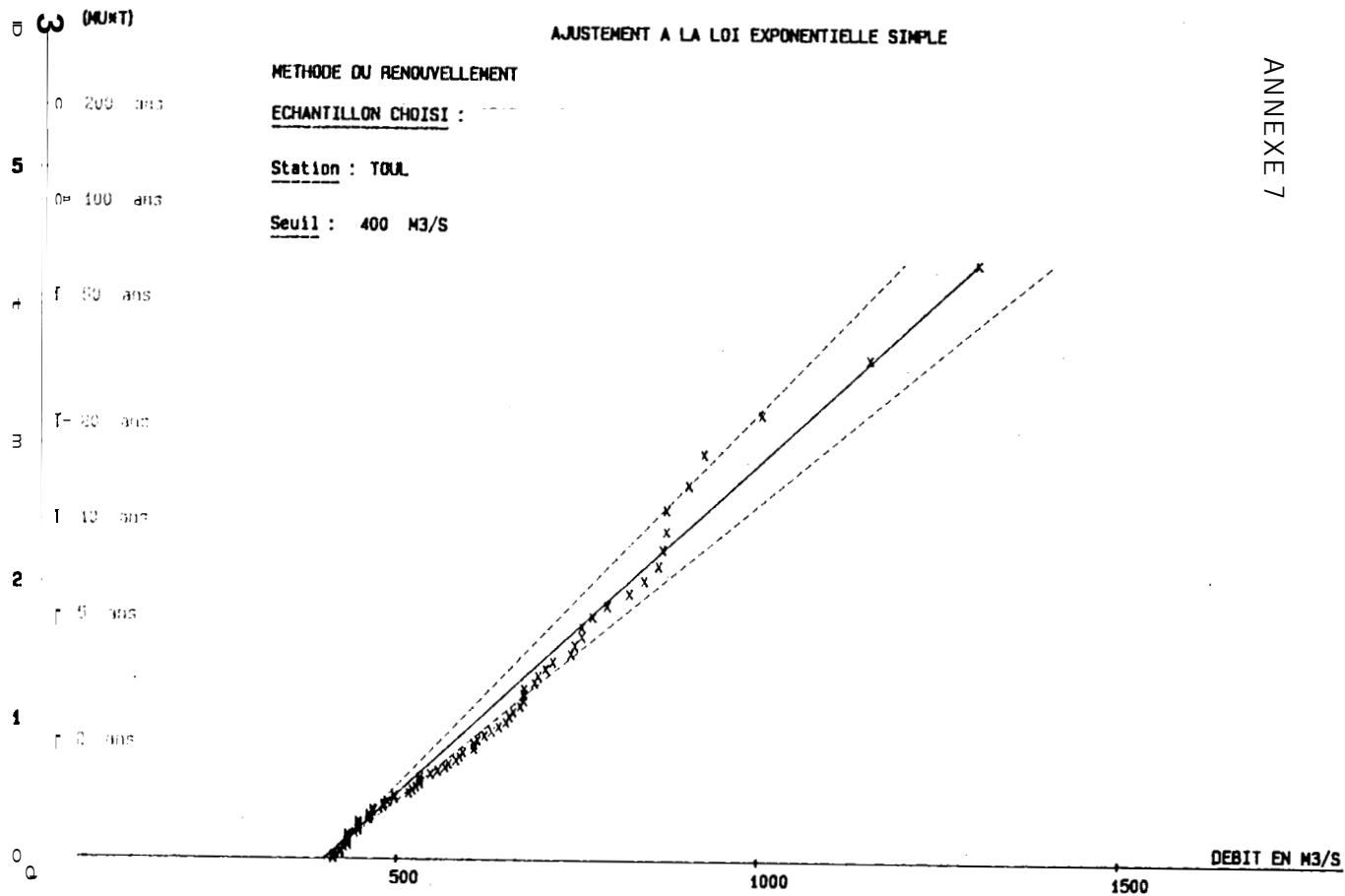


H 101

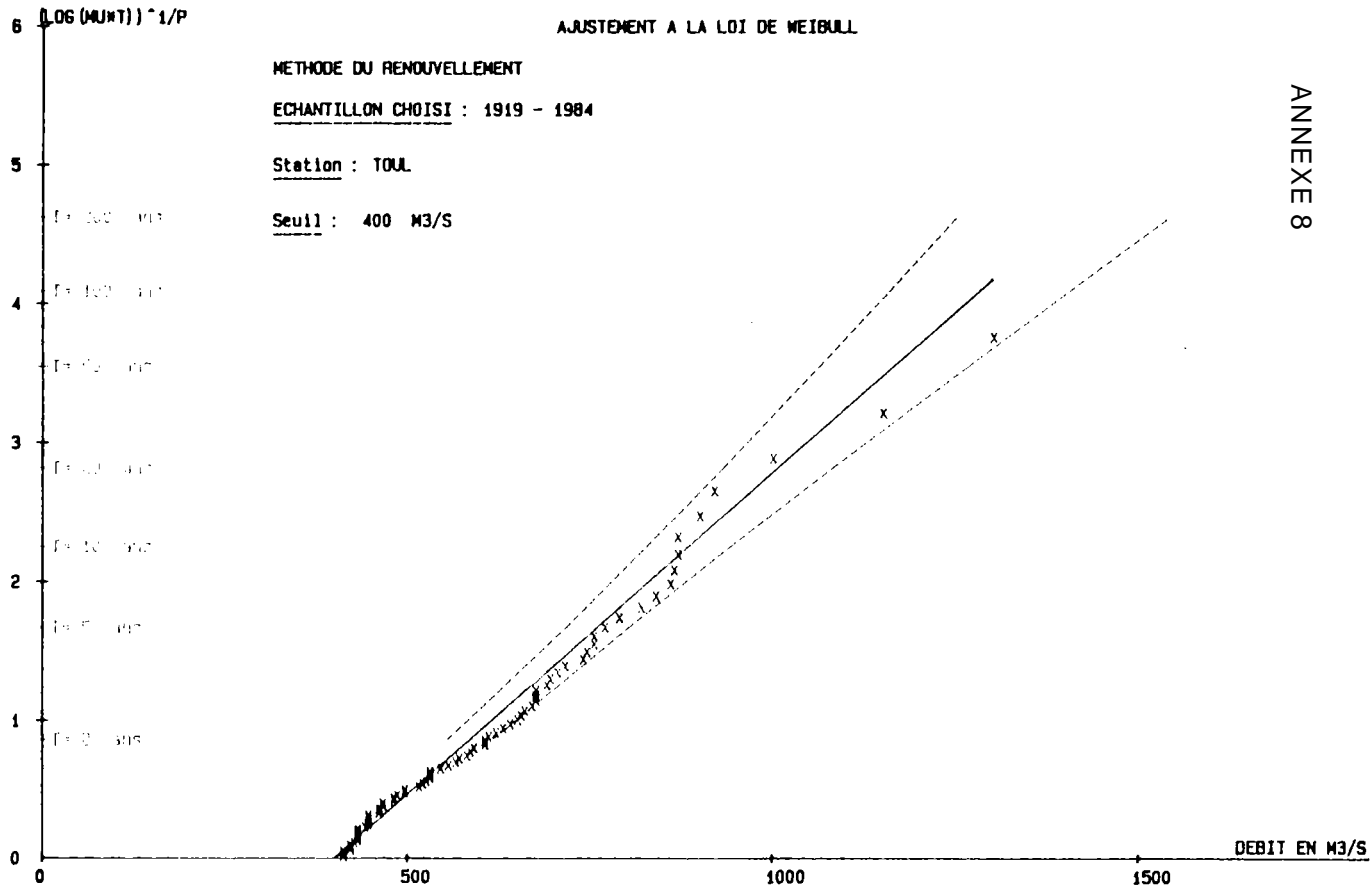
(yx) aD00  
DEBITS m<sup>3</sup>/s

METHODE DU RINOUVELLEMENT							LOI	LOI
LOIS	EXPONENTIELLE			WEIBULL				
Statistiques	200 m <sup>3</sup> /s	300 m <sup>3</sup> /s	400 m <sup>3</sup> /s	200 m <sup>3</sup> /s	300 m <sup>3</sup> /s	400 m <sup>3</sup> /s	de	LOG-
AJUSTEMENT DE L'ECHANTILLON								
-oi de Poisson binomiale négative	mauvais mauvais	bon 	bon 	mauvais mauvais	bon 	bon 	GUMBEL	NORMAL
AJUSTEMENT GRAPHIQUE	mauvais	bon	bon	mauvais	bon	bon	bon	bon
TEST DU CHI 2	bon	bon	bon	bon	bon	bon	bon	bon
TEMPS DE RETOUR								
2 ANS	597	577	576	585	581	586	617	499
5 ANS	819	771	766	744	751	760	727	722
10 ANS	988	919	910	856	874	886	865	876
20 ANS	1156	1067	1054	962	994	1008	998	1028
50 ANS	1378	1262	1244	1096	1149	1165	1169	1230
100 ANS	1547	1409	1388	1194	1263	1282	1298	1387
200 ANS	1715	1557	1553	1289	1376	1397	1426	1551

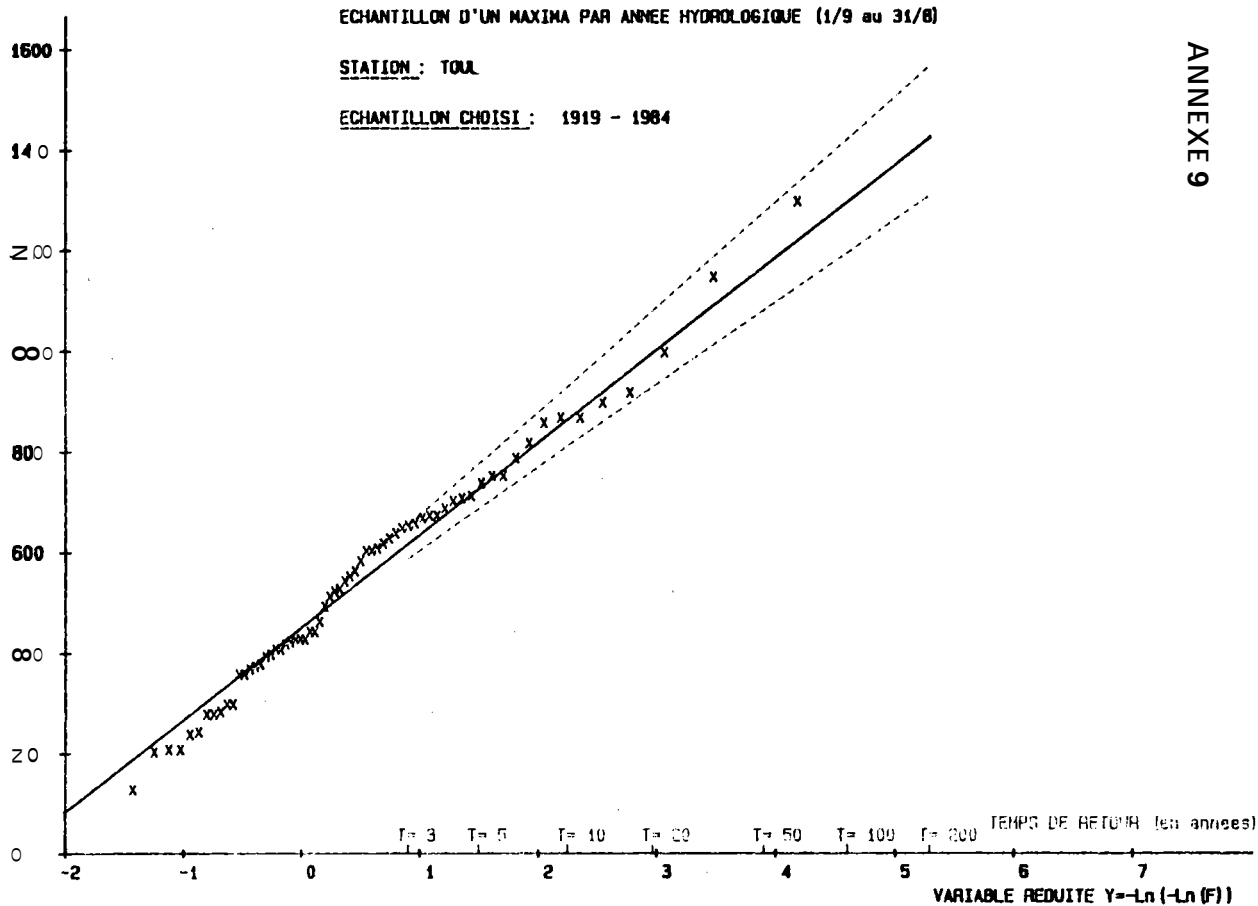
## ANNEXE 7



## ANNEXE 8



ANNEXE 9



STATION : MALZEVILLE

COURS D'EAU : MEURTHE

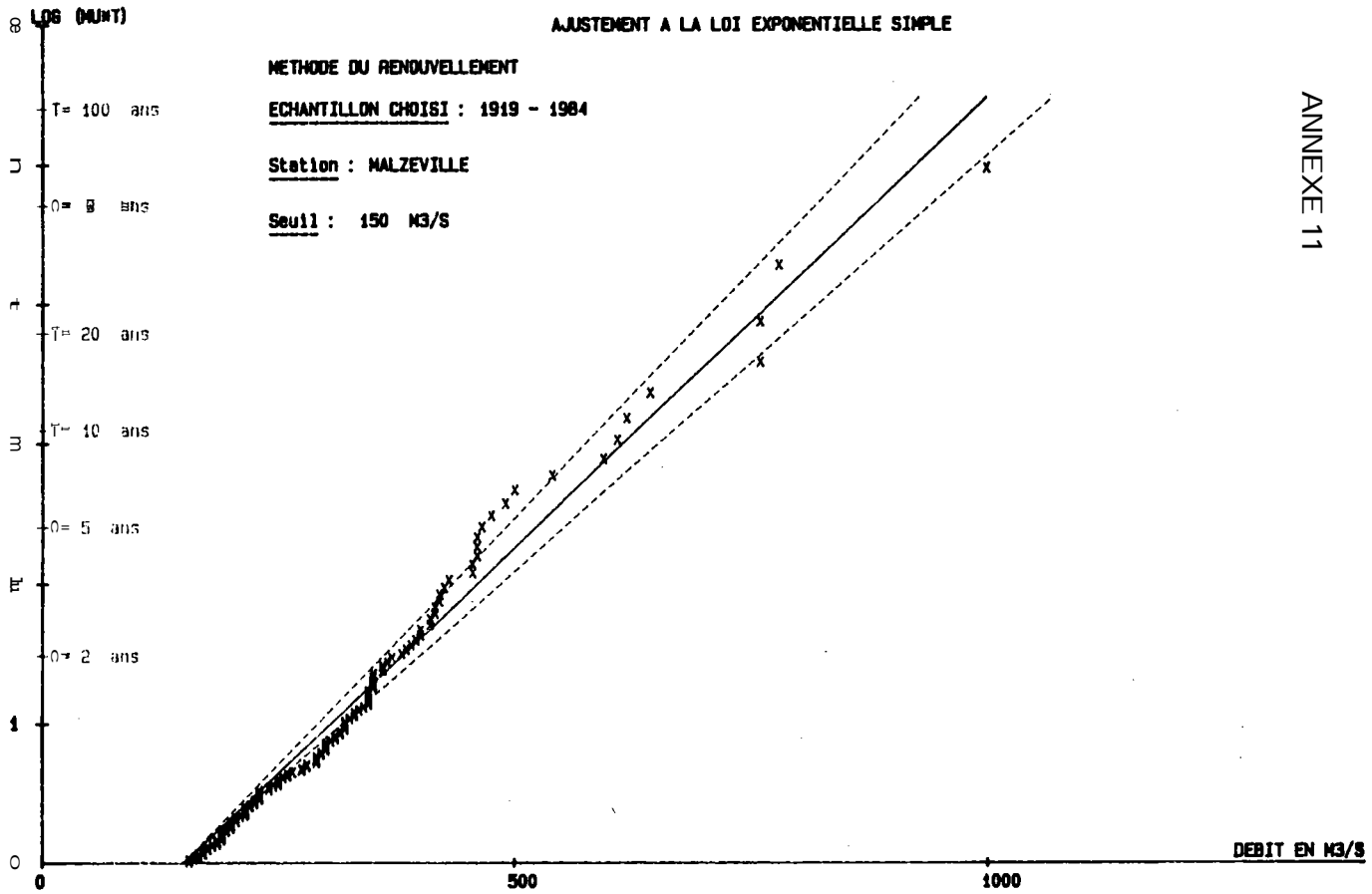
ECHANTILLON : 1919-1984

ANNEXE 10

METHODE DU RENOUVELLEMENT							LOI	LOI
LOIS	EXPONENTIELLE			WEIBULL				
SEUILS	150 m3/s	200 m3/s	300 m3/s	150 m3/s	200 m3/s	300 m3/s	de	LOG-
AJUSTEMENT DE L'ECHANTILLON								
Loi de Poisson Binomiale Négative	bon /	bon /	mauvais mauvais	bon /	mauvais mauvais	mauvais mauvais	GUMBEL	NORMALE
AJUSTEMENT GRAPHIQUE	bon	bon	mauvais	mauvais	mauvais	mauvais	bon	bon
TEST DU KHI 2	bon	bon	bon	bon	bon	bon	bon	bon
TEMPS DE RETOUR								
2 ANS	381	377	380	381	381	383	339	311
5 ANS	523	513	497	499	502	497	440	477
10 ANS	631	616	585	584	589	582	572	596
20 ANS	738	719	674	667	674	666	670	717
50 ANS	881	855	791	773	783	776	796	882
100 ANS	988	958	879	852	865	858	891	1 014
200 ANS	1 096	1 061	967	929	945	940	985	1 153

FRÉQUENCE DES CRUES : MOSELLE ET MEURTHE

ANNEXE 11

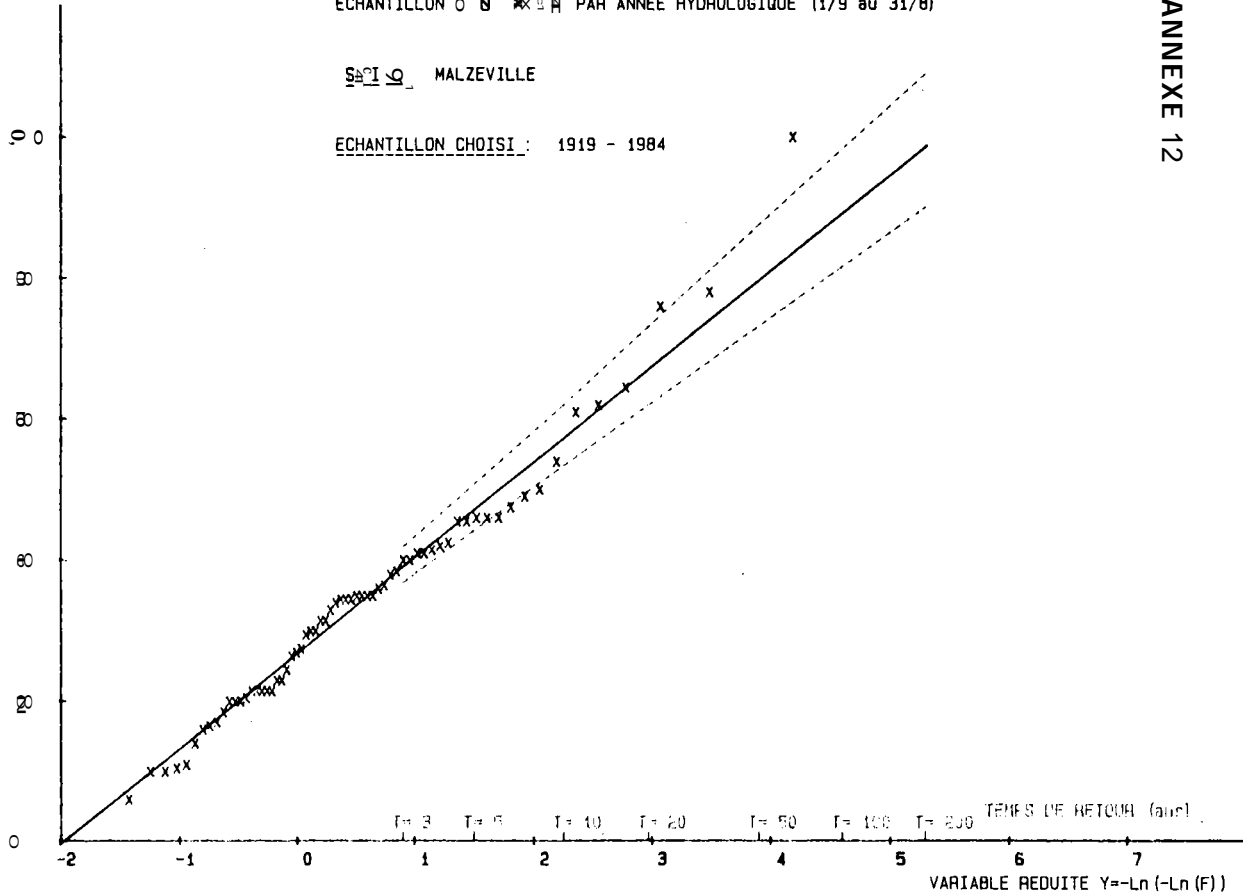




ECHANTILLON O  $\times$   $\frac{m^3}{s}$  PAR ANNEE HYDROLOGIQUE (1/9 au 31/8)

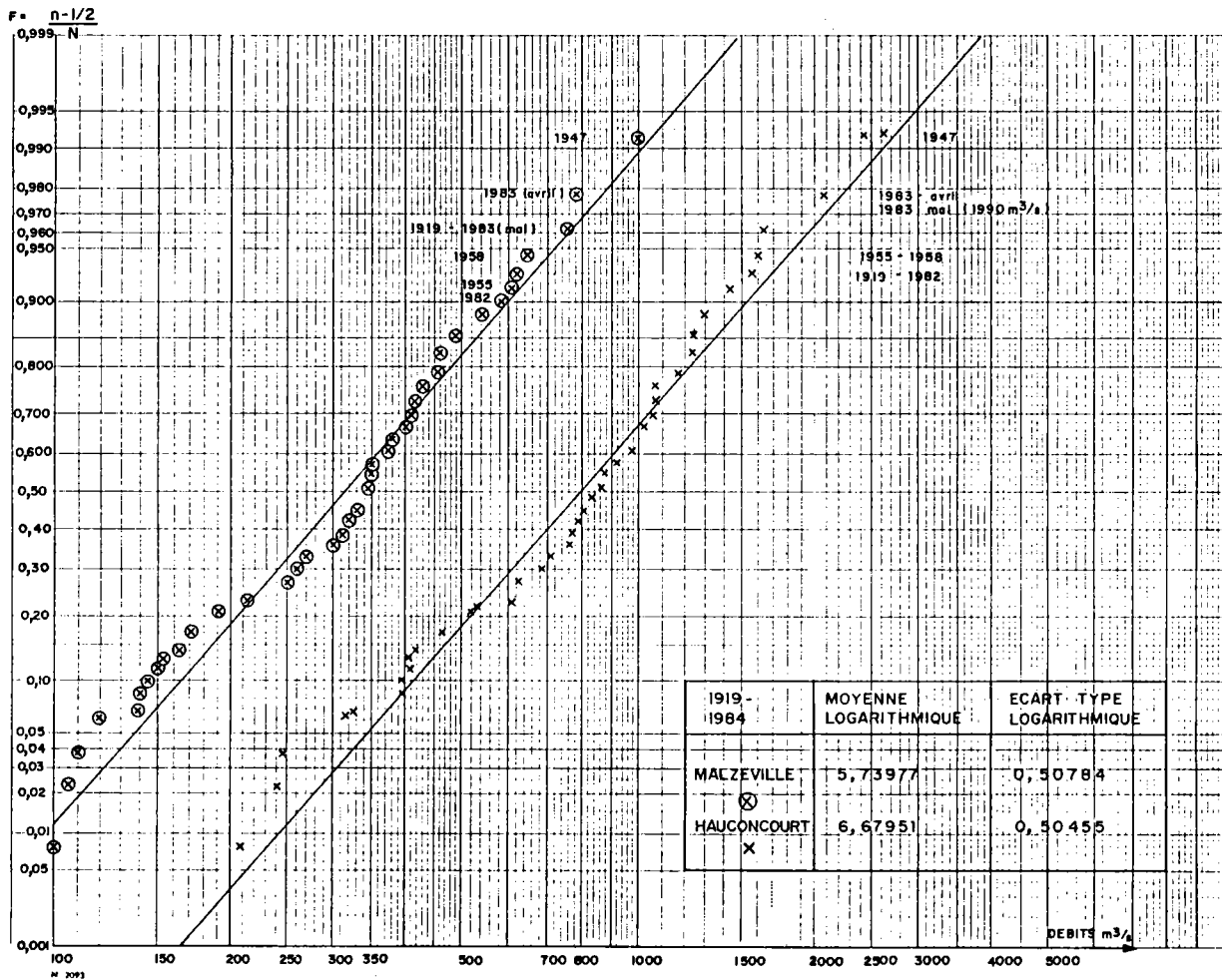
SATI-O MALZEVILLE

ECHANTILLON CHOISI : 1919 - 1984



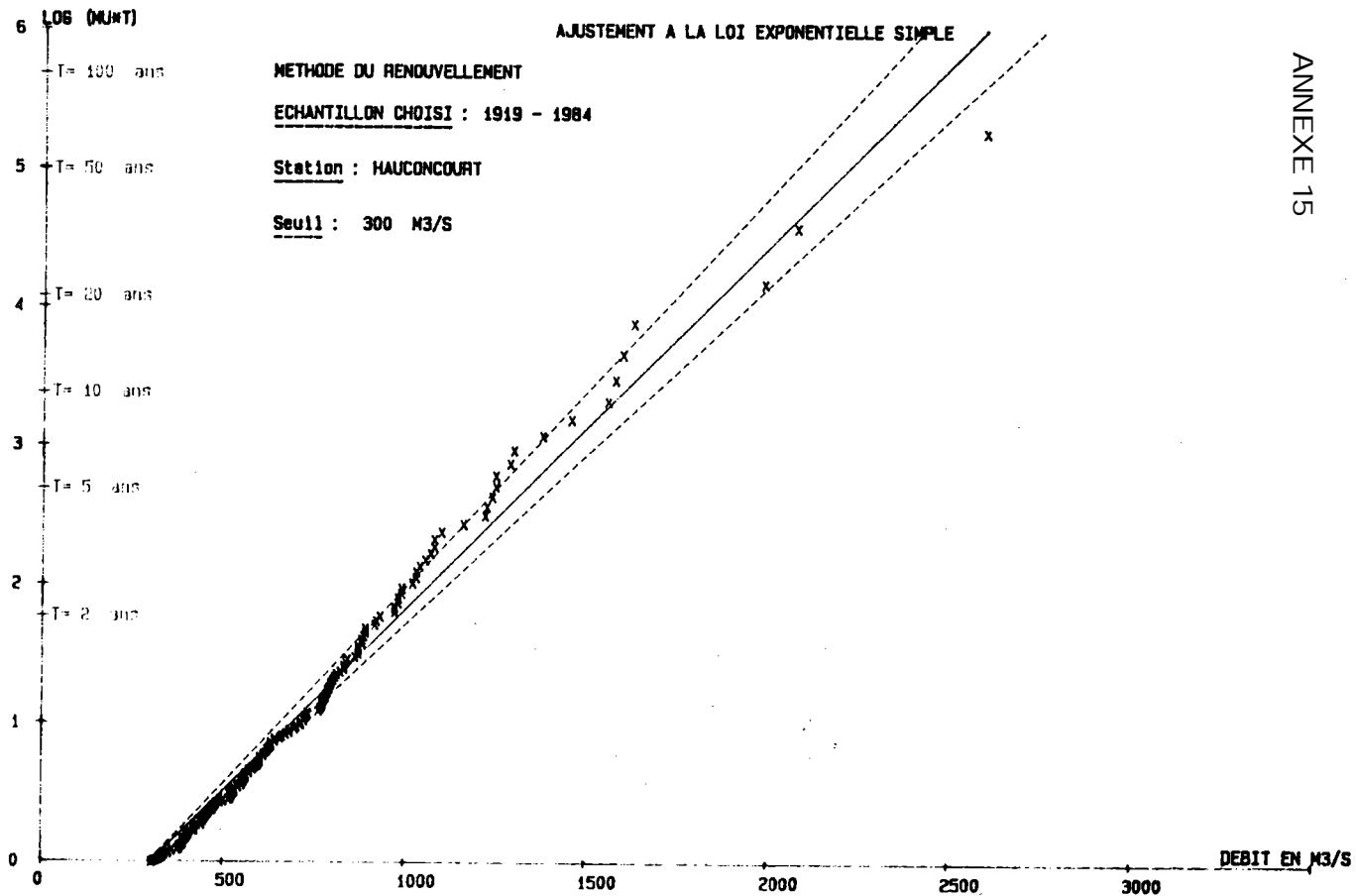
ANNEXE 12

Ajustement d'une loi Log. normale à MALZEVILLE - HAUCONCOURT (1919-1984)  
(Meurthe) (Moselle)



METHODE DU RENOUVELLEMENT							LOI	LOI
LOIS	EXTENSION BELLE			VIBULL				
SEUILS	300 m3/s	600 m3/s	700 m3/s	300 m3/s	600 m3/s	700 m3/s	dc	LOG
Loi de Poisson Binomiale Négative	bon	bon	bon	mauvais bon	bon /	bon /	GUHILL	NORMALE
AJUSTEMENT GRAPHIQUE	bon	mauvais	mauvais	/	mauvais	mauvais	bon	bon
TEST DU CHI 2	bon	bon	bon	mauvais	bon	bon	-ion	lion
TEMPS DE RETOUR				DIVERGENCE				
2 ANS	97x	948	951		958	954	1005	796
5 ANS	1328	1266	1247		1155	1246	207	1217
10 ANS	1598	1506	1470		1474	1465	1460	
20 ANS	1859	1746	1693		1689	1684	1703	
50 ANS	1209	2064	1988		1968	1912	2017	2243
100 ANS	1414	2304	2212		2177	2189	2253	2574
200 ANS	2740	2545	2435	2384	2406	2487	2925	

## ANNEXE 15



ANNEXE 16

DEBIT EN M3/S

AJUSTEMENT A LA LOI DE GUMBEL

ECHANTILLON D'UN MAXIMA PAR ANNEE HYDROLOGIQUE (1/9 au 31/8)

STATION : HAUCONCOURT

ECHANTILLON CHOISI : 1919 - 1984

