

ORSTOM



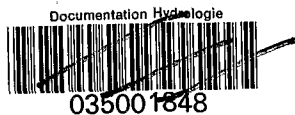
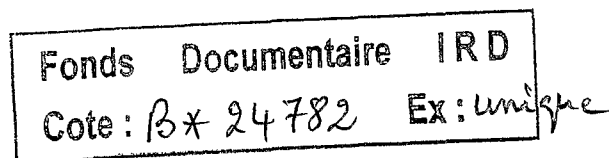
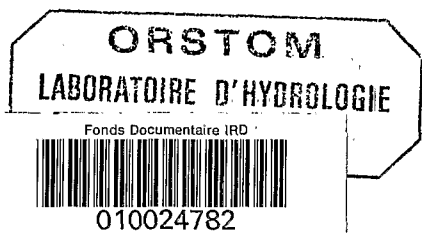
Programme CEE DG 12, Contrat n° TS2A-0216-M (CD)

Bas-fond de Djiguinoum (Casamance)

BASSIN VERSANT DE LA VALLEE "LE BRUSQ"  
RESULTATS DE LA CAMPAGNE HYDROLOGIQUE 1990

B. MARIEU, G. DUBEE, Y. PEPIN

(ORSTOM, Département Eaux Continentales)



Dakar, mars 1991

73323

## S O M M A I R E

INTRODUCTION	p. 2
1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	p. 2
2. RESULTATS	p. 5
2.1 Pluviométrie	p. 5
2.2 Jaugeages et étalonnage	p. 5
2.3 Analyse des crues	p. 11
2.4 Détermination de la crue décennale	p. 15
CONCLUSION	p. 17
REFERENCES	p. 17

## INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude hydrologique du bas-fond de Djiguinoum, une campagne de mesures a été entreprise en 1990 sur un petit bassin versant, inclus dans celui de Djiguinoum, baptisé bassin de « la vallée Le Brusq ». Ce bassin occupe une superficie de 2,7 km<sup>2</sup>; il est drainé par un réseau hydrographique temporaire assez dégradé comportant un marigot principal affluent du marigot de Djiguinoum, et présente dans sa partie aval de petites dépressions endoréïques dues à l'érosion.

L'objectif de cette campagne était de préciser les conditions de ruissellement et de tenter de mettre en évidence un modèle de transformation pluie-débit pouvant éventuellement être extrapolé au domaine des versants et plateaux du bassin de Djiguinoum.

La carte de la figure 1 situe les limites du bassin, déterminées par photos aériennes et sur le terrain, ainsi que les postes pluviométriques et les stations limnimétriques.

Les données recueillies sur le bassin ont été archivées au moyen des logiciels de banque de données HYDROM et PLUVIOM.

### 1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La station constituant l'exutoire du bassin est équipée d'un limnigraphe à flotteur OTT 20 (réduction 1/5) et d'une échelle de 1 m, dont le zéro est situé à la cote + 1,78 m par rapport au zéro de l'échelle amont du barrage de Djilakoun.

La section de jaugeage retenue se situe à quelques mètres en aval du limnigraphe, elle est représentée sur la figure 2.1, les cotes étant calées par rapport au zéro de l'échelle de la station.

La station limnimétrique et la section de jaugeage sont situées nettement au-dessus de la zone d'influence de la retenue de Djilakoun-Djiguinoum.

En ce qui concerne l'analyse pluviométrique, le dispositif existant sur le bassin de Djiguinoum a été renforcé par un seul pluviomètre (P11) situé à 100 m en amont de l'exutoire. La pluviométrie moyenne sur le bassin est calculée par la méthode des polygones de Thiessen, à partir des valeurs relevées sur le pluviographe PE4 et les pluviomètres P5 et P11.

Figure 1 : carte de situation du bassin versant de la vallée "Le Brusq"

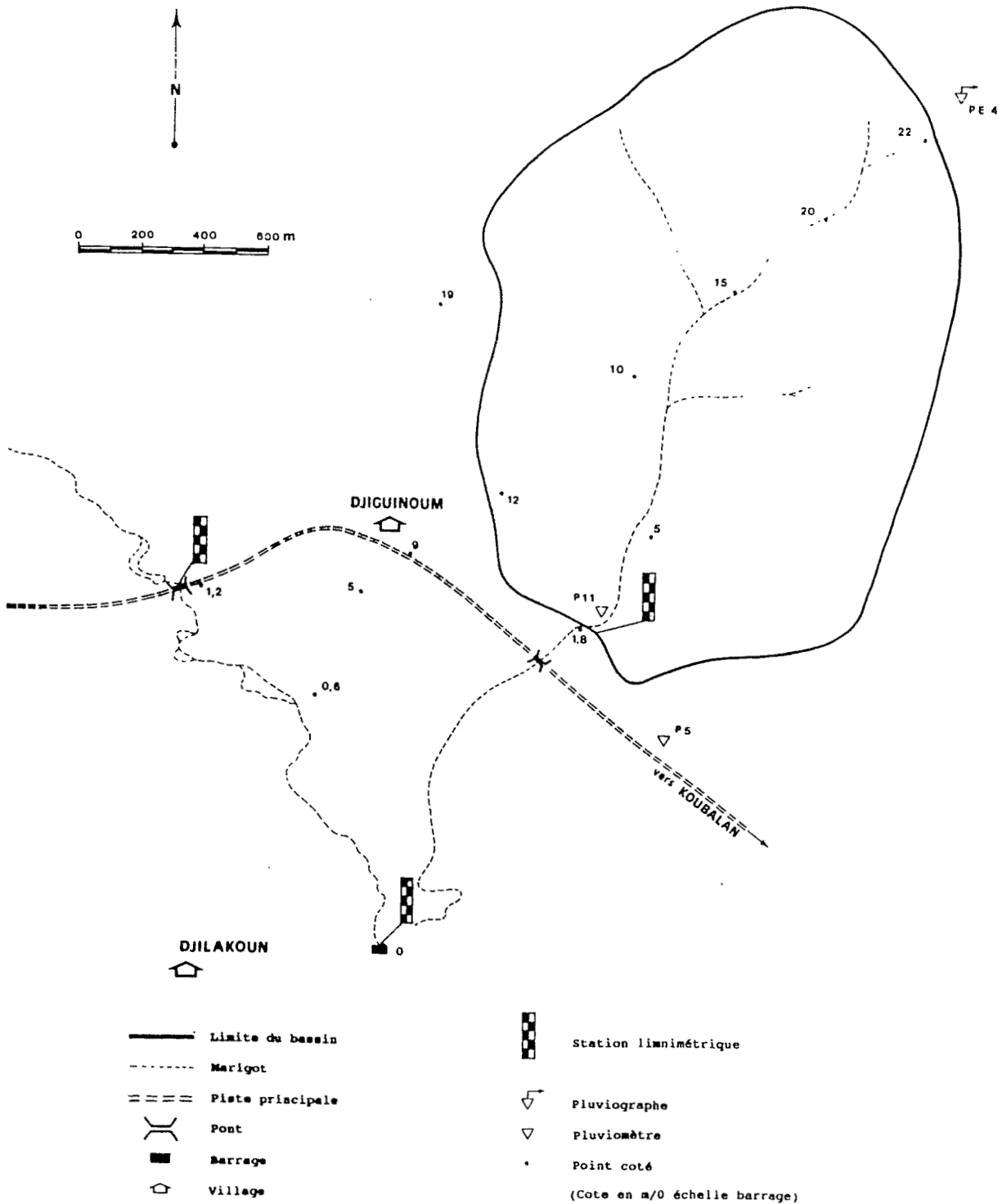


Figure 2.1

B.V. de la vallée Le Brusq : section de jaugeage

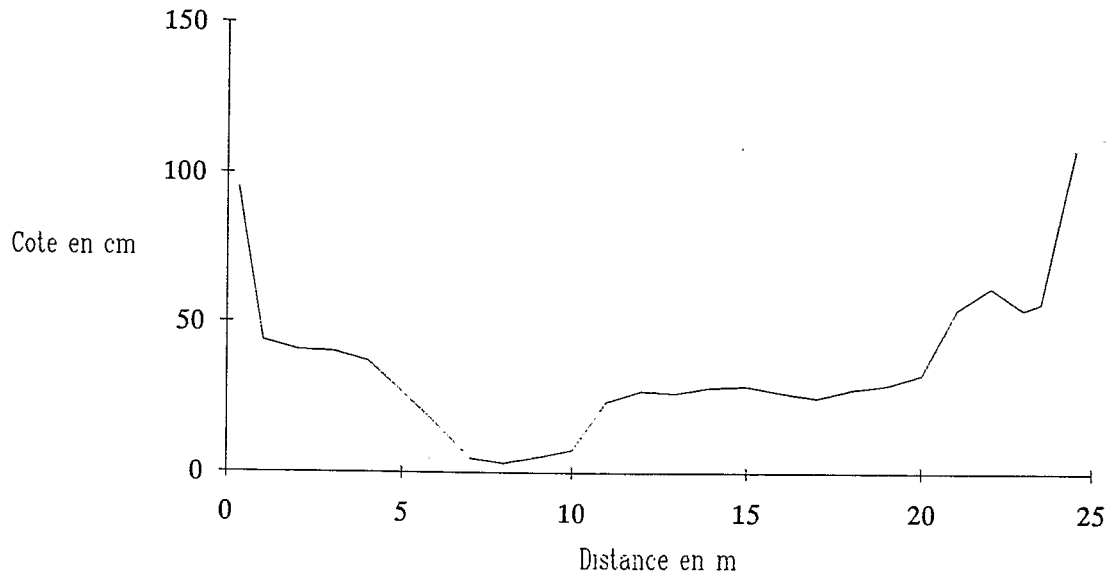
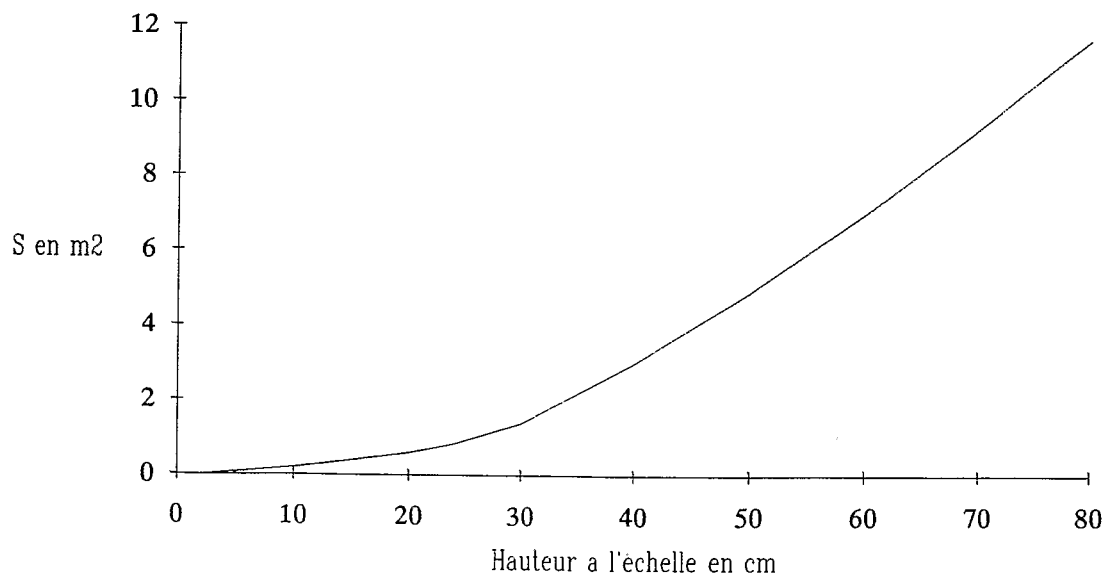


Figure 2.2

Section de jaugeage de la vallée Le Brusq : courbe  $S = f(H)$ 

## 2. RESULTATS

### 2.1. Pluviométrie

Pendant l'année 1990 (en fait du 17 juin au 20 octobre), le bassin a reçu une lame précipitée totale de 1061,4 mm, voisine de la médiane annuelle de la région (1150 mm).

Les tableaux 1 récapitulent l'ensemble des relevés pluviométriques journaliers ainsi que la moyenne sur le bassin. Les coefficients de Thiessen pour les trois postes PE4, P5 et P11 sont respectivement de 46,6%, 6,8% et 46,6%.

On dénombre 55 jours de pluie ( $P > 1$  mm) dont une averse très importante le 30 juin. La récurrence de cette averse est environ quinquennale sur les pluviomètres P5 (110.2 mm) et P11 (102.5 mm). Par contre sur PE4 il ne s'agit même pas d'une pluie annuelle (59 mm).

La pluie relevée le 9 août, qui dépasse 100 mm sur les trois postes, correspond en réalité au cumul de deux averses d'importance sensiblement équivalente survenues le 8 août entre 14h et 17h et le 9 entre 1h30 et 4h. Sur l'enregistreur PE4 où ces deux averses ont pu être distinguées, elles s'élèvent respectivement à 50 et 64 mm. Le pourcentage relatif des deux averses sur le total journalier relevé le 9 août a été appliqué à la pluie moyenne sur le bassin. On obtient pour celle-ci 48.1 mm le 8/8 et 61.6 mm le 9/8.

### 2.2. Jaugeages et étalonnage

13 jaugeages ont été effectués entre le 30/6 et le 6/9/90, et dépouillés grâce au logiciel HYDROM; ils sont récapitulés dans le tableau 2. Ces jaugeages permettent de tracer une courbe de tarage jusqu'à  $H = 54$  cm (voir figure 3).

Figure 3 : étalonnage d'après jaugeages

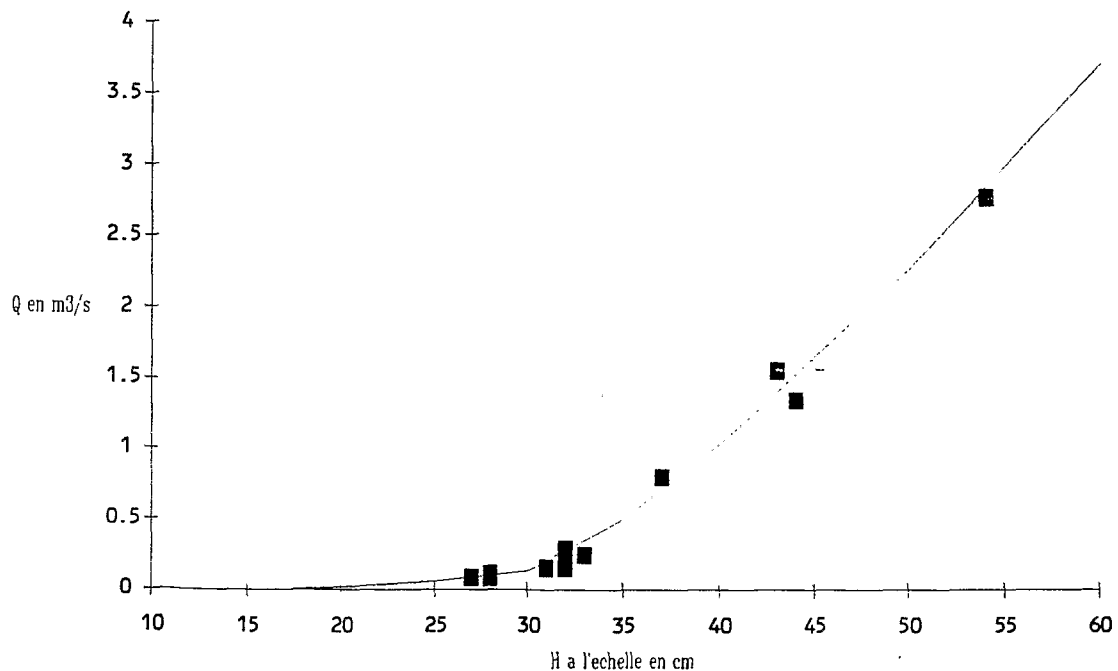


TABLEAU 1 : PLUVIOMETRIE (1990)

JOUR	JUN				JUILLET				AOÛT			
	PE4	P5	P11	PM	PE4	P5	P11	PM	PE4	P5	P11	PM
1									12	26.1	26.8	19.9
2												
3												
4					10.7	15.2	15.2	13.1	3.6	19.9	14.6	9.8
5					0.2	0.3	0.2	0.2	24.1	24.7	22.4	23.3
6					9.5	4.2	7.8	8.3	45.8	30.9	30.8	37.8
7												
8									115.5	114.5	103.2	109.7
9												
10												
11					22.9	15.3	21.5	21.7	15	17.6	17.3	16.2
12									27.4	27.5	27.8	27.6
13					17.1	14.3	15.5	16.2				
14					33.4	35.2	34.8	34.2	38.4	34.8	36.8	37.4
15					39	31.8	35.1	36.7	15.9	14.5	15.1	15.4
16									3.6	2.2	2.6	3.0
17	0.1	0.2	0.2	0.2	23.8	28	24.3	24.3				
18									1.8	2	2	1.9
19	1.0	0.1	0.6	0.8								
20	12.8	10.6	10.8	11.7	22.6	38.3	36.9	30.3	11.4	4.6	4.6	7.8
21										1.2	0.7	0.4
22									4.8	10.8	9.1	7.2
23	10.9	12.6	10.9	11.0								
24									20.9	16.5	15.9	18.3
25					3.9	5	4.7	4.3				
26					24.5	18.1	22.3	23.0	28.8	30.8	44.1	36.1
27									3.3	6.7	6	4.8
28												
29					11.2	10.3	9.4	10.3				
30	59.0	110.2	102.5	82.8	21.1	20	16.8	19.0				
31									4.7	7.4	6.8	5.9
MOIS	83.8	133.7	125	106.4	239.9	236	244.5	241.8	377	392.7	386.6	382.5

TABLEAU 1 (SUITE)

JOUR	SEPTEMBRE				OCTOBRE			
	PE4	P5	P11	PM	PE4	P5	P11	PM
1	45.7	50.8	54.3	50.1	0.5	3.3	1.3	1.1
2								
3					19.9	19.6	18.5	19.2
4	4.8	4	4.3	4.5	13	7.3	6.8	9.7
5	55	55.3	48	51.8	4.5	7.1	7.8	6.2
6					16.1	24.8	23.5	20.1
7	1	0.8	0.8	0.9				
8								
9	9	1.5	1.8	5.1				
10								
11					9.4	16.1	14.1	12.0
12								
13	40.5	48.3	50.8	45.8				
14								
15	0.8	3.8	2.9	2.0				
16	10.3	8.5	6.7	8.5				
17	2.9	2.4	2.4	2.6	0.3	1.7	1.7	1.0
18	0.9	1.9	1.9	1.4	13.7	2.6	3.1	8.0
19	17.3	11.4	11.4	14.1				
20					3.5	2	1.8	2.6
21	11.6	14.8	14.1	13.0				
22	0.7	1	1.1	0.9				
23								
24								
25	7	10	8.3	7.8				
26	13	14	16.9	14.9				
27								
28								
29								
30	22	31.4	31.6	27.1				
31								
MOIS	242.5	259.9	257.3	250.6	80.9	84.5	78.6	80.1



Tableau 2 : liste des jaugeages

N°	Date	Heure	Cote (cm)	Débit (l/s)	Auteur
1	30/6/90	9h15	54	2770	B. Danfa
2	30/6/90	10h00	32	288	B. Danfa
3	30/6/90	10h30	27	90.5	B. Danfa
4	15/7/90	13h35	33	247	B. Danfa
5	15/7/90	13h51	32	203	B. Danfa
6	15/7/90	14h05	32	154	B. Danfa
7	15/7/90	14h33	31	154	B. Danfa
8	15/7/90	14h57	28	113	B. Danfa
9	15/7/90	15h16	27	84.5	B. Danfa
10	8/8/90	18h25	28	87.4	B. Danfa
11	6/9/90	0h10	43	1550	B. Danfa
12	6/9/90	0h47	44	1340	B. Danfa
13	6/9/90	1h15	37	797	B. Danfa

L'étalonnage a été extrapolé pour les hautes eaux à partir de la courbe surface mouillée (hauteur à l'échelle) représentée sur la figure 2.2, et de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = 1/n \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

avec Q le débit instantané  
 n le coefficient de rugosité  
 S la surface mouillée  
 R le rayon hydraulique  
 I la pente de la ligne d'eau

$$R = S/P, P \text{ étant le périmètre mouillé}$$

La formule de Manning-Strickler suppose un écoulement homogène et peu varié. Nous nous plaçons donc dans cette hypothèse.

De plus, la pente du bassin et les hauteurs d'eau étant très faibles, on peut supposer I constante.

$$\text{On pose alors } K = 1/n \cdot I^{1/2}$$

Compte tenu de ce qui précède K peut également s'exprimer de la manière suivante:

$$K = Q \cdot P^{2/3} \cdot S^{-5/3}$$

En reprenant la première courbe d'étalonnage (figure 3), nous avons cherché à obtenir une valeur moyenne de K.

$$\text{Pour } H = 44 \text{ cm } S = 3.8 \text{ m}^2, P = 20 \text{ m et } Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Pour } H = 54 \text{ cm } S = 6 \text{ m}^2, P = 20.7 \text{ m et } Q = 2.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{D'où } K(44) = 1.195 \text{ et } K(54) = 1.054$$

On opte en définitive pour une valeur de K égale à 1,1. Grâce à la formule de Manning, on peut ainsi extrapoler la courbe de tarage au delà de 54 cm, on obtient:

$$\text{pour } H = 70 \text{ cm } Q = 5.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

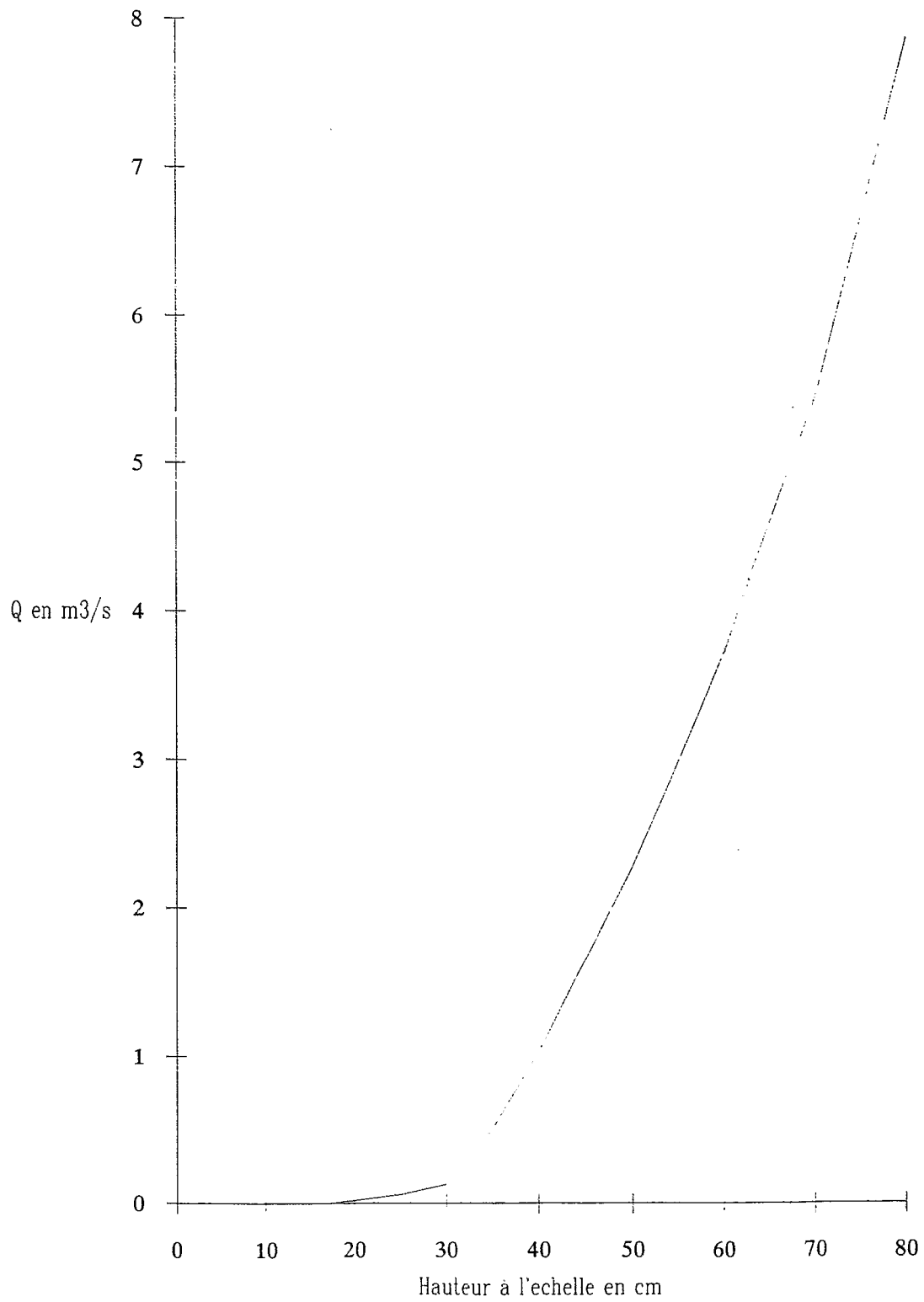
$$\text{pour } H = 80 \text{ cm } Q = 7.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

La chronique des hauteurs durant l'hivernage 1990 a montré que la cote 70 cm n'a été dépassée qu'une seule fois, le 30 juin, lors de la première crue qui est également la plus forte enregistrée.

L'étalonnage définitif est représenté sur la figure 4. A noter que le débit est nul pour les cotes inférieures à 17 cm. Ceci est dû au fait que l'échelle de crue et le limnigraphe sont implantés dans une petite dépression, juste en amont d'un léger seuil, remplie d'eau stagnante dès les premières pluies.

Figure 4

B.V. de la vallée Le Brusq : courbe d'étalonnage



### 2.3 Analyse des crues

Nous avons cherché dans cette analyse à déterminer un hydrogramme unitaire. C'est pourquoi la plupart des concepts énoncés dans ce paragraphe sont issus de la théorie de l'hydrogramme unitaire.

Sur 34 pluies ayant dépassé 10 mm, seules 15 ont donné lieu à un écoulement, avec des coefficients n'excédant pas 8 %. Nous avons donc affaire à un bassin dont la capacité au ruissellement est faible. Les principales caractéristiques des 15 crues enregistrées sont données dans le tableau 3. Le traitement des crues a été réalisé par HYDROM.

La lame ruisselée totale en 1990 s'élève à 19,5 mm soit 1,8 % de la lame précipitée. A titre de comparaison, J. Albergel dans une étude sur les bas-fonds de Casamance (1989) donne 6 % de coefficient d'écoulement annuel pour une pluviométrie de 1150 mm, dans les zones de plateaux et versants (moyenne sur 11 bassins).

La plupart des crues concernent des volumes extrêmement faibles, avec des débits de pointe de l'ordre de 100 l/s. Seules 3 crues plus importantes méritent une attention particulière. Elles sont représentées sur les figures 5 avec les hyétogrammes correspondants issus des enregistrements du pluviographe PE4.

La crue du 30 juin (la plus importante) est due à une averse moyenne de 82.8 mm surtout localisée à l'aval du bassin ce qui explique le temps de réponse très court et le rapport  $Q_{max}/L_r$  élevé comparé aux autres crues. De plus il s'agit sans doute d'une crue complexe, le hyétogramme comportant deux pointes distinctes.

La crue du 9 août, d'après le hyétogramme de l'averse qui l'a provoquée est probablement une crue complexe bien que l'hydrogramme ne présente qu'un seul pic. Les temps de montée et de base sont également trop longs pour que cette crue ait un caractère unitaire (figure 5.3).

Nous avons représenté sur la figure 5.2 l'hydrogramme des 8 et 9 août ainsi que les hyétogrammes des deux averses tombées durant ces deux jours. Cette figure met en évidence l'importance des pluies antérieures dans la genèse des crues. La pluie du 8 août a entraîné un faible ruissellement (1 % de la lame précipitée) et saturé les sols en eau, permettant ainsi à la pluie du 9, à peine plus importante, de provoquer une crue ayant un coefficient de ruissellement supérieur à 7 %. Cette remarque s'applique également à la crue du 6 septembre (figure 5.4) où le premier corps d'averse n'a provoqué aucun ruissellement.

Cette courte analyse des averses et des crues qu'elles ont, ou non, occasionnées nous permet de dire que sur ce bassin l'apparition d'une crue a pour origine deux facteurs essentiels dont la concomitance augmente la probabilité d'occurrence d'un fort ruissellement :

- la succession d'averses importantes rapprochées dans le temps,
- une forte intensité au cours d'une averse, dépassant la capacité d'absorption qui est apparemment très élevée sur ce bassin. La capacité d'absorption (CA) exprimée en mm/h entraîne la notion de pluie efficace, c'est à dire la fraction de l'averse d'intensité supérieure à la CA qui ruisselle intégralement.

La crue du 6 septembre peut, semble-t-il, être considérée comme unitaire. En effet elle est due à une averse formée d'un corps unique (la première pointe a été entièrement absorbée par le bassin), de courte durée et homogène sur tout le bassin. Une analyse rapide de l'hydrogramme permet de séparer le ruissellement pur d'un écoulement hypodermique dont le débit (presque négligeable) est d'environ 60 l/s. Connaissant la lame ruisselée, on en déduit aisément la capacité d'absorption moyenne (cam) qui est de 84 mm/h.

A partir de l'hydrogramme de cette crue, nous avons établi un hydrogramme unitaire de ruissellement pur, pour une lame ruisselée de 1 mm (figure 6).

Tableau 3 : caractéristiques des crues (1990)

Date	Pmax en mm	PM en mm	Lr en mm	Kr en %	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Tm (min)	Tb (h:mn)	Qmax/Lr
30/6/90	110.2	82.8	6.7	8.09	6.41	71	3:25	0.96
15/7/90	39	36.7	0.6	1.63	0.35	51	6:05	0.59
17/7/90	28	24.3	0.25	1.03	0.09	79	7:03	0.35
20/7/90	38.3	30.3	0.12	0.40	0.04	98	5:25	0.37
7/8/90	45.8	37.8	0.3	0.79	0.07	83	6:26	0.25
8/8/90	50	48.1	0.47	0.98	0.13	107	8:10	0.28
9/8/90	64	61.6	4.5	7.31	2.42	108	9:33	0.54
12/8/90	27.8	27.6	0.08	0.29	0.02	139	4:56	0.25
14/8/90	38.4	37.4	0.46	1.23	0.10	82	9:44	0.22
15/8/90	15.9	15.4	0.06	0.39	0.02	113	4:19	0.33
26/8/90	44.1	36.1	0.46	1.27	0.12	112	16:45	0.25
1/9/90	54.3	50.1	0.8	1.60	0.13	116	19:46	0.16
6/9/90	55.3	51.8	4.1	7.92	2.42	20	3:20	0.59
13/9/90	50.8	45.8	0.37	0.81	0.10	70	8:40	0.28
30/9/90	31.6	27.1	0.21	0.77	0.05	125	7:12	0.25

Pmax : pluie ponctuelle maximale  
 PM : lame précipitée sur le bassin  
 Lr : lame ruisselée sur le bassin  
 Kr : coefficient de ruissellement

Qmax : débit de pointe  
 Tm : temps de montée  
 Tb : temps de base

Figure 5.1

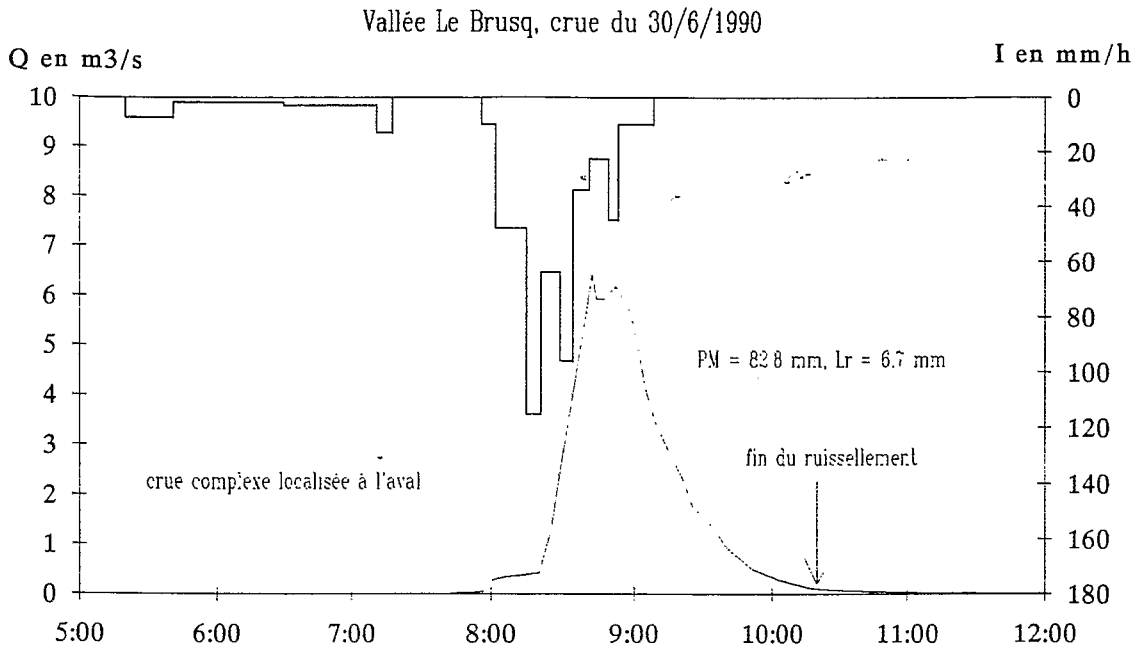


Figure 5.2

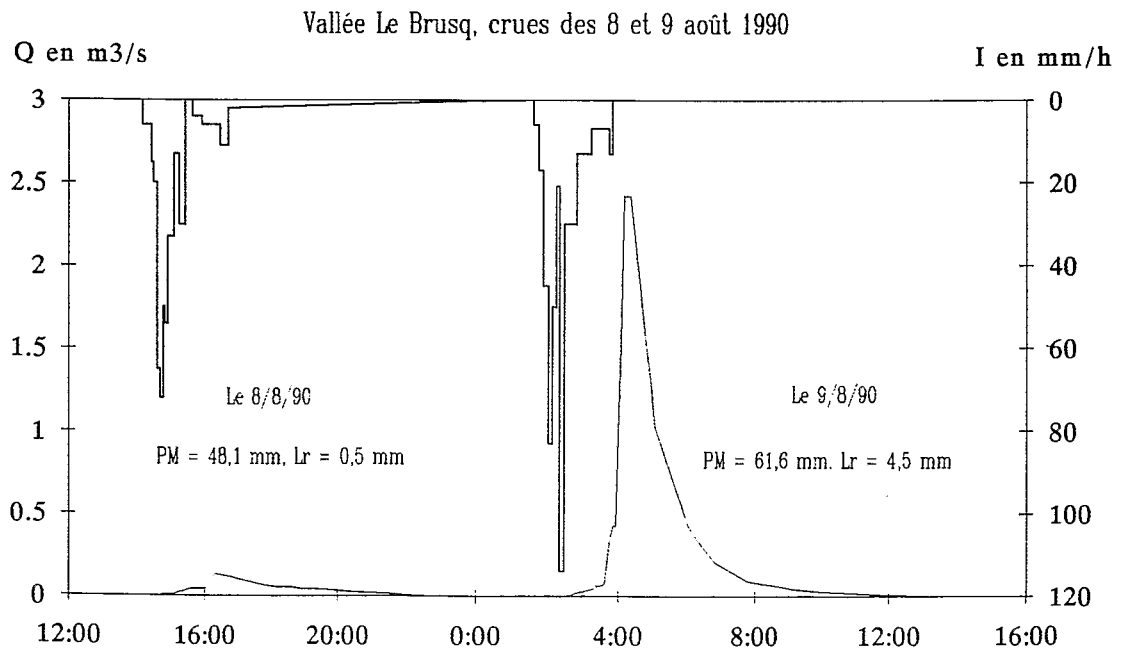


Figure 5.3

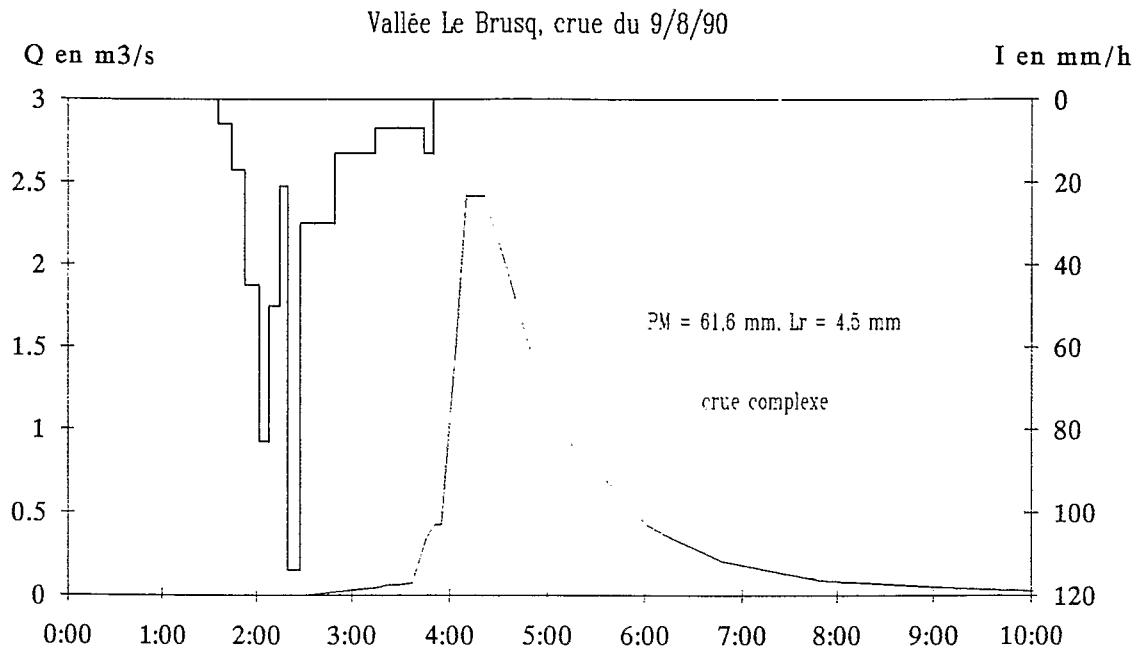
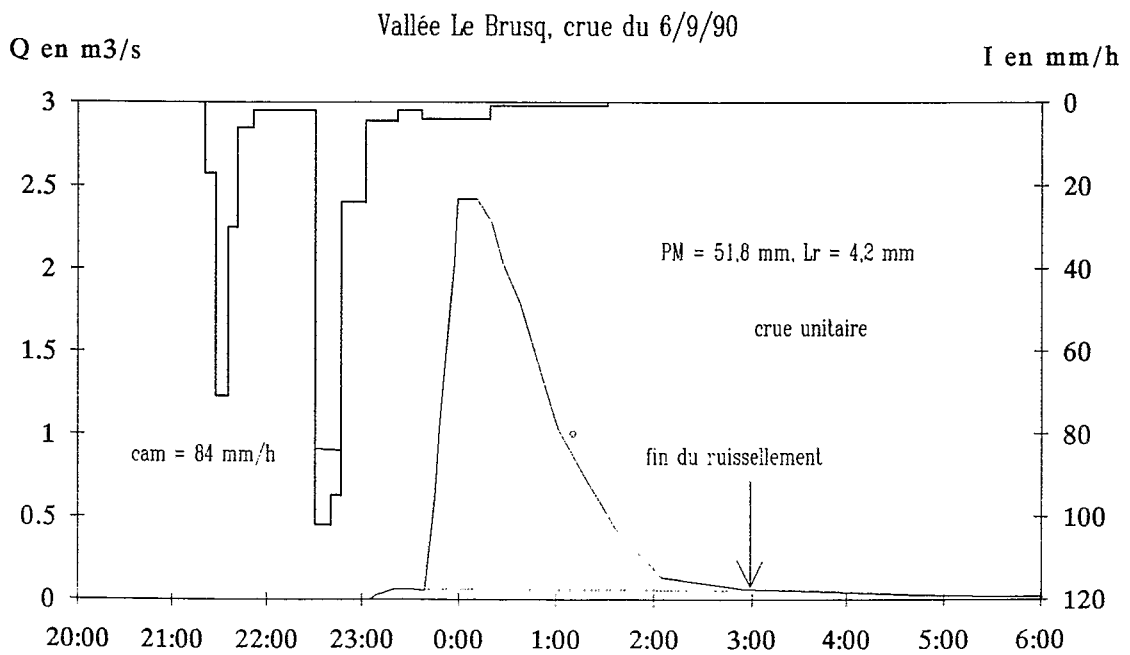
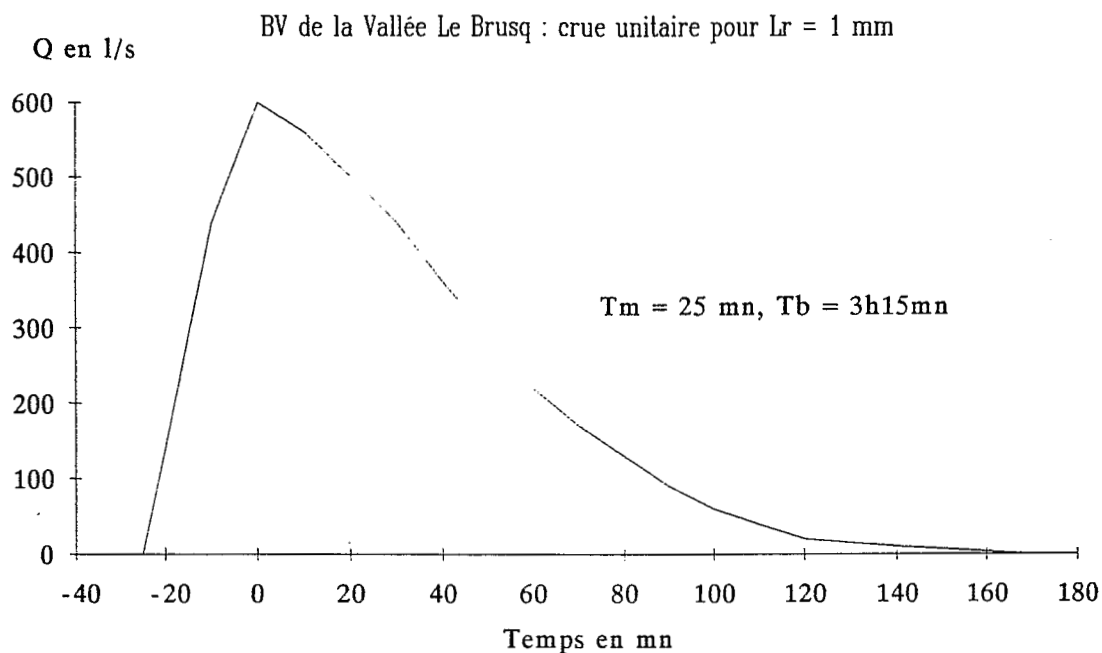


Figure 5.4





#### 2.4 Détermination de la crue décennale

A partir de l'hydrogramme unitaire établi plus haut, nous avons reconstitué la crue décennale à partir d'un hyétogramme de pluie décennale. Ce hyétogramme a été construit après examen des très fortes averses enregistrées dans le secteur depuis 1989, de telle sorte que la forme générale des fortes pluies soit respectée et que la lame précipitée corresponde à la pluie ponctuelle de fréquence décennale, corrigée d'un coefficient d'abattement égal à 0,95. D'après les études antérieures effectuées dans la région, l'averse ponctuelle décennale s'élève à 140 mm, ce qui nous donne, après correction par l'abattement, une lame précipitée sur le bassin de 133 mm. D'après l'analyse des crues en 1990, on peut estimer le coefficient de ruissellement de la crue décennale à 10 %, soit une lame ruisselée de 13,3 mm.

La figure 7 illustre la reconstitution de la crue décennale. Celle-ci est une crue complexe résultant de la superposition de deux crues unitaires décalées de 20 mn dans le temps, engendrées par les deux pointes du hyétogramme. En nous basant sur le principe de la décroissance de la capacité d'absorption, nous avons choisi d'attribuer à ces deux crues des lames ruisselées de 7,5 et 5,8 mm.

Les caractéristiques de la crue ainsi obtenue sont les suivantes:

Débit de pointe : 7,2 m<sup>3</sup>/s, soit 2667 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>

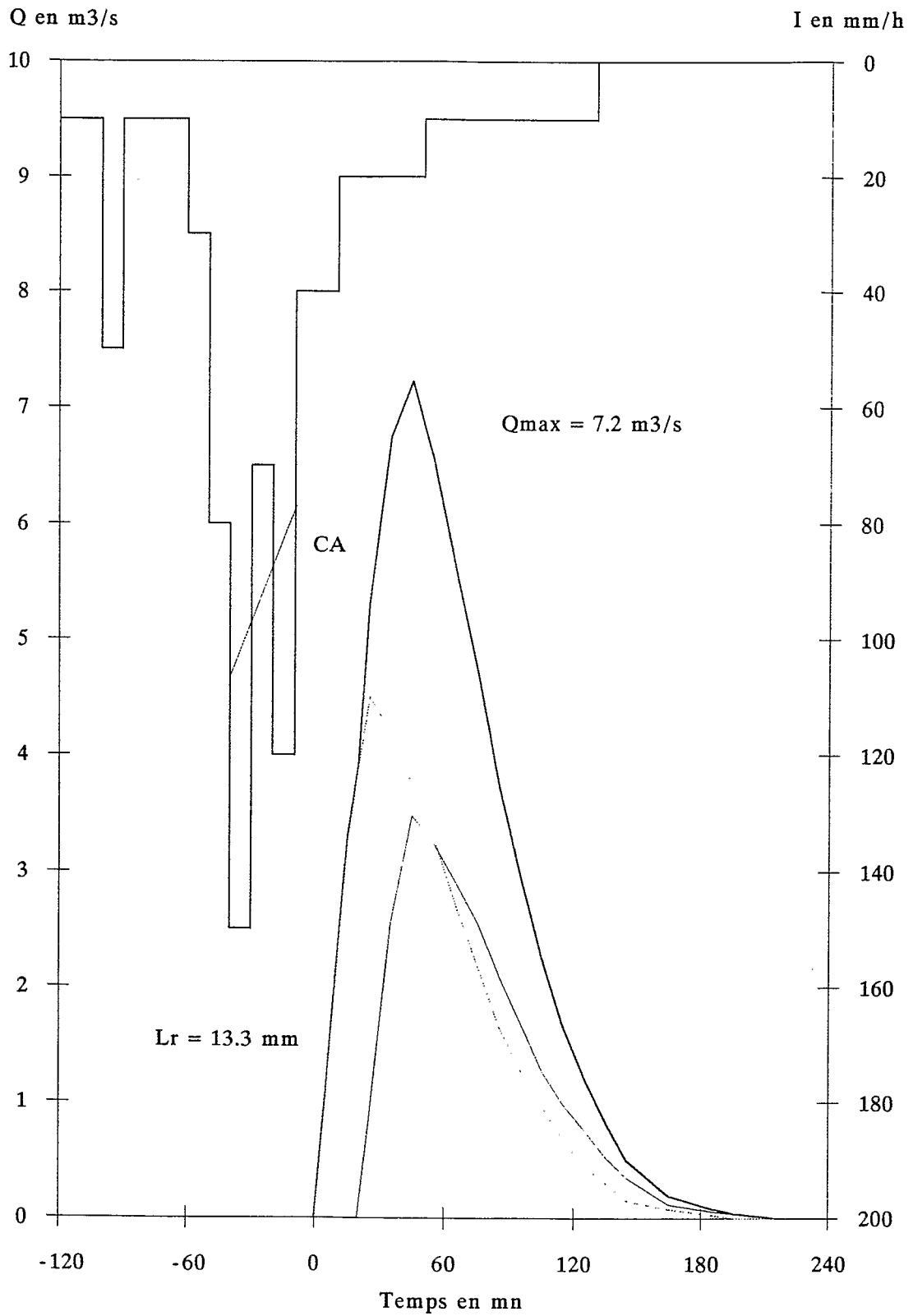
Volume écoulé : 36 000 m<sup>3</sup>

Temps de montée : 45 mn

Temps de base : 3h35mn



Figure 7 : reconstitution d'une crue décennale



## CONCLUSION

La campagne de mesures hydro-pluviométriques entreprise en 1990 sur le bassin de la vallée Le Brusq a confirmé un point déjà entrevu par l'étude des deux parcelles de ruissellement installées en 1989 sur le bassin versant de Djiguinoum: la faible aptitude au ruissellement des zones de versants (palmeraies sur sols gris) et de plateaux (sols rouges).

On peut retenir de la présente étude deux chiffres significatifs des conditions de ruissellement de ce bassin:

- le coefficient d'écoulement annuel d'environ 2 % obtenu en 1990, sans doute très proche de la moyenne interannuelle,
- le coefficient de ruissellement de la crue décennale, estimé à 10 %, qui place le bassin de la vallée Le Brusq dans la catégorie des bassins très peu perméables (P4 selon la terminologie de Rodier-Auvray).

Le débit de pointe relativement élevé de la crue décennale (plus de 7 m<sup>3</sup>/s) est dû à son temps de base assez court (3h30 environ). On peut d'ailleurs noter que ce débit a pratiquement été atteint lors de la crue du 30 juin 1990, provoquée par une averse qui a surtout touchée la partie aval du bassin.

Ces résultats devraient permettre de préciser les apports annuels d'eau dans la retenue de Djilakoun et de tenter de modéliser les processus de dessalement de la vallée de Djiguinoum. On pourra ainsi établir le degré de fiabilité de la gestion du barrage anti-sel entreprise depuis l'hivernage 1989.

## REFERENCES

- J. ALBERGEL: "Une méthode expert pour la conception des barrages anti-sel dans les bas-fonds de Basse et Moyenne Casamance", 13 p., ORSTOM Dakar 1989.
- J. ALBERGEL et al.: "Programme CEE DG 12, contrat n° TS2A-0216-M (CD). Rapport hydrologique 1989, vallée de Djiguinoum, Casamance", 73 p., ORSTOM Dakar 1990.
- P. DUBREUIL: "Initiation à l'analyse hydrologique", 216 p., MASSON Paris 1974.
- G. JACCON: "Tracé de la courbe de tarage et calcul des débits", Manuel d'hydrométrie tome 5, ORSTOM Brasilia 1986.
- J. RODIER et C. AUVRAY: "Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km<sup>2</sup> en Afrique Occidentale", 30 p., ORSTOM 1965.