

**DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR**

---

**DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT**

---

**ATLAS DES ZONES INONDABLES  
DES COTES D'ARMOR**

**NOTE DE CALCUL HYDROLOGIQUE**

**Chef de Projet :** Pierre Alain RIELLAND

**NTS n°20747H**

**Version 20/11/03**



**JUIN 2003**

## SOMMAIRE

---

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2. Données hydrologiques disponibles</b>	<b>1</b>
<b>3. Calcul des débits caractéristiques de crue de fréquence décennale aux stations</b>	<b>2</b>
3.1. Ajustement de Gumbel	2
3.2. Coefficient de Myer	3
<b>4. Calcul des débits de crue d'occurrence rare aux stations</b>	<b>3</b>
4.1. Méthode de Gumbel	3
4.2. Méthode du Gradex	5
<b>5. Synthèse du calcul des débits caractéristiques de crue</b>	<b>6</b>
5.1. Débits retenus à la station de Guenroc	6
5.2. Débits retenus à la station de Saint Jouan de l'Isle	7
<b>6. Débits historiques</b>	<b>7</b>
6.1. Période de retour des événements historiques	7
6.2. Crue de référence	8
6.3. Niveaux atteints par la crue de référence	8
<b>7. Définition de l'aléa</b>	<b>9</b>

### **ANNEXE I : AJUSTEMENTS STATISTIQUES**

### **ANNEXE II : HYDROGRAMMES DE CRUE A GUENROC**

### **ANNEXE III : GRADEX DES PLUIES**

### **ANNEXE IV : REPERES DE CRUE**

## 1. INTRODUCTION

L'objet de la présente note est de déterminer le débit de crue de référence de la Rance, afin de déterminer l'aléa inondation sur l'ensemble du linéaire.

Conformément à la législation, ce débit de référence sera le débit centennal ou un débit mesuré historique si celui-ci est supérieur au débit centennal.

Le calcul sera mené aux stations hydrométriques de Guenroc (barrage de Rophemel) et Saint Jouan de l'Isle.

nom	Code hydrologique	Superficie bassin versant	Période d'observation	Nbre d'années	Gestionnaire
Guenroc	J0621610	380 km <sup>2</sup>	1939-2002	63	EDF
Saint Jouan de l'Isle	J0611610	153 km <sup>2</sup>	1985-2002	19	DIREN

L'analyse hydrologique s'appuiera dans un premier temps sur l'étude des débits maximums annuels de la Rance à Guenroc. L'analyse de la station de Saint Jouan de l'Isle, dont la série est plus courte, viendra confirmer les résultats et en assurer l'homogénéité à l'échelle du bassin versant.

Le débit centennal sera ensuite calculé par 2 méthodes :

- Ajustement statistique par une loi de Gumbel,
- Méthode du Gradex, recommandée par le Comité des Grands Barrages pour la détermination des crues rares (dimensionnement des évacuateurs de crue des barrages).

## 2. DONNEES HYDROLOGIQUES DISPONIBLES

A la station hydrométrique de Saint Jouan de l'Isle, nous disposons :

- des débits instantanés maximums annuels sur une période de 19 ans en continu (données Banque HYDRO),
- des hydrogrammes de crue à pas de temps variable, notamment celle de décembre 1999 (données Banque HYDRO).

A la station hydrométrique de Guenroc, nous disposons :

- des débits journaliers maximums annuels sur une période de 63 ans en continu (données Banque HYDRO). Il s'agit d'un débit naturel reconstitué s'appuyant sur le débit entrant dans la retenue,
- Des hydrogrammes entrant dans la retenue et sortant du barrage des crues de janvier 1995, décembre 1999, 5 janvier 2001 et 24 janvier 2001 à pas de temps horaire (données brutes EDF).

### 3. CALCUL DES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE DE FREQUENCE DECENNALE AUX STATIONS

#### 3.1. AJUSTEMENT DE GUMBEL

Les débits maximums annuels aux 2 stations de Guenroc et Saint Jouan de l'Isle ont été fournis par la Banque Hydro de la DIREN (cf. annexe I).

Des ajustements statistiques ont été réalisés sur les 2 séries, à l'aide du logiciel Trophée de BCEOM. L'ajustement à une loi de Gumbel est le plus satisfaisant (cf. annexe I).

Les valeurs trouvées sont les suivantes :

Débits instantanés à Saint Jouan de l'Isle (153 km <sup>2</sup> )	
[intervalle de confiance à 90%]	
Q <sub>10</sub>	36 m <sup>3</sup> /s [28 ; 44]
Q <sub>20</sub>	43 m <sup>3</sup> /s [33 ; 53]
Q <sub>30</sub>	47 m <sup>3</sup> /s [36 ; 57]

Débits journaliers à Guenroc (380 km <sup>2</sup> )	
[intervalle de confiance à 90%]	
Q <sub>10</sub>	51 m <sup>3</sup> /s [45 ; 57]
Q <sub>20</sub>	60 m <sup>3</sup> /s [53 ; 68]
Q <sub>30</sub>	65 m <sup>3</sup> /s [57 ; 74]
Q <sub>50</sub>	72 m <sup>3</sup> /s [63 ; 81]

## 3.2. COEFFICIENT DE MYER

Les débits de pointe des crues connues aux deux stations vont être comparés à l'aide de la formule de Myer :

$$Q_a = Q_b \times (S_a / S_b)^m$$

Q : débit

S : surface du bassin versant correspondant

m : coefficient de Myer

Le tableau ci-dessous présente les débits des crues les plus importantes mesurés aux stations de Guenroc et Saint Jouan de l'isle. Il compare ces derniers à ceux calculés à la même station par la formule de Myer en utilisant les mesures de la station de Guenroc.

Débit de pointe	Crue 1995	Crue 1999	Crue 24 janv. 2001	Crue fév. 1988
Mesuré à Guenroc	81 m <sup>3</sup> /s	100.9 m <sup>3</sup> /s	93 m <sup>3</sup> /s	64.1 m <sup>3</sup> /s*
Mesuré à St Jouan	39.2 m <sup>3</sup> /s	46.2 m <sup>3</sup> /s	40.8 m <sup>3</sup> /s	31.8 m <sup>3</sup> /s
Calculé à St Jouan**	37.4 m <sup>3</sup> /s	46.6 m <sup>3</sup> /s	42.9 m <sup>3</sup> /s	29.6 m <sup>3</sup> /s
différence	-1.8 m <sup>3</sup> /s (-4.6%)	+0.6 m <sup>3</sup> /s (0.8%)	+2.1 m <sup>3</sup> /s (5.2%)	-2.2 m <sup>3</sup> /s (-7.0%)

\* : ce débit est estimé en multipliant le débit journalier mesuré à la station de Guenroc par  $Q_i/Q_j = 1.15$  (cf. paragraphe 4.2.3).

\*\* : dans ce calcul, le coefficient de Myer = 0,85.

**Le coefficient de Myer reliant les débits des fortes crues des deux stations est de 0,85.** C'est une valeur cohérente avec celles usuellement utilisées dans l'Ouest de la France.

## 4. CALCUL DES DEBITS DE CRUE D'OCCURRENCE RARE AUX STATIONS

### 4.1. METHODE DE GUMBEL

#### 4.1.1. STATION DE GUENROC

Avec 63 ans de mesure et un ajustement statistique (à une loi de Gumbel) satisfaisant, la station de Guenroc permet une évaluation robuste du débit journalier cinquantennal et centennal de la Rance.

$$Q_{j50}(\text{Guenroc}) = 72 \text{ m}^3/\text{s} ; \text{intervalle de confiance à 90\% [53 ; 81]}$$

$$Q_{j100}(\text{Guenroc}) = 81 \text{ m}^3/\text{s} ; \text{intervalle de confiance à 90\% [70 ; 92]}$$

En utilisant le rapport  $Q_i/Q_j = 1.15$  défini au paragraphe 4.2.3, nous en déduisons les débits instantanés correspondants.

$$Q_{i50}(\text{Guenroc}) = 83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{i100}(\text{Guenroc}) = 93 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.1.2. STATION DE SAINT JOUAN DE L'ISLE

Avec 19 ans de mesures, le débit cinquantennal et centennal instantané estimé par un ajustement de Gumbel n'est qu'indicatif (ce qui se traduit par un intervalle de confiance très large).

$Q_{i30}$  (St Jouan) = 47 m<sup>3</sup>/s ; intervalle de confiance à 90% [36 ; 57]

$Q_{i50}$  (St Jouan) = 51 m<sup>3</sup>/s ; intervalle de confiance à 90% [39 ; 63]

$Q_{i100}$  (St Jouan) = 58 m<sup>3</sup>/s ; intervalle de confiance à 90% [44 ; 72]

Il est possible de corroborer ces valeurs en utilisant la formule de Myer présentée au paragraphe 2.2, appliquée aux débits de crue caractéristiques calculés à la station de Guenroc. Pour traduire le débit journalier mesuré à Guenroc en débit instantané, nous multiplions le débit journalier par le rapport  $Q_i/Q_j$  pris à 1.15 (cf. paragraphe 4.2.3).

Débits instantanés à Saint Jouan (380 km <sup>2</sup> )	
$Q_{10}$	27 m <sup>3</sup> /s
$Q_{20}$	32 m <sup>3</sup> /s
$Q_{30}$	34 m <sup>3</sup> /s
$Q_{50}$	38 m <sup>3</sup> /s
$Q_{100}$	43 m <sup>3</sup> /s

Ces valeurs correspondent à la partie basse de l'intervalle de confiance des débits calculés par un ajustement de Gumbel sur la station de Saint Jouan. Ces valeurs de débits sont inférieures à la valeur centrale du débit trentennal estimé par l'ajustement de Gumbel sur la station de Saint-Jouan.

Nous constatons ici une différence notable (de 38%) entre les débits estimés par un ajustement de Gumbel à la station de Saint Jouan et les valeurs issues d'un ajustement de Gumbel à la station de Guenroc et extrapolées à Saint Jouan par la méthode Myer.

**Nous préférons retenir les résultats issus de la station de Guenroc** pour les raisons suivantes :

- La période d'observation à la station de Saint Jouan est courte (19 ans) alors que celle de la station de Guenroc est importante (63 ans) et la méthode de Myer permet de relier de manière fiable pour les forts débits les stations de Guenroc et de Saint Jouan.
- Selon la banque HYDRO, les quatre débits de pointe des plus importantes crues mesurées à Saint Jouan sont issues d'estimations, alors que les débits mesurés des principales crues à Guenroc ont une bonne validité.
- Parmi les sept crues d'occurrence supérieure à 10 ans mesurées à Guenroc sur 63 ans d'observation, quatre dont les trois plus intenses ont eu lieu après 1985, date de mise en service de la station de Saint Jouan. Cette distribution des événements tend à produire des estimations fortes de débits à la station de Saint Jouan.

## **4.2. METHODE DU GRADEX**

### **4.2.1. TEMPS DE BASE**

Les hydrogrammes des fortes crues récentes (28 décembre 1999, 24 janvier 2001) portés en annexe II permettent d'évaluer (respectivement à 29h et 27h) le temps de base de la Rance à Guenroc.

L'hydrogramme de la crue de la Rance à Saint Jouan en 1999 est composé de deux pointes de crue, l'une le 25 décembre dont le temps de base est évalué à 24h, la seconde (la plus forte), le 28 décembre dont le temps de base est évalué à 31h.

**Nous retiendrons un temps de base de 24h.**

### **4.2.2. GRADEX DES PLUIES**

Le gradex des pluies a été fourni par Météo France à l'occasion de « l'étude de spatialisation des pluies en Bretagne », 2003 pour le compte de la DIREN Bretagne. La moyenne du gradex cumulé sur 1 journée entre Octobre et Avril sur l'ensemble du bassin versant drainé

- par le **barrage de Rophemel est 6,3 mm**,
- à la **station de Saint Jouan est 6,8 mm**.

### **4.2.3. RAPPORT Qi/Qj**

Le rapport Qi/Qj est calculé en utilisant les débits de pointe et les débits moyens sur 24h des crues de janvier 1995, de décembre 1999, du 5 janvier 2001 et du 24 janvier 2001 à la station de Guenroc. Les rapports obtenus sont compris entre 1,1 et 1,2.

**La valeur retenue à Guenroc est la moyenne : 1,15.**

Pour la station de Saint Jouan, la valeur fournie par la procédure CRUCAL de la Banque Hydro (valeur fiable avec 19 années) est de 1.35.

### **4.2.4. POINT PIVOT**

Le décrochement de la droite issue de l'ajustement de Gumbel a lieu autour de la période de retour 30 ans à la station de Guenroc. Nous choisirons le point pivot à cette occurrence pour les deux stations. Le débit trentennal à la station de Saint Jouan est issu de l'ajustement statistique à Guenroc extrapolé à Saint Jouan en appliquant la formule de Myer.

$$Q_{i30}(\text{Guenroc}) = 75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{i30}(\text{St Jouan}) = 34 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.5. RESULTATS

Les résultats de la méthode du Gradex sont les suivants (cf. feuille de calcul en annexe III) :

Station de Guenroc

Période de retour	50 ans	<b>100 ans</b>
Débit instantané	91 m <sup>3</sup> /s	<b>113 m<sup>3</sup>/s</b>
Débit journalier	79 m <sup>3</sup> /s	<b>98 m<sup>3</sup>/s</b>

Station de St Jouan de l'Isle

Période de retour	50 ans	<b>100 ans</b>
Débit instantané	42 m <sup>3</sup> /s	<b>54 m<sup>3</sup>/s</b>

### 5. SYNTHÈSE DU CALCUL DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES DE CRUE

#### 5.1. DÉBITS RETENUS A LA STATION DE GUENROC

Les débits caractéristiques à la station sont synthétisés dans le tableau suivant :

Débits naturels reconstitués à Guenroc (380 km <sup>2</sup> )				
	Débits instantanés		Débits journaliers	
Q <sub>10</sub>	60 m <sup>3</sup> /s		51 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>20</sub>	70 m <sup>3</sup> /s		60 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>30</sub>	75 m <sup>3</sup> /s		65 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>50</sub>	83 m <sup>3</sup> /s	91 m <sup>3</sup> /s	72 m <sup>3</sup> /s	79 m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>100</sub></b>	<b>93 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>113 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>81 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>98 m<sup>3</sup>/s</b>
Q <sub>100</sub> /Q <sub>10</sub>	1,57	1,92	1,57	1,92
méthode	Gumbel	Gradex	Gumbel	Gradex

Les débits caractéristiques à la station de Guenroc pour une période de retour inférieure à 50 ans sont issus d'un ajustement de Gumbel à la station.

Les débits rares issus de l'ajustement de Gumbel constituent l'hypothèse basse et ceux issus de la méthode du Gradex constituent l'hypothèse haute.



## 5.2. DEBITS RETENUS A LA STATION DE SAINT JOUAN DE L'ISLE

Les débits caractéristiques estimés à la station sont synthétisés dans le tableau suivant.

Débits instantanés à Saint Jouan de l'Isle (153 km <sup>2</sup> )		
Q <sub>10</sub>	27 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>20</sub>	32 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>30</sub>	34 m <sup>3</sup> /s	
Q <sub>50</sub>	38 m <sup>3</sup> /s	41 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>100</sub>	43 m <sup>3</sup> /s	54 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>100</sub> /Q <sub>10</sub>	1,59	1,78
méthode	Gumbel	Gradex

## 6. DEBITS HISTORIQUES

### 6.1. PERIODE DE RETOUR DES EVENEMENTS HISTORIQUES

Les débits historiques des crues mesurées aux stations sont les suivants.

#### Station de Guenroc

	crue 1999	crue 1995	crue 05 janv 2001	crue 24 janv 2001
Débit instantané	103 m <sup>3</sup> /s	81 m <sup>3</sup> /s	90 m <sup>3</sup> /s	92 m <sup>3</sup> /s
Période de retour				
Hypothèse basse	T > 100 ans	T ~ 50 ans	T ~ 80 ans	T ~ 100 ans
Hypothèse haute	T ~ 75 ans	T ~ 40 ans	T ~ 50 ans	T ~ 50 ans

#### Station de Saint Jouan

	crue 1999	Crue 1995	crue 24 janv 2001
Débit instantané	46 m <sup>3</sup> /s	39 m <sup>3</sup> /s	41 m <sup>3</sup> /s
Période de retour			
Hypothèse basse	T > 100 ans	T ~ 60 ans	T ~ 80 ans
Hypothèse haute	T ~ 75 ans	T ~ 40 ans	T ~ 50 ans

Nous constatons que pour les 3 crues les plus importantes connues aux deux stations, les événements conservent une période de retour proche.

La crue de décembre 1999 a une période de retour aux deux stations comprises entre 75 et 100 ans (voire plus).

Les hydrogrammes de ces crues figurent en annexe II.

## 6.2. CRUE DE REFERENCE

La crue 1999 est la crue historique sur la Rance.

Selon l'hypothèse basse, **la crue de 1999 a une période de retour au moins centennale : c'est la crue de référence sur la Rance.**

Selon l'hypothèse haute, **la crue théorique centennale est la crue de référence sur la Rance.** La différence de débit entre la crue centennale et la crue historique de 1999 est de 14 m<sup>3</sup>/s à la station de Guenroc (soit une différence de 12%), 7.6 m<sup>3</sup>/s à St Jouan (9%).

## 6.3. NIVEAUX ATTEINTS PAR LA CRUE DE REFERENCE

Si l'hypothèse basse est choisie, les niveaux atteints par la crue de référence sont ceux atteints par la crue de 1999.

Si l'hypothèse haute est choisie, il est nécessaire d'estimer les niveaux qu'atteindrait la crue centennale sur la zone d'étude. Pour cela nous utilisons les laisses de crue relevées lors de l'étude BCEOM, 2000 entre l'écluse de Boutron et Saint André des Eaux.

site	Cote atteinte (m NGF IGN 69)		Différence de hauteur d'eau	Différence entre les débits de pointe*
	crue 1999	autre crue		
50m en am. de l'écluse de Boutron (site 2)	11,04	10,80 (1995)	+24cm	+22 m <sup>3</sup> /s
Bétineuc (site 6)	12.67	12.42 (1974)	+25cm	+27 m <sup>3</sup> /s

\* : à la station de Guenroc

Les fiches de repère de crue figurent en annexe IV.

Le site 2 est localisé dans un endroit encaissé contrairement au site 6.

En première approximation, nous proposons d'utiliser ces écarts entre hauteurs d'eau et débits observés entre des crues connues pour estimer la différence de hauteur d'eau entre la crue 1999 et la crue centennale.

Sur les deux sites représentatifs de deux morphologies différentes de la vallée de la Rance (encaissée à Boutron et large à Bétineuc), nous constatons qu'une variation de débit de pointe d'environ 25 m<sup>3</sup>/s se traduit par une augmentation du niveau d'eau d'environ 25cm.

La crue centennale selon l'hypothèse haute se caractérise par un débit de pointe supérieur de 14m<sup>3</sup>/s à celui de la crue de 1999. Aussi, nous proposons de retenir **une différence de +20cm entre la crue centennale et la crue historique de 1999, selon l'hypothèse haute (arrondi à la dizaine supérieure)**. Ceci est confirmé par la courbe de tarage à St Jouan de l'Isle (7.6 m<sup>3</sup>/s + 21 cm).

Un repère de la crue de 1910 a été identifié à l'écluse de Boutron. Il est supérieur à ceux de la crue de 1999 de 17 à 26 cm. Le débit de cette crue n'est pas connu, ce qui ne nous permet pas de déterminer sa période de retour. Ce témoignage oriente le choix de l'événement de référence vers celui de l'hypothèse haute et vers le choix de surcote réalisé (+ 20 cm).

## 7. DEFINITION DE L'ALEA

Nous proposons de retenir comme niveaux de référence sur l'ensemble de la vallée de la Rance les niveaux atteints par la crue de 1999 rehaussés de 20cm.

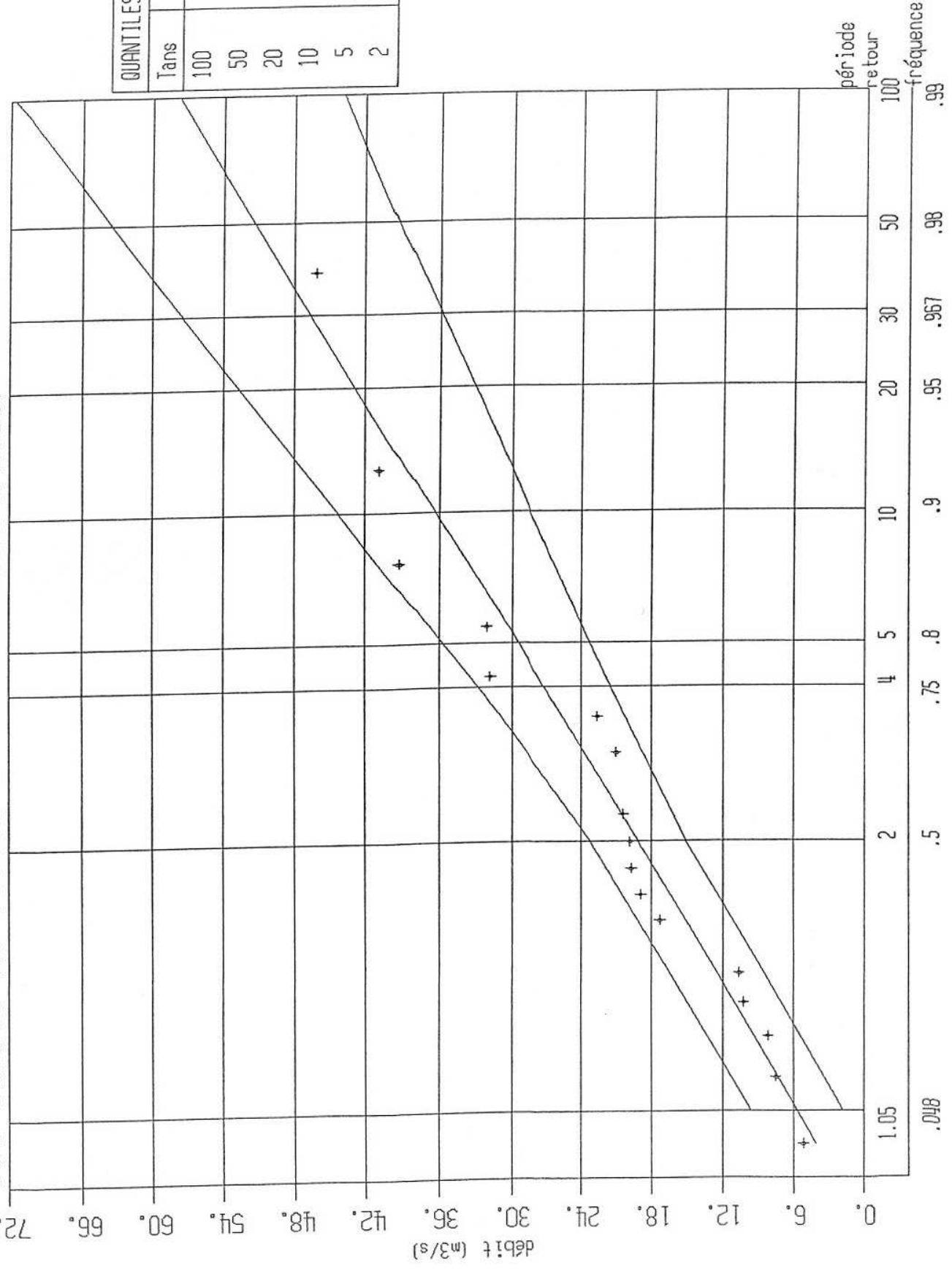
L'aléa peut se caractériser par la hauteur de submersion, principal paramètre physique caractérisant les inondations de la Rance (crues lentes de plaine) :

L'aléa pourra donc être qualifié comme suit, pour la crue de référence (crue 1999 + 20 cm) :

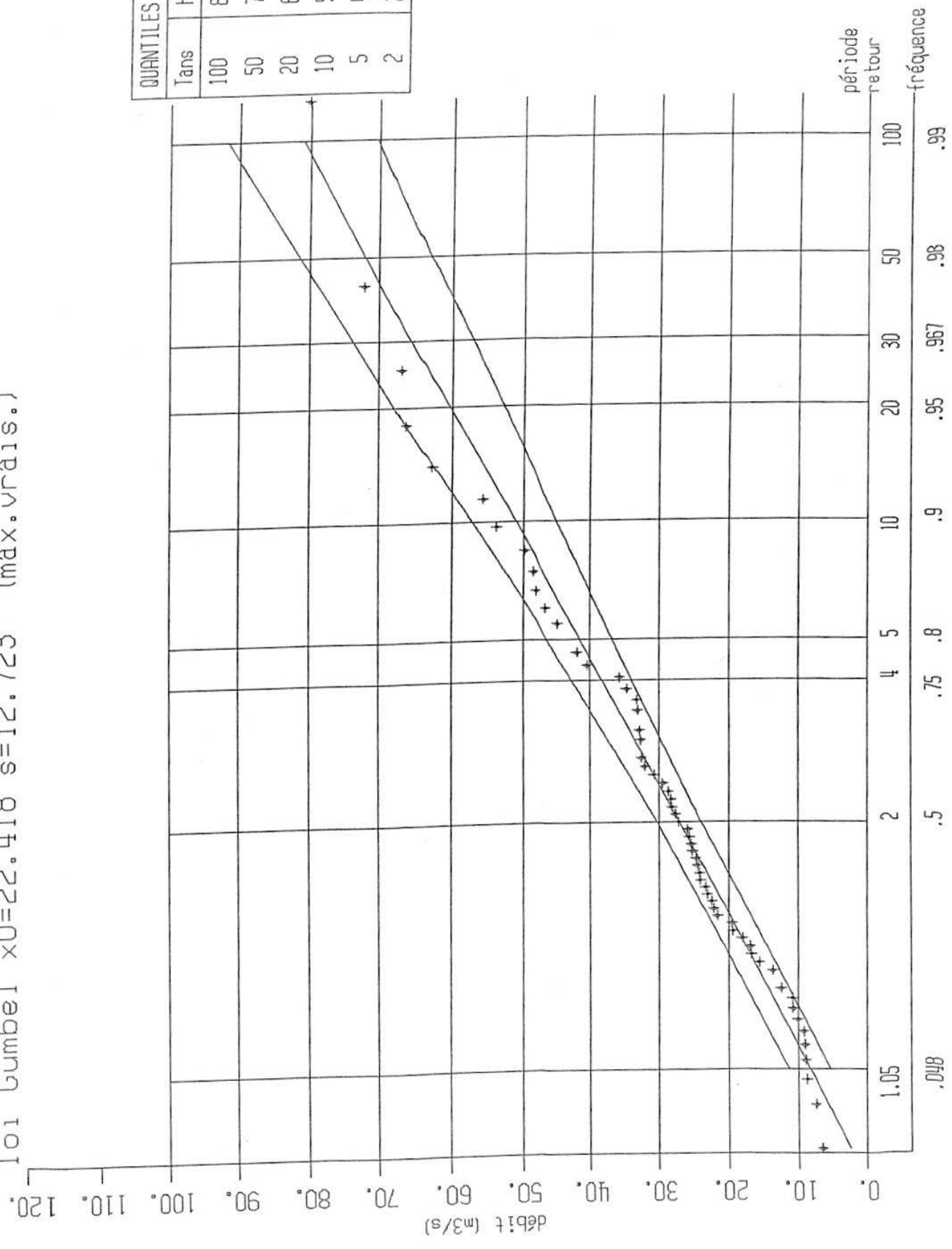
- Aléa fort : hauteur d'eau supérieure à 1m
- Aléa moyen : hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 1m
- Aléa faible : hauteur d'eau inférieure à 0,5m

## **ANNEXE I : AJUSTEMENTS STATISTIQUES**

loi Gumbel  $x_0=15.783$   $s=9.120$  (max.vrais.)



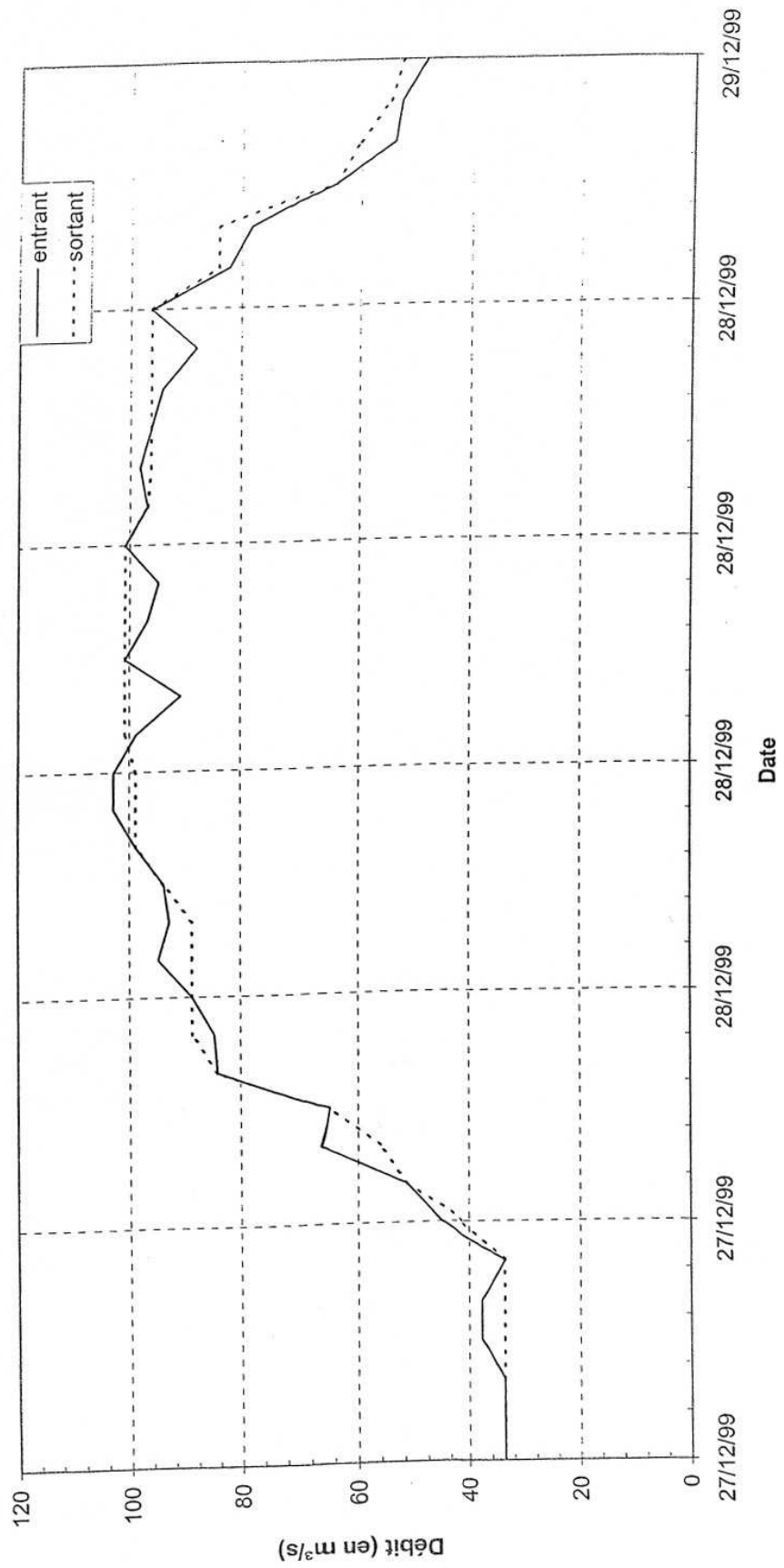
loi Gumbel  $x_0=22.418$   $s=12.723$  (max. vrais.)



**ANNEXE II : HYDROGRAMMES DE CRUE  
A GUENROC**

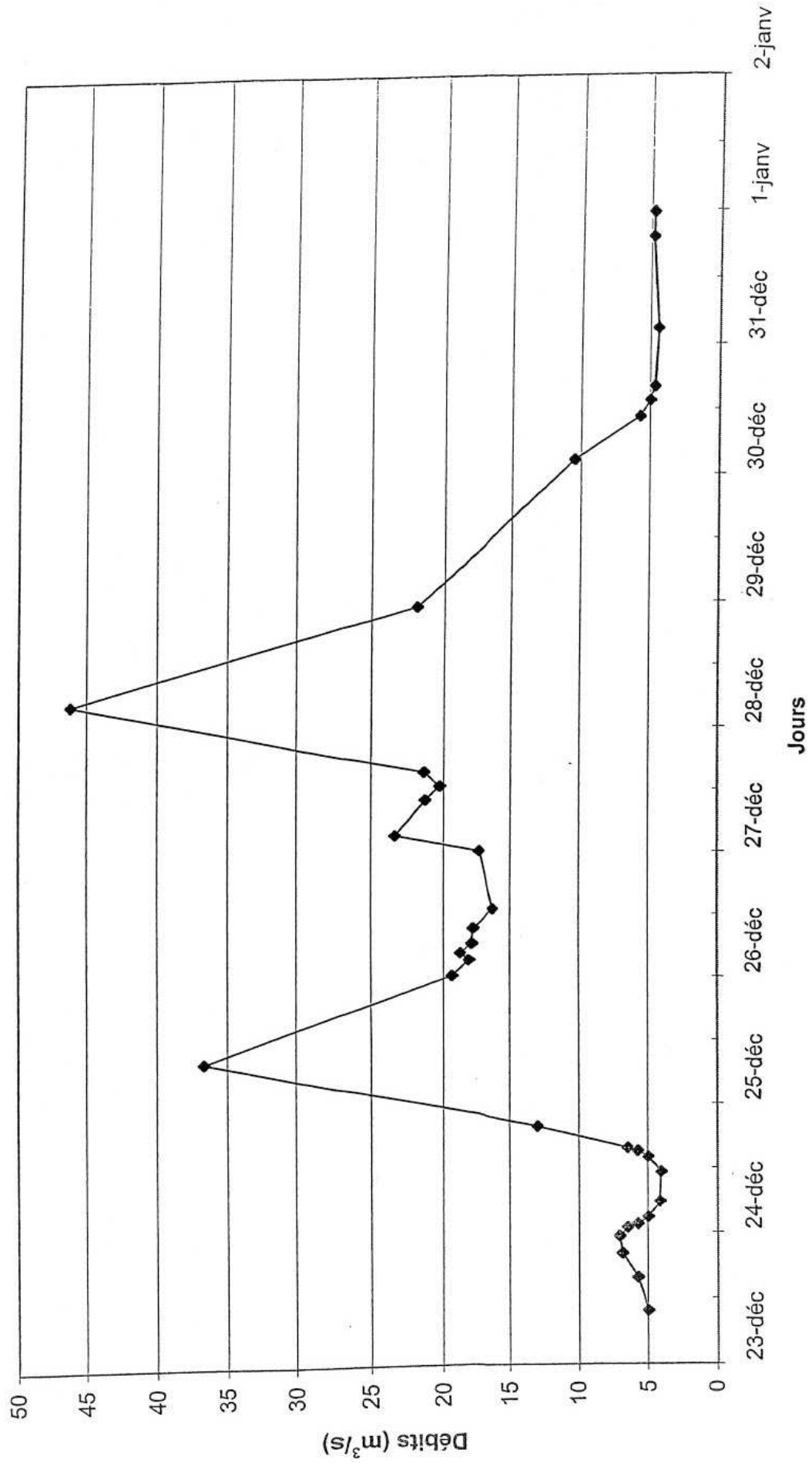
1999

**Hydrogramme de crue la Rance à Rophémel  
décembre 1999**



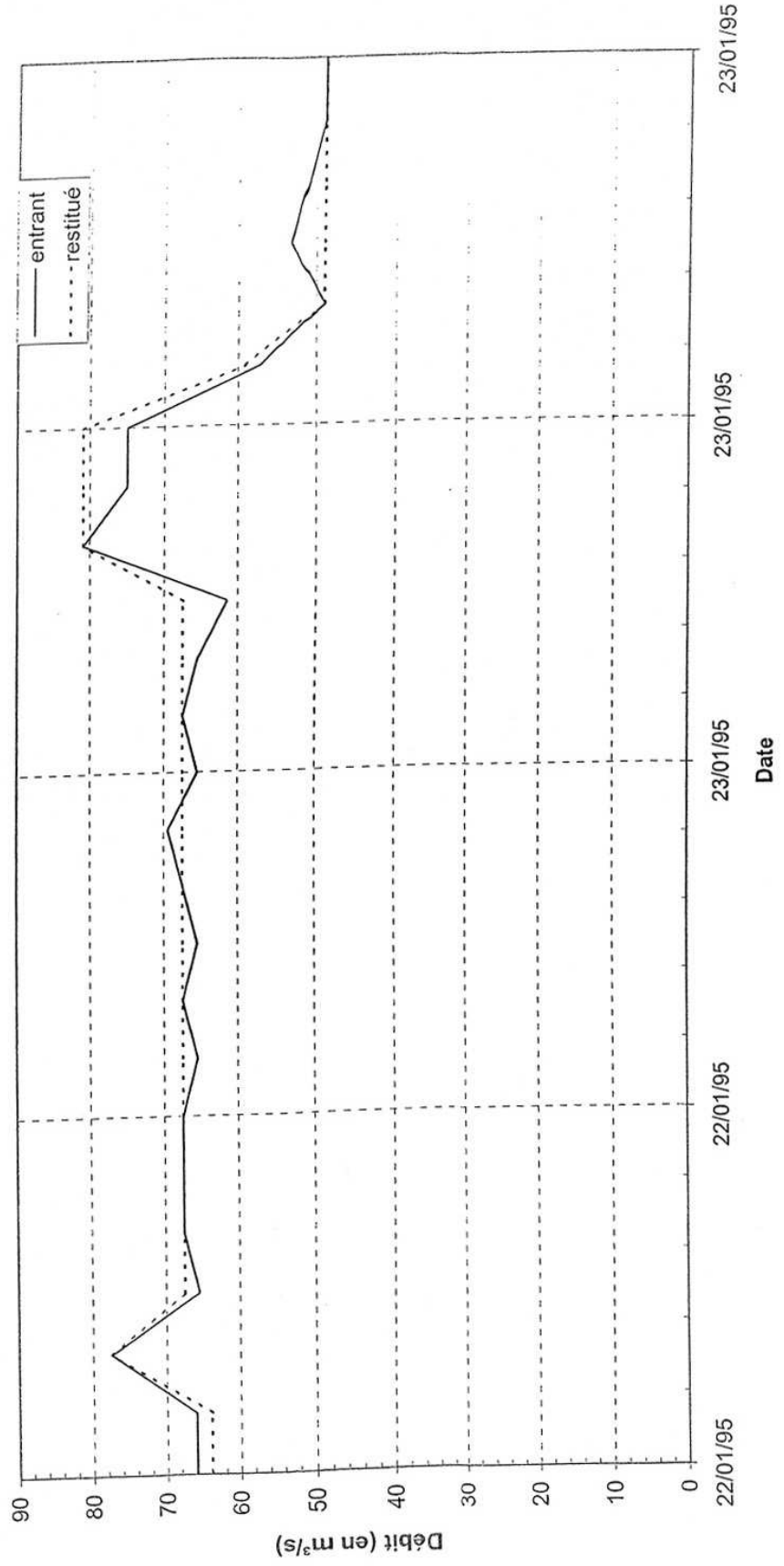


Hydrogramme de crue de la Rance  
à la station de St Jouan de l'Isle du 23/12/1999 au 1/1/2000



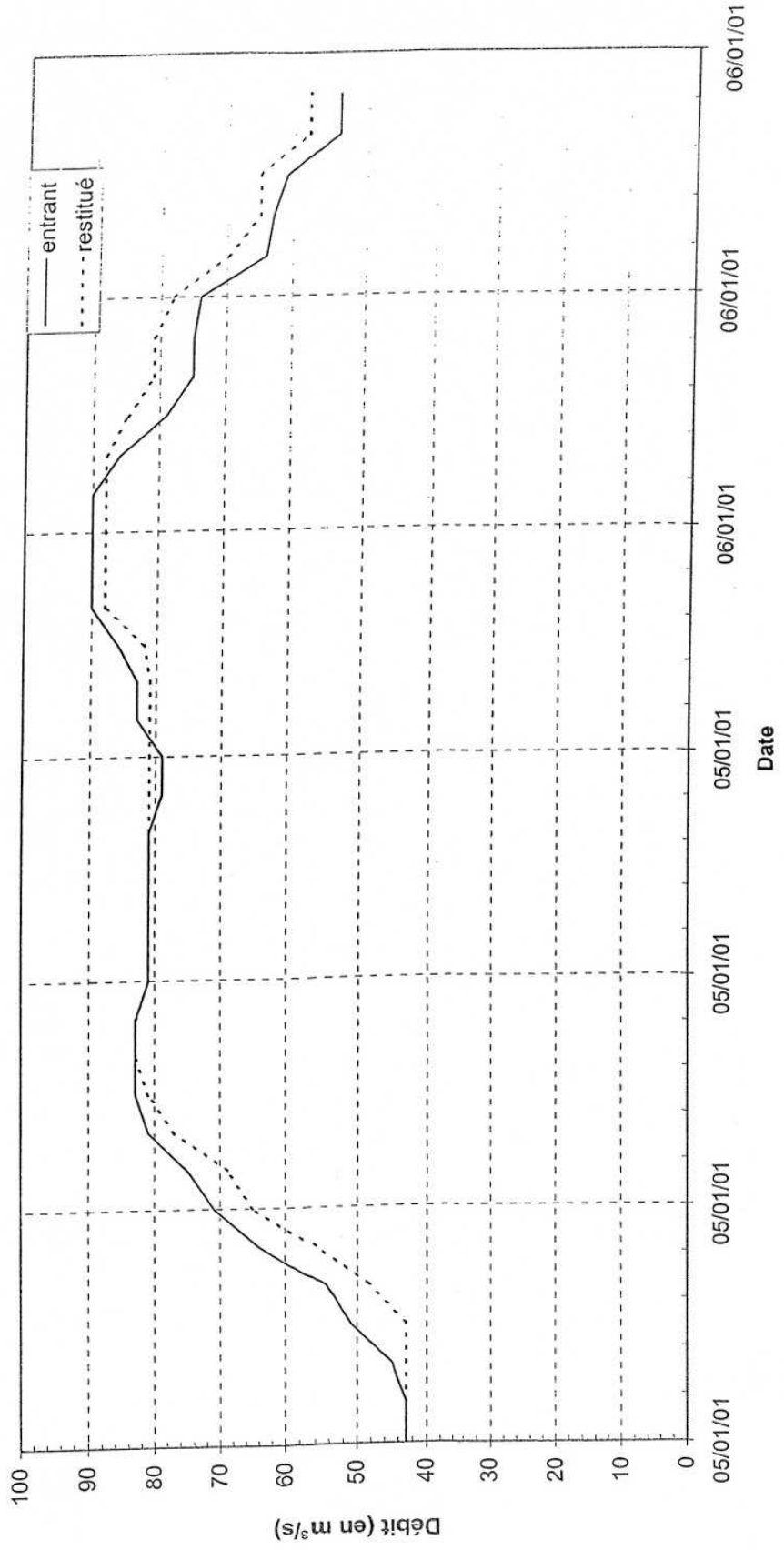
1995

**Hydrogramme de crue la Rance à Rophémel  
janvier 1995**



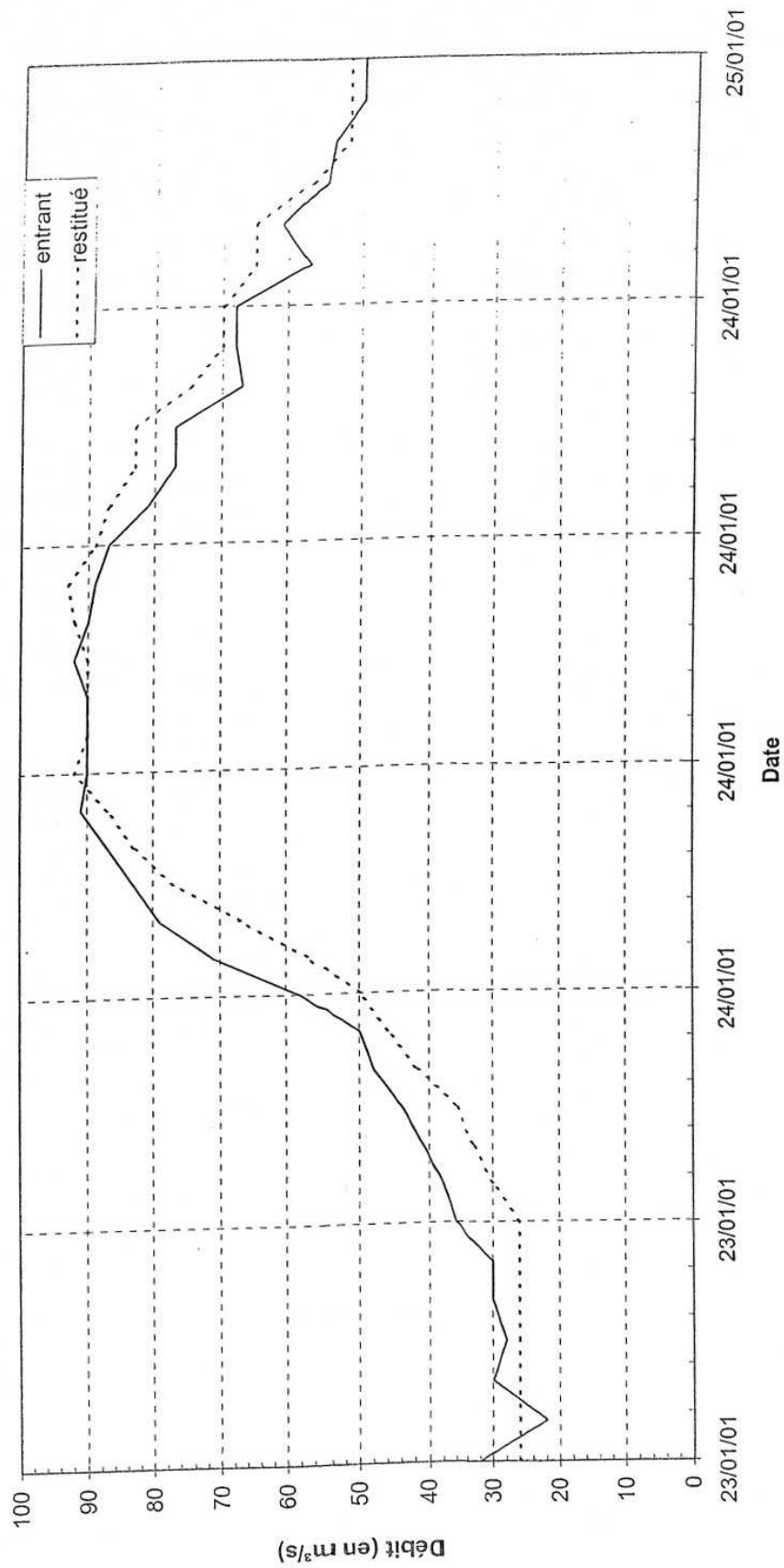
5\_1\_01

**Hydrogramme de crue la Rance à Rophémel  
5 janvier 2001**



24\_1\_01

**Hydrogramme de crue la Rance à Rophémel  
24 janvier 2001**



**ANNEXE III : GRADEX DES PLUIES**

## METHODE DU GRADEX

### Bassin versant avec données hydrométriques et pluviométriques

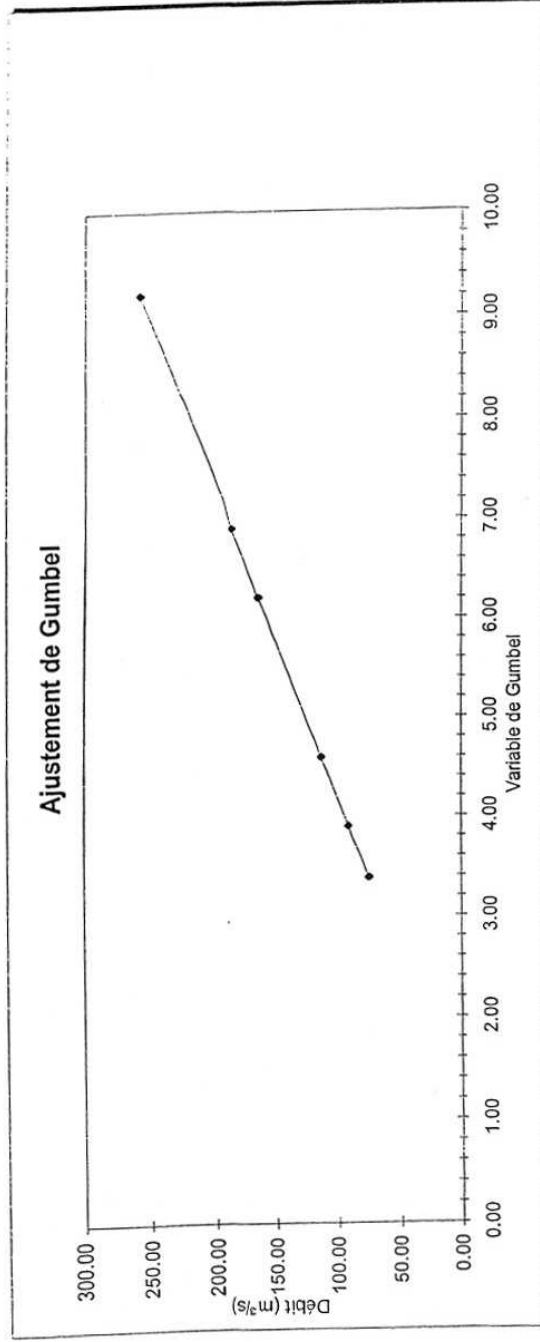
#### SAISIE DES DONNEES

Qp de période de retour To (m³/s)	74.75
Période de retour To (>=10 ans)	30
Gradex de la pluie de durée Tb (mm)	6.26
Rapport du débit de pointe au débit moyen	1.15
Superficie du bassin versant (Km²)	380.00
Temps de base Tb (h)	24.00

#### RESULTATS

Période de retour (ans)	Variable de Gumbel	Débit (m³/s)
30	3.38	74.75
50	3.90	91.14
100	4.60	113.25
500	6.21	164.33
1000	6.91	186.30
10000	9.21	259.21
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Ajustement de Gumbel



## METHODE DU GRADEX

Bassin versant avec données hydrométriques et pluviométriques

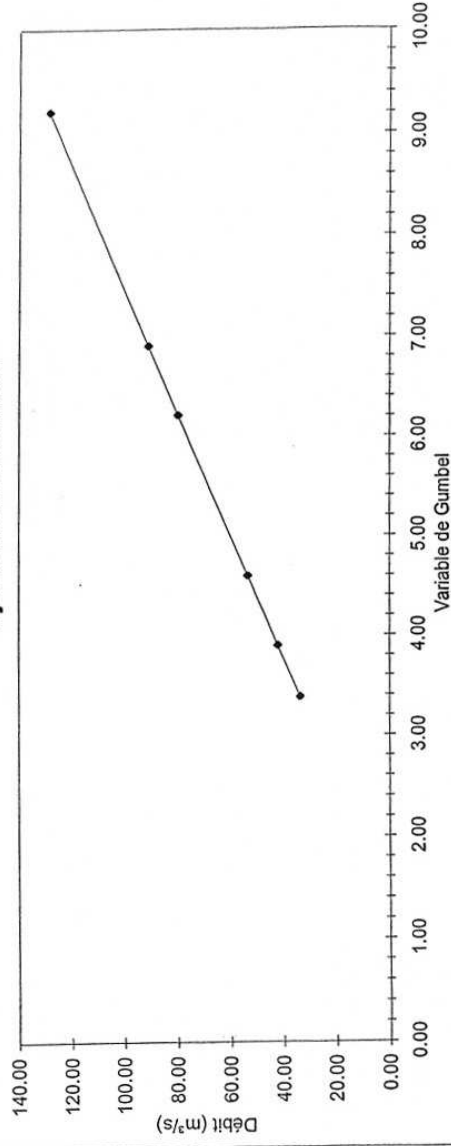
### SAISIE DES DONNEES

Qp de période de retour To (m <sup>3</sup> /s)	34.00
Période de retour To (>=10 ans)	30
Gradex de la pluie de durée Tb (mm)	6.80
Rapport du débit de pointe au débit moyen	1.35
Superficie du bassin versant (Km <sup>2</sup> )	153.00
Temps de base Tb (h)	24.00

### RESULTATS

Période de retour (ans)	Variable de Gumbel	Débit (m <sup>3</sup> /s)
30	3.38	34.00
50	3.90	42.41
100	4.60	53.77
500	6.21	79.99
1000	6.91	91.27
10000	9.21	128.71
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Ajustement de Gumbel



## **ANNEXE IV : REPERES DE CRUE**