

112

FÉDÉRATION DU MALI
Ministère des Travaux Publics
des Transports et des Télécommunications

SERVICE FÉDÉRAL DES TRAVAUX PUBLICS

ÉTUDES HYDROLOGIQUES DES PETITS BASSINS VERSANTS

D'AFRIQUE OCCIDENTALE

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

sur les résultats de la campagne

1958

Tome II

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE D'OUTRE-MER

Service hydrologique

JUIN 1960

Fédération du MALI

MINISTÈRE des TRAVAUX PUBLICS,
des TRANSPORTS et des
TELECOMMUNICATIONS

Service Fédéral des Travaux Publics

ETUDES HYDROLOGIQUES DES PETITS BASSINS VERSANTS
d'AFRIQUE OCCIDENTALE

RAPPORT PRELIMINAIRE
sur les résultats de la campagne
1 9 5 8

TOME II

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Service Hydrologique

Juin 1960

S O M M A I R E

- CHAPITRE VIII - Observations effectuées sur les bassins versants de l'OUED SELOUMBO (MAURITANIE).
- CHAPITRE IX - Observations effectuées sur le bassin versant de TIN-ADJAR (Boucle du NIGER).
- CHAPITRE X - Observations effectuées sur les bassins versants de la MAGGIA (NIGER).
- CHAPITRE XI - Observations effectuées sur les bassins versants de la LHOTO (DAHOMÉY).

C H A P I T R E V I I I

OBSERVATIONS EFFECTUEES

sur les BASSINS VERSANTS de SELOUMBO

(MAURITANIE)

I - DESCRIPTION - (Voir croquis 5-1)

Deux bassins versants contigus ont été exploités en 1957 et 1958 : au Nord, celui de l'Oued MOKTAR, 12,57 km², et au Sud, celui de l'Oued ALI, 11,27 km², ayant une frontière commune de 3 km orientée NW - SE.

Il sont situés à la bordure Ouest du TAGANT, entre les parallèles 17° 47' 0 et 17° 51' 5 N et les méridiens 12° 14' 5 et 12° 17' 5 W.

A la sortie de leurs bassins versants, les oueds MOKTAR et ALI se réunissent, après une chute d'une cinquantaine de mètres, pour former l'Oued SELOUMBO qui dévale la falaise du TAGANT pour se perdre rapidement dans les sables.

Les bassins versants se trouvent dans un massif gréseux dont les lits, subhorizontaux, sont d'épaisseurs variables, quelquefois séparés par des passes marneuses. L'érosion a dégagé un relief en tables et en gradins dont les pentes sont couvertes d'éboulis de blocs : les lits de grès sont quadrillés

de microfailles verticales suivant lesquelles, avec l'action de l'eau, ils se décomposent en blocs de toutes tailles. De plus, l'action superficielle de l'eau, jointe à celle du soleil (évaporation; remontées capillaires), fait se détacher en surface des "carreaux" de quelques centimètres d'épaisseur sur quelques dizaines de décimètres carrés, qui se fragmentent en pierraille.

Les crêtes de bordure du bassin versant de l'Oued MOKTAR sont ainsi faites d'éboulis, mais l'intérieur se compose de plusieurs plateaux en pente douce séparés par des gradins chaotiques. Le sol de ces plateaux est formé assez rarement de sags gravillonneux, plus souvent d'argile peu sableuse. L'on trouve plus de sables dans les lits majeurs des Oueds : l'importance de ces zones ensablées est très réduite, sauf dans le cours inférieur où il doit y en avoir près d'un kilomètre carré sur une épaisseur de plusieurs mètres par endroits. Le réseau hydrographique est bien marqué sans zones d'inondation et se compose principalement de deux affluents "MOKTAR Nord" 8,24 km² qui draine les bordures Est, Nord et Ouest, et "MOKTAR Sud" 4,33 km² qui draine surtout la crête molle qui sépare le bassin versant de celui de l'Oued ALI.

Celui-ci a un aspect plus rocheux et plus chaotique. Sa bordure comporte des éboulis plus importants. L'intérieur est encombré de petites montagnes de blocs de grès. Il n'y a guère de zones à peu près plates en dehors de grandes dalles de grès à vernis noir. Les zones argileuses sont presque inexistantes et les placages de sable, rares, sauf dans le cours inférieur où la zone ensablée a, à peu près, la même importance que dans le bassin versant de l'Oued MOKTAR. Le réseau hydrographique est également bien marqué, sans zones d'inondation, et se compose aussi de deux affluents : "ALI Est" 6,35 km² qui draine l'Est et la frontière commune avec deux bassins versants et "ALI Ouest" 4,92 km² qui draine la partie Ouest, la plus chaotique.

Le terrain reste pratiquement nu toute l'année : la végétation arbustive (euphorbes, épineux) est presque inexistante. Pendant la saison des pluies, quelques graminées poussent sur les plateaux de l'Oued MOKTAR. Le cram-cram qui pourrait proliférer sur les sables des cours inférieurs des deux Oueds reste clairsemé et de faible hauteur.

D'une façon générale, le sol des deux bassins versants semble plutôt imperméable : c'est évidemment le cas des dalles en grès et des zones argileuses. Mais les interstices entre blocs

d'éboulis doivent être bouchés par les argiles de décomposition, mais la perméabilité est grande dans ces zones d'éboulis. Les pentes générales des Oueds sont fortes, avec de rares mouilles sans importance. Nous pouvons considérer que le développement de la végétation ne modifie pas les conditions de ruissellement ou d'écoulement.

Au pied de la chute de l'Oued ALI, à la sortie de son bassin versant, il existe une guelta permanente alimentée par une source (4 l/s au début d'Avril 1959, le débit semble constant toute l'année) qui maintient constant le niveau de la mare. Celle-ci perd un peu d'eau par évaporation, plus par infero-flux entre les blocs du lit de l'Oued. Elle doit être alimentée par un réseau de failles dans les grès de l'étage supérieur, qui ne sont pas horizontaux mais un peu redressés, failles drainant les sables du cours inférieur de l'Oued ALI. Nous supposons que ces derniers sont alimentés par les écoulements de l'Oued beaucoup plus que par les pluies.

II - CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES -

Ce point a été traité dans les chapitres 2 et 3. Nous allons extraire de ce dernier les valeurs intéressantes au point de vue pluviométrie. Signalons au passage que les observations météorologiques habituelles ont été effectuées régulièrement en Août, Septembre et première moitié d'Octobre 1958, comme en Août, Septembre et Octobre 1957 (thermométrie, psychrométrie, Piche, bac Colorado).

La pluviométrie moyenne interannuelle peut être prise égale à 230 mm.

pluviométries journalières	ponctuelles	moyennes du chaque B.V.	ponctuelles de 2 jours consécutifs
de probabilité annuelle	36	33	64
de probabilité décennale	82	75	113
de probabilité 1/20 ans	103	95	132

Le graphique 5-2 donne le hyétogramme probable d'une averse de 75 mm.

Hytogramme type
d'une averse journalière
de 100 mm

Graphique 3-24
(extrapolation)

150

I
mm/h

100

50

0

0

1

2

3

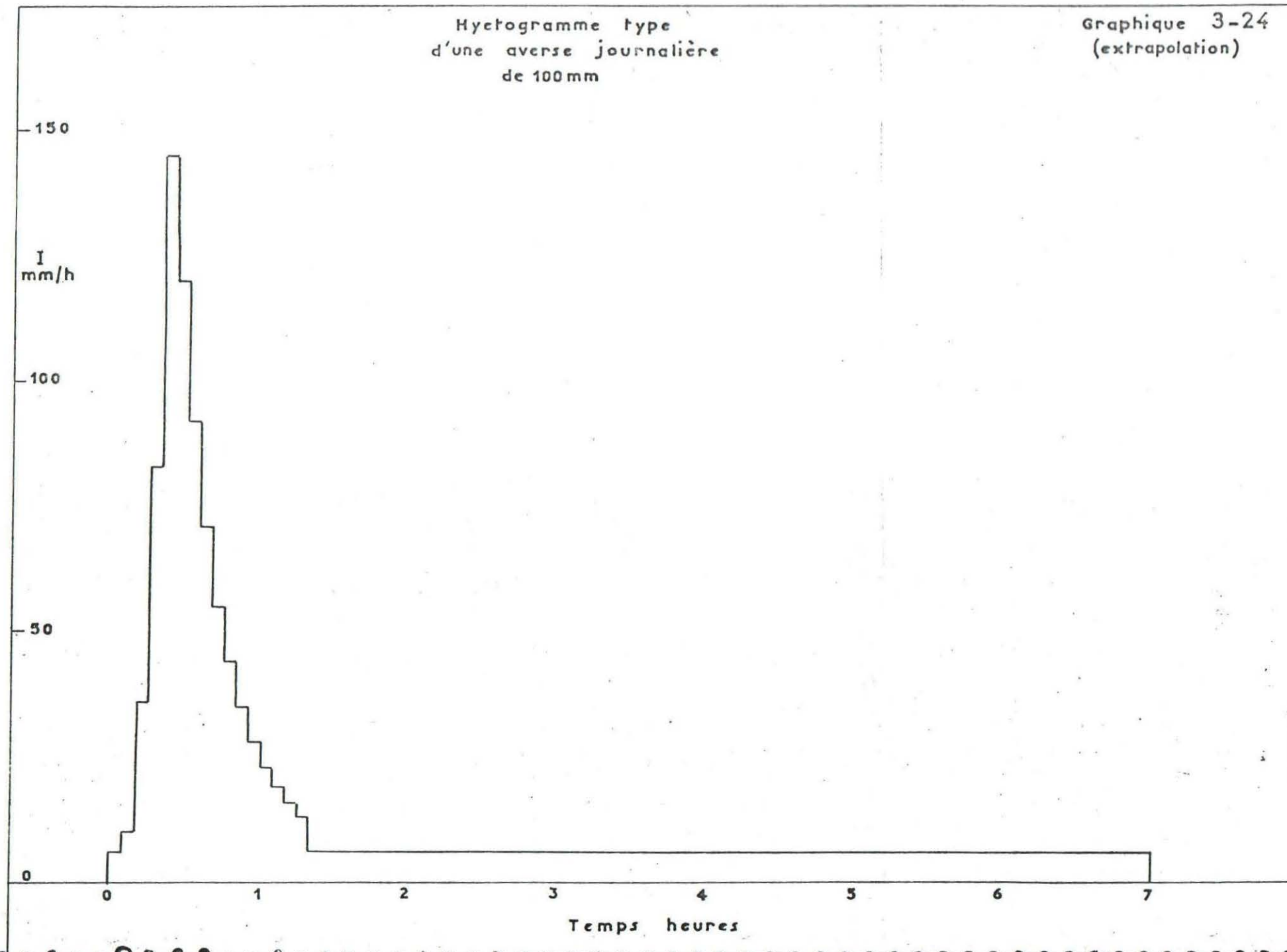
4

5

6

7

Temps heures



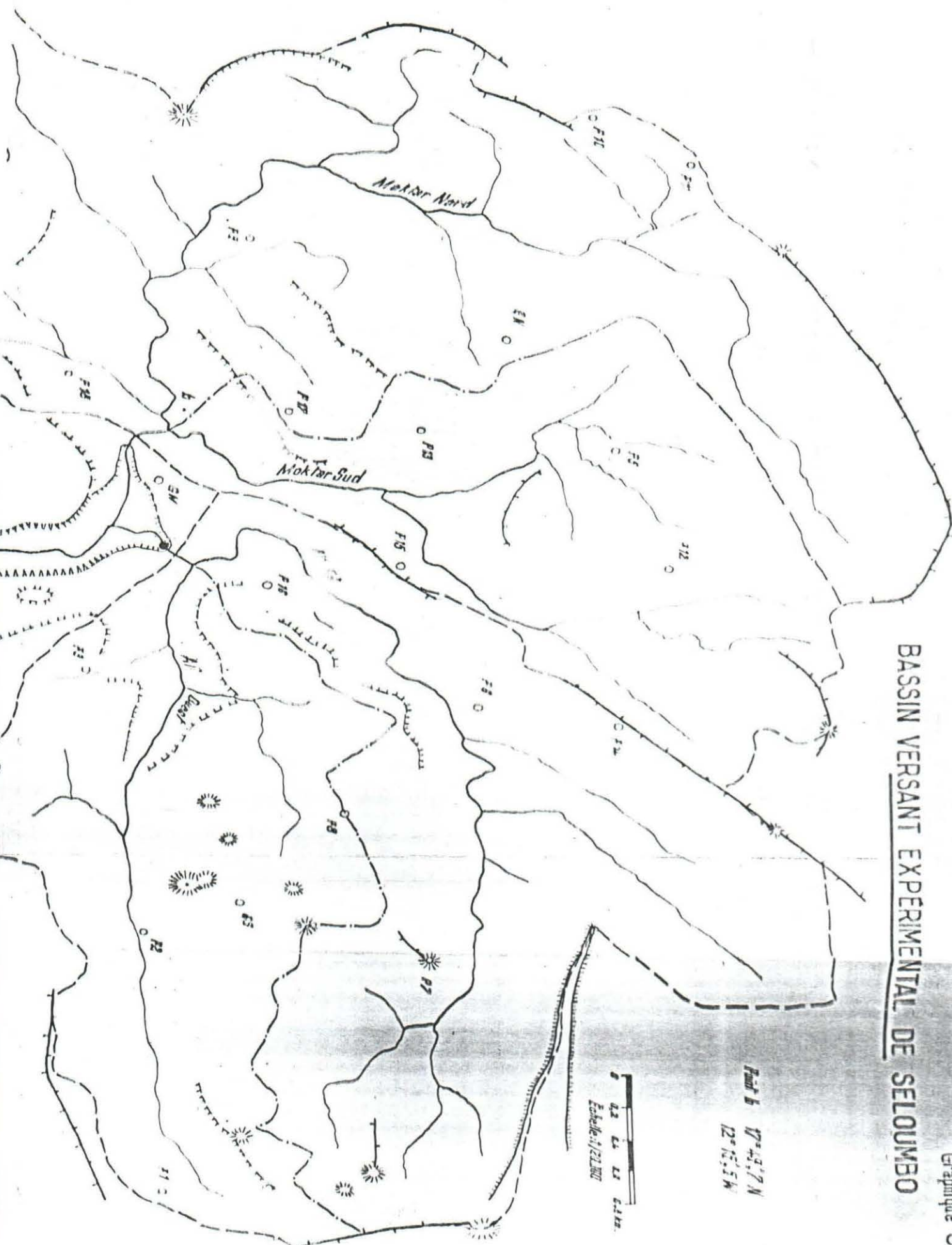
Tidjikia
o [78]

M. Jaria
[]

Kiffa
o [89]



BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DE SELOUMBO



Point B 17° 43' 17" N
12° 16' 5" W

0 0.2 0.4 0.6 0.8 km
Echelle: 1/25,000

Les pluviogrammes ont été dépouillés par intervalles de 5 minutes, en recherchant tout d'abord l'intervalle donnant la plus forte intensité. Les hyétogrammes moyens ont été calculés en multipliant les intensités des pluviogrammes observés aux pluviographes centraux de chaque bassin versant par le rapport pluviométrie moyenne sur le bassin versant pluviométrie au pluviographe. La comparaison des hyétogrammes des trois pluviographes montre une déformation à peu près régulière du Nord au Sud, ce qui justifie un procédé aussi simpliste de construction des hyétogrammes moyens.

Le nombre d'averses a été de 20 pendant l'hivernage 1958. Huit n'ont donné aucun écoulement aux stations de jaugeage.

- averse du 19 Juillet : 2 pluies de faible intensité, total 13 mm à la station météo - répartition - hauteurs moyennes inconnues.

- averse du 4 Août :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 4,5 mm bien répartie. A l'enregistreur durée 5 mm, intensité 42 mm/h.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 3,9 mm bien répartie. A l'enregistreur durée 5 mm, intensité 48 mm/h.

- averse du 19 AOÛT :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 6,2 mm, hauteurs croissant du Sud au Nord. Enregistré 60 mm/h pendant 5 mn.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 1,8 mm.

- 1ère averse du 20 Août :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 0,9 mm.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 1,1 mm.

- averse du 3 Septembre :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant

BASSIN VERSANT de l'OUED MOKTAR

Hauteurs pluviométriques en mm

N°	Date	P 5	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 17	P 18	G M	G N	moy.	disp.	%
	17/6															
	19/7											13,0				
9	28/7	11,5				10,3	16,4	6,9	9,5	13,3		13,0	16,0	12,5		76
10	31/7	29,5				29,9	29,2	27,2	23,6	25,9		27,0	28,5	28,6		22
11	2/8	12,5	12,4	12,4	8,5	17,0	12,4	18,7	11,4	11,3	11,2	11,0	10,0	12,9		79
	4/8	4,9	4,0	3,7	5,1	5,4	4,7	3,7	4,3	4,4	4,1	4,5	5,0	4,5		31
12	5/8	27,5	31,4	29,8	29,5	26,2	28,0	22,3	22,7	25,8	28,0	26,0	27,5	28,2		32
13	7/8	1,1	2,3	1,2	1,3	6,0	6,4	7,0	3,0	5,7	4,1	4,0	5,0	3,9		151
14	8/8	12,0	18,6	13,3	13,4	10,0	11,3		13,0	16,3	18,1	18,5	10,0	13,4		64
15	14/8	15,0	6,4	5,9	5,2	13,0	4,0	9,0	11,0	4,5	6,7	5,5	6,0	8,3		132
	19/8	5,7	6,8	8,1	10,0	4,6	5,6	2,2	3,5	4,9	6,4	6,5	5,5	6,2		126
	20/8 1°	1,5	C	0	0,6	1,5	1,2	1,2	1,3	1,4	0,4	1,0	1,0	0,9		
16	20/8 2°	28,3	20,7	19,0	20,2	31,7	24,3	27,3	26,5	29,2	29,2	31,0	27,0	25,3		50
17	29/8	11,7	26,2	15,2	16,7	14,2	12,9	12,7	12,0	14,9	13,0	15,5	13,0	16,5		88
	3/9	4,1	3,2	4,2	2,7	3,3	3,0	4,9	1,3	3,8	4,8	7,0	4,5	4,0		128
	16/9	12,3	8,3	8,2	7,5	7,8	9,2	5,5	8,5	6,4	7,4	9,0	7,5	8,4		81
	18/9	2,2	0	0	0	3,3	0	4,1	1,5	0	0	0,5	0	1,3		
	22/9	3,7	4,2	4,6	4,7	4,4	0,6	4,3	1,1	0,7	1,7	1,0	1,0	3,3		
18	25/9	3,7	7,8	3,8	4,2	3,3	4,7	10,6	5,5	5,8	13,7	7,0	4,0	6,5		160
19	1/10	12,7	18,4	11,8	11,4	11,2	15,6	14,5	12,2	15,8	10,0	17,5	13,5	14,9		59

BASSIN VERSANT de l'OUED ALI

Hauteurs pluviométriques en mn

N°	Date	P 1	P 2	P 3	P 4	P 6	P 7	P 8	P 14	P 15	P 16	G S	moy B.V.	% disp.
	17/6													
	19/7													
9:	28/7	2,6	8,1	9,9	9,1	6,5	4,9	9,4	6,9	9,5	10,0	8,0	6,7	110
10:	31/7	24,3	26,5	22,0	19,7	26,0	26,9	26,5	27,2	23,6	21,5	25,0	25,6	29
11:	2/8	18,8	12,2	12,1	15,5	15,6	17,8	13,7	18,7	11,4	14,4	15,5	16,8	44
	4/8	3,6	5,4	3,5	2,8	4,2	3,4	3,9	3,7	4,5	4,4	4,0	3,9	67
12:	5/8	22,9	22,0	12,4	14,6	19,5	19,1	18,8	22,3	22,7	21,6	18,5	20,3	60
13:	7/8	3,6	9,1	1,2	1,8	5,0	2,0	2,6	7,0	3,0	6,0	3,0	3,5	226
14:	8/8	2,7	3,5	14,5	15,1	16,0	2,8	7,3		13,0	17,0	3,5	8,5	168
15:	14/8	14,2	8,5	9,5	8,7	12,0	15,8	12,0	9,0	11,0	7,0	9,0	11,9	74
	19/8	1,1	1,8	1,0	0,9	1,3	0,9	0,9	2,2	3,5	3,4	0,5	1,8	
	20/8 1°	1,6	0,8	1,2	1,4	1,0	1,1	0,7	1,2	1,3	1,4	0,5	1,1	
16:	20/8 2°	20,5	41,2	37,9	23,8	28,0	31,5	37,9	27,3	26,6	29,4	32,5	30,1	69
17:	29/8	26,5	23,5	16,4	12,0	12,5	17,4	22,0	12,7	12,4	14,4	18,5	17,6	83
	3/9	6,2	8,0	9,5	6,7	8,1	6,6	11,3	4,9	1,9	5,1	8,5	7,0	134
	16/9	4,2	5,0	2,7	5,5	5,9	3,2	4,5	5,5	8,3	9,2	2,5	4,6	145
	18/9	10,5	9,5	2,1	2,0	5,4	5,6	8,8	4,1	1,6	2,1	9,0	6,0	148
	22/9	5,0	3,1	0,6	1,0	3,4	3,9	2,6	4,3	1,4	2,1	3,0	3,3	
18:	25/9	31,4	18,2	8,6	12,8	8,6	19,9	15,1	10,6	5,5	7,2	15,5	16,5	157
19:	1/10	43,5	19,6	11,2	15,0	15,3	21,0	20,8	14,5	12,2	14,5	21,0	21,9	148

4,0 mm bien répartie, averse de longue durée : plus de 2 heures, à faibles intensités.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 7,0 mm centre plus arrosé, averse de longue durée : plus de 3 heures, à faibles intensités.

- averse du 16-Septembre :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 8,4 mm bien répartie, durée 1 h 10, intensité maximale enregistrée 36 mm/h.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 4,6 mm bien répartie, durée 40 mn, intensités faibles.

- averse du 18-Septembre :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 1,3 mm.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 6,0 mm.

Hauteurs décroissantes du Sud au Nord, intensité maximale enregistrée 36 mm/h.

- averse du 22-Septembre :

Oued MOKTAR : hauteur moyenne sur le bassin versant 3,3 mm.

Oued ALI : hauteur moyenne sur le bassin versant 3,3 mm.

12 averses ont produit un écoulement à l'une au moins des stations.

Bassin versant de l'Oued MOKTAR : 2 averses sans écoulement.

- averse n° 15 du 14 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 8,3 mm centrée sur le Sud-Est, où il a pu se produire un petit ruissellement local. I maximum enregistrée 48 mm/h.

- averse n° 19 du 1er Octobre, hauteur moyenne sur le bassin versant 14,9 mm, les hauteurs décroissent régulièrement de l'Ouest à l'Est - durée 3 heures - I maximum enregistrée 24 mm/h.

3 averses avec écoulement presque nul.

- averse n° 13 du 7 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 3,9 mm, presque nulle sur le Nord - durée 5 mn. - I enregistrée 60 mm/h.

- averse n° 17 du 29 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 16,5 mm, maximum sur le cours moyen de l'affluent Nord - durée 3 heures - maximum enregistré 66 mm/h.

- averse n° 18 du 25 Septembre, hauteur moyenne sur le bassin versant 6,5 mm, hauteur décroissant régulièrement de l'Ouest à l'Est, durée 2 h 15 à faibles intensités.

7 averses ont donné un écoulement notable.

- averse du 17 Juin : répartition, hauteur, intensités inconnues.

- averse n° 9 du 28 Juillet : hauteur moyenne sur le bassin versant 12,5 mm, assez bien répartie, durée 30 mn, I maximale enregistrée 114 mm/h.

- averse n° 10 du 31 Juillet, hauteur moyenne sur le bassin versant 28,6 mm bien répartie, averse longue : 5 h, I maximale enregistrée 66 mm/h.

- averse n° 11 du 2 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 12,9 mm, têtes des deux Oueds un peu favorisées, durée 50 mn, I maximale enregistrée 84 mm/h.

- averse n° 12 du 5 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 28,2 mm, bien répartie, durée 35 mn, I maximale enregistrée 126 mm/h.

- averse n° 14 du 8 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 13,4 mm, assez bien répartie, durée 15 mn, plus une traine de 1 h 50 (I < 2 mm/h) intensité maximale enregistrée 48 mm/h.

- averse n° 16 du 20 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 25,3 mm, assez bien répartie décroissant du Sud au Nord, 2 ondées de 10 mn séparées par 10 mn à faible intensité. Intensités maximales enregistrées 126 mm/h et 72 mm/h.

Bassin versant de l'Oued ALI (2 averses sans écoulement).

- averse n° 9 du 28 Juillet, hauteur moyenne sur le bassin versant 6,7 mm, décroissant du Nord au Sud, durée 30 mn, intensité maximale enregistrée 78 mm/h.
- averse n° 13 du 7 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 3,5 mm, bien répartie, durée 5 mn, intensité maximale enregistrée 36 mm/h.

2 averses avec écoulement presque nul

- averse n° 10 du 31 Juillet, hauteur moyenne sur le bassin versant 25,6 mm, assez bien répartie, durée 5 h 30, débutant par une pointe d'intensité enregistrée de 60 mm/h.
- averse n° 15 du 14 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 11,9 mm, décroissant du Sud au Nord, durée 10 mn, Intensité maximale enregistrée 72 mm/h.

8 averses ont donné un écoulement notable

- averse du 14 Juin, répartition, hauteur, intensité inconnues.
- averse n° 11 du 2 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 16,8 mm, Nord-Ouest déficitaire, durée 40 mn, intensité maximale enregistrée 72 mm/h.
- averse n° 12 du 5 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 20,3 mm, bien répartie, durée 45 mn, intensité maximale enregistrée 72 mm/h.
- averse n° 14 du 8 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 8,5 mm, très mal répartie, seuls les cours inférieurs des deux Oueds ont reçu une quantité d'eau intéressante. A l'enregistreur durée 5 mn, plus traine de 1 h 45 à intensité \leq 2 mm/h.
- averse n° 16 du 20 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 30,1 mm. Minimum au Sud, maximum sur le cours moyen d'Ali

Ouest, durée 30 minutes, maximum enregistré 138 mm/h.

- averse n° 17 du 29 Août, hauteur moyenne sur le bassin versant 17,6 mm, maximum au Sud, minimum au Nord-Ouest, durée 3 h 30. Intensité maximale enregistrée 114 mm/h.
- averse n° 18 du 25 Septembre, hauteur moyenne sur le bassin versant 16,5 mm, décroît régulièrement du Sud au Nord, durée 3 h 30, intensité maximale enregistrée 90 mm/h.
- averse n° 19 du 1er Octobre, hauteur moyenne sur le bassin versant 21,9 mm, mal répartie avec maximum important sur le Sud, durée 4 heures. I maximale enregistrée 48 mm/h.

Nous avons donc été, cette année, extrêmement favorisés par la pluviométrie : averses sans pointes multiples, quelquefois prolongées par des trains à faibles intensités, constituées par un corps utile d'une durée d'une vingtaine de minutes tombant avec des intensités très fortes. Les averses intéressantes de 1957 ont présenté soit des pointes multiples, soit des corps plus longs.

La comparaison des hydrogrammes et des hyétogrammes des deux hivernages permet d'affirmer que pour les deux bassins versants les durées des averses unitaires sont de 20 minutes.

V - CRUES OBSERVEES -

Oued MOKTAR

Le limnigraphe et la station de jaugeage se trouvent dans une mouille petite mais profonde, creusée dans les alluvions sableuses. La barre rocheuse, qui forme la chute à une centaine de mètres à l'aval, est un déversoir naturel et l'étalonnage de la station devrait être définitif. Mais, les mesures de vitesses sont faites en "jaugeage continu", avec des variations rapides de niveau du plan d'eau et des modifications non moins rapides du fond sablonneux. La dispersion des mesures est assez forte à chaque verticale. La cote maximale ayant fait l'objet de mesures est assez forte à chaque verticale. La cote maximale ayant fait l'objet de mesures est : 1,38 m (1,30 en 1957) et la cote maximale atteinte 1,50 m. La courbe de tarage a été tracée en tenant compte des jaugeages des deux campagnes (graphique 5-3).

O. MOKTAR

COURBE DE TARAGE

Debit $m^3/sec.$

20

15

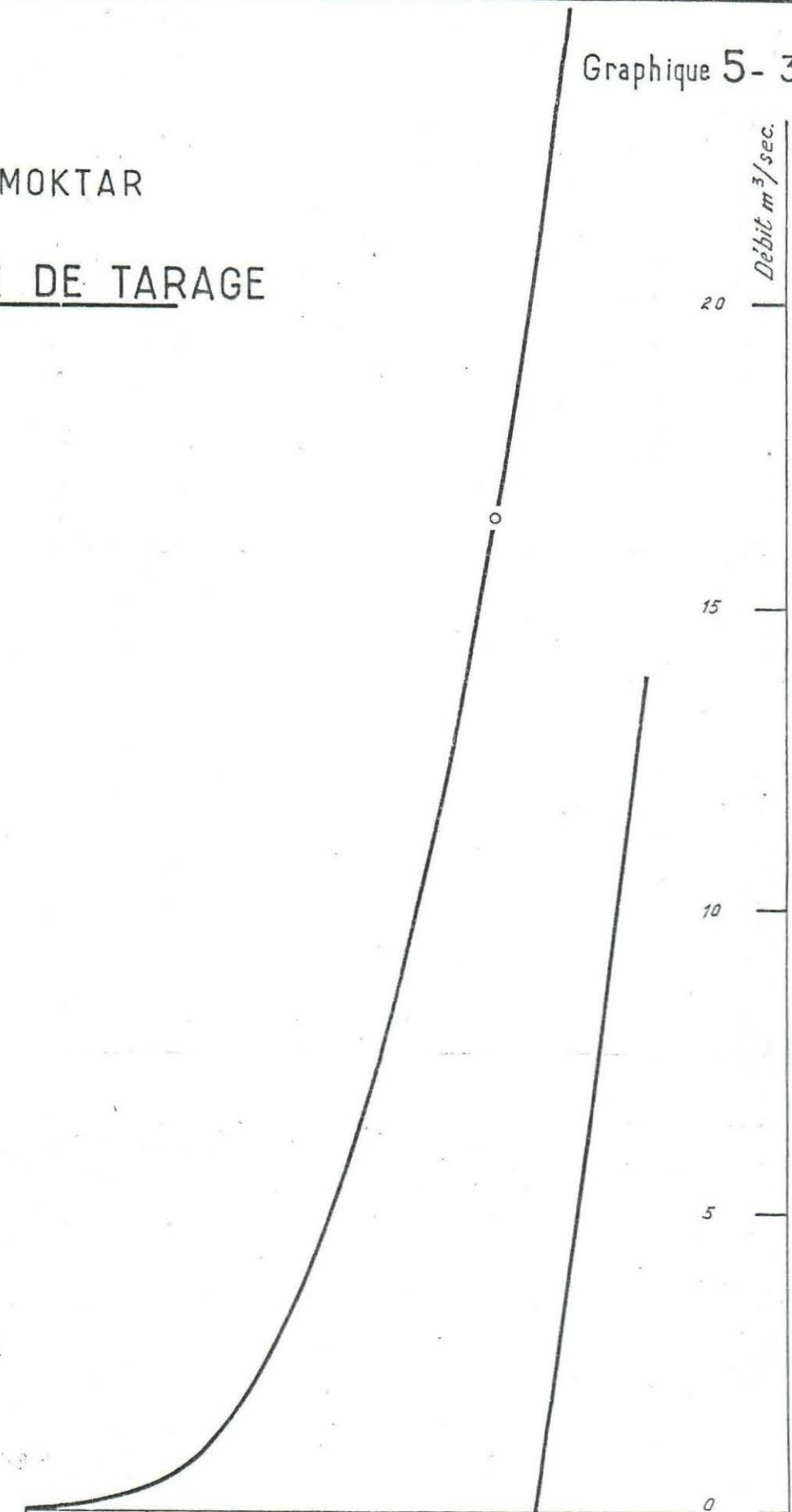
10

5

0

Cote échelle en cm.

60 80 100 120 140 160



3 crues correspondent à un faible écoulement.

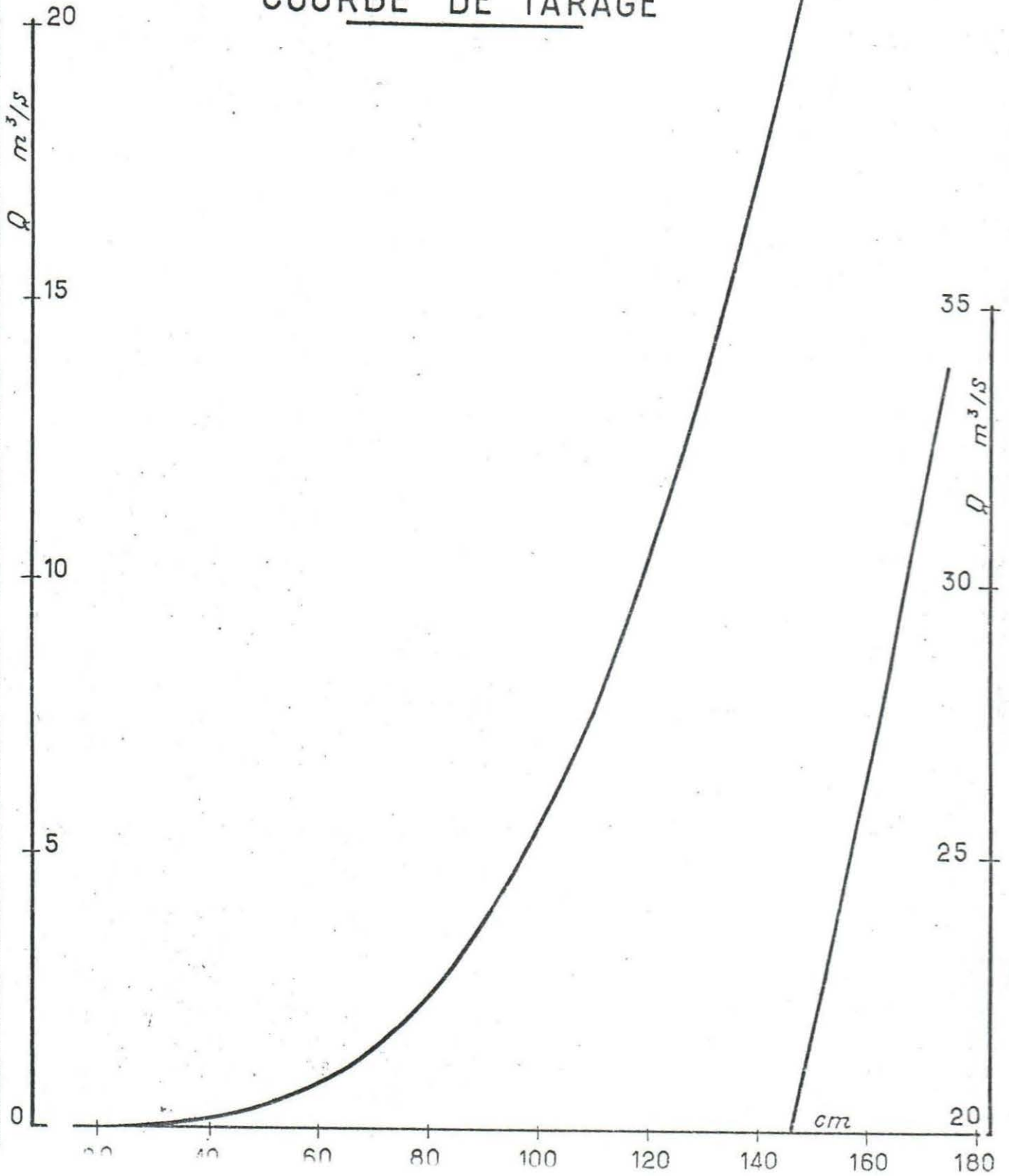
- crue n° 13 du 7 Août, remontée du plan d'eau 30mn après la pluie, débit maximal 60l/s, 3 heures après la pluie, fin de l'écoulement 11 heures après l'averse.
- crue n° 17 du 29 Août, l'averse a deux pointes et nous les retrouvons sur l'hydrogramme : première pointe, double, 1 h 30 et 2 h 15 après l'averse, deuxième pointe, simple, 2 h 50 après l'averse. Débit maximal 450 l/s, écoulement complètement terminé 15 heures après la deuxième averse.
- crue n° 18 du 25 Septembre. Il n'y a pas eu d'écoulement à la station : seulement remontée du plan d'eau un heure après l'averse.

7 crues correspondent à un écoulement notable.

- crue du 17 Juin, non observée, le débit maximal aurait été d'environ 20 m³/s d'après les délaissés pas très nets.
- crue n° 9 du 28 Juillet. La crue arrive 30 mn après l'averse. Débit maximal 2,5 m³/s, 1 heure après la pointe. Ecoulement totalement arrêté 12 heures après l'averse. Volume écoulé 8,1 10³ m³ cam 78 pour 5 mn.
- crue n° 10 du 31 Juillet. La crue arrive 30 mn après l'averse. Débit maximal 2,8 m³/s 1 heure après le corps de l'averse (peu net). Ecoulement arrêté 13 h après la pointe de l'averse. Volume écoulé 25,6 10³ m³ cam 40 pour 5 minutes. Ecoulement hypodermique abondant à cause de la durée de la traine à faible intensité.
- crue n° 11 du 2 Août. La crue arrive 30 mn après l'averse. Deux pointes de débit à 3,8 et 3,6 m³/s, 50 mn et 1 h 30 après l'averse, correspondant peut-être la première à MOKTAR Sud, la seconde à MOKTAR Nord, dont seules les têtes ont été bien arrosées. Palier 2 h 50 après l'averse correspondant peut-être à l'écoulement hypodermique.
- crue n° 12 du 5 Août. Débit maximal 24 m³/s 1 heure après l'averse. Volume écoulé 118.10³ m³, cam pour 10 minutes : 51 mm/h. Ecoulement complètement terminé 16 heures après l'averse.

O. ALI

COURBE DE TARAGE



- crue n° 14 du 8 Août. Débit maximal $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 40 mn après l'averse. Ecoulement complètement terminé 14 h après l'averse. Volume écoulé 44.10^3 m^3 cam pour 10 mn 39 mm/h.
- crue n° 16 du 20 Août. Débit maximal $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 50 mn après la deuxième pointe de l'averse. L'écoulement dû à la première pointe n'est pas séparable du total. Ecoulement complètement terminé 14 heures après la deuxième pointe.

Oued ALI

Les dispositions du limnigraphe et de la passerelle de jaugeage sont très semblables à celles de l'Oued MOKTAR : la mouille est très réduite, et la barre rocheuse plus proche. Même observation au sujet des jaugeages. La cote maximale ayant fait l'objet de mesures est de 1,75 m : cote maximale atteinte cet hivernage. La courbe de tarage a été tracée en tenant compte des jaugeages des deux campagnes. La zone de débordement est réduite et sans importance (à l'Oued MOKTAR elle est encore moins importante). (Graphique 5-4).

2 crues correspondent à un faible écoulement.

- crue n° 10 du 31 Juillet. Début de l'écoulement 2 h 30 après la pointe de l'averse, débit maximal 100 l/s, 6 heures après l'averse, écoulement complètement terminé 11 heures après la pointe de l'averse.
- crue n° 15 du 14 Août, début de l'écoulement 2 h 30 après l'averse, débit maximal 350 l/s, 2 h 50 après l'averse. Ecoulement complètement terminé 10 heures après l'averse.

8 averses ont donné un écoulement notable.

- averse du 17 Juin, non observée. Le débit maximal aurait été d'environ $20 \text{ m}^3/\text{s}$, d'après les délaissés très peu nets un mois après.
- averse n° 11 du 2 Août. Débit maximal $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 1 h 15 après l'averse. Volume écoulé $22,8.10^3 \text{ m}^3$ cam 57 pour 10 minutes. Ecoulement totalement arrêté 13 heures après l'averse.

- crue n° 12 du 5 Août. Débit maximal $17 \text{ m}^3/\text{s}$, pointe très courte 55 minutes après la pointe de l'averse. Volume écoulé $60,7 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, cam 40 pour 15 minutes. Ecoulement totalement arrêté 11 heures après l'averse.
- crue n° 14 du 8 Août. Débit maximal $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ 20 minutes après l'averse qui a intéressé principalement le cours inférieur des oueds. Ecoulement complètement terminé 8 heures après l'averse. Volume écoulé $7,9 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.
- averse n° 16 du 20 Août. Débit maximal $34 \text{ m}^3/\text{s}$: deux pointes presque égales 35 et 50 minutes après le centre de gravité du corps de l'averse. Volume écoulé $131 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, cam pour 15 minutes: 50 mm/h. Ecoulement complètement arrêté 12 heures parès l'averse.
- averse n° 17 du 29 Août. Première pointe de débit : $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 1 h 20 après la première pointe de l'averse, deuxième pointe, $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ 25 minutes après la deuxième pointe de l'averse. Volume écoulé $10,9 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Ecoulement totalement arrêté 10 heures après l'averse.
- averse n° 18 du 25 Septembre. Débit maximal $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ 2 h 45 après la pointe de l'averse. Volume écoulé $12 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.
- averse n° 19 du 1er Octobre. Débit maximal $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ 2 heures après la pointe de l'averse (début de l'écoulement 30 minutes avant le maximum). Volume écoulé $17 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Ecoulement arrêté 11 heures après l'averse.

VI - ESSAIS d'INTERPRETATION -

Toutes les données relatives aux crues de l'hivernage 1959 sont résumées dans les tableaux joints où :

P_u T_u I_u correspondent à la pluie utile, c'est-à-dire à la portion de l'averse tombée à des intensités supérieures à 10 mm/h, I_u étant l'intensité moyenne pendant le temps T_u .

P_e T_e I_e correspondent à la pluie efficace ayant donné le ruissellement, I_e étant l'intensité moyenne pendant le temps T_e . Il se trouve que ce temps T_e , est également le temps "efficace" pour l'écoulement total, par suite de la faiblesse de l'écoulement hypodermique.

Le lag est le nombre de minutes entre le centre de gravité de l'averse efficace et le maximum du débit.

O. ALI

Tableau général d'interprétation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
N°	Date	heures depuis dernière pluie	P _{mini}	P _{maxi}	P _{moy.}	Durée	P _u	T _u	I _u	P _e	T _e	I _e	lag	V _{éc}	V _{éc.}	Q _{max}	Q _{max}	CamT	V _r	P _r	K _r	K _{ru}	K _{re}	I _r	Cam	
		h	mm	mm	mm	mn	mm	mn	mm/h	mm	mn	mm/h	mn	10 ³ m ³	mm	m ³ /s	l/s/km ²	mm/h	10 ³ m ³	mm	%	%	%	mm/h	mm/h	
9	28.7	217	2,6	10	6,7	30'	5,5	5'	65					0												
10	31.7	63	19,7	27,2	25,6	330'	10,8	25'	26	5,1	5'	62		#0				60								
11	2.8	59	11,4	18,8	16,8	40'	15,6	(15')	62	11,3	10'	69	75'	22,8	2	5	440	57	18,5	1,65	10	10	15	10	59	
12	5.8	44	12,4	24,6	20,3	45'	17,1	20'	51	15,4	15'	62	55'	60,7	5,4	17	1500	40	55	4,9	24	25	32	20	42	
13	7.8	34	1,2	9,1	3,5	5'	3,5	5'	42					0												
14	8.8	22	2,7	17	8,5	110'	5	10'	30	3,7	5'	45	20'	7,9	0,7	1,5	130	36								
15	14-8	160	7	15,8	11,9	10'	11,9	10'	64	7,9	5'	95		#0				92								
16	20-8	(139)	20,5	41,2	30,1	35'	28,8	(25')	69	24,2	15'	97	45'	131	11,7	34	3000	50	122	10,8	36	37	45	43	51	
17	29-8	223	12	26,5	17,6	210'	14,2	(15')	57	9	5'	108	80'	10,9	1	1,5	130	96								
18	25-9	75	5,5	31,4	16,5	215'	13,9	(30)''	28	8	5'	96		12	1,1	1,7	150	83								
19	1-10	127	11,2	43,5	21,9	240'	14,2	35'	24	7,3	10'	44	120'	17	1,5	4	350	35	13,5	1,2	5	8	16	7	3'	

Le volume écoulé est le total de l'écoulement exprimé en 10^3 m^3 et en millimètres par kilomètre carré. Le débit maximal est observé, exprimé en m^3/s et en litre par seconde et par kilomètre carré.

Le volume ruisselé est exprimé V_r en 10^3 m^3 et P_r en millimètre par kilomètre carré (pluie excédentaire).

K_r K_{ru} K_{re} sont les coefficients de ruissellement rapportés à la pluie totale, à la pluie utile et à la pluie efficace.

I_r est l'intensité moyenne de la hauteur de pluie correspondant au ruissellement et au temps efficace.

Détermination des hydrogrammes unitaires :

Le temps unitaire a été facile à déterminer : en effet, pour les deux bassins, la comparaison des résultats de 1957 et de 1959 montre qu'une averse efficace de plus de 20 minutes donne un hydrogramme nettement déformé par rapport à ceux qui proviennent d'averses efficaces de moins de 20 minutes.

L'écoulement hypodermique semble faible et assez facile à séparer du ruissellement. Nous avons un certain nombre de petits écoulements qui donnent des lags prolongés, des débits faibles, et les écoulements forts présentent une cassure à la décrue. On peut constater qu'à partir de ce point, la décrue est pratiquement indépendante du débit maximal. Le temps d'écoulement total en est vraiment indépendant, par exemple :

O. MOKTAR	crue n° 12	: Q max	24	m^3/s ,	écoul. terminé	16 h	ap.av.		
-	-	n° 17	: -	0,25	-	-	-	15 h	- -
O. ALI	-	n° 16	: -	34	-	-	-	12 h	- -
-	-	n° 15	: -	0,35	-	-	-	10 h	- -

Nous avons pu sélectionner parmi les crues des deux hivernages 5 crues pour l'Oued MOKTAR et autant pour l'Oued ALI, semblant unitaires. Nous les avons décomposées en intervalles de 20 minutes, durée égale au temps unitaire, dont l'un se trouve centré sur le débit maximal. Ces diagrammes de distribution sont reproduits sur le tableau joint.

(Intervalles de 20 minutes)

en pourcentage du volume total ruisselé

N°	Date	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	Q _{max} m ³ /s
4	23-8-57	3,3	21,2	28,3	21,5	11,5	6,0	4,0	2,4	1,5	-	9,5
4	23-8-57	6,1	15,5	26,9	20,8	14,4	6,8	4,8	2,0	0,5	-	5,5
12	5-8-58	2,5	16,4	27,0	21,9	14,5	8,3	5,0	3,0	1,1	0,3	24,0
14	8-8-58		8,9	33,1	24,7	15,5	9,6	5,3	2,5	0,4	-	10,5
16	20-8-58	0	14,5	31,0	23,5	14,2	8,0	4,5	2,7	1,3	0,3	20,5
Moyenne		* 2,4	15,2	29,2	22,5	14,0	8,3	4,7	-,5	1,0	0,3	

* Intervalle de 10 minutes seulement.

Oued ALI

DIAGRAMMES de DISTRIBUTION

(Intervalles de 20 minutes)

en pourcentage du volume total ruisselé

N°	Date	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	Q _{max} m ³ /s
5	28-8-57	4,4	14,4	29,4	23,3	14,2	7,3	3,5	2,0	1,0	0,5	9,4
11	2-8-58	3,6	15,9	32,2	24,0	12,7	6,5	3,2	1,3	0,6	-	5,0
12	5-8-58	7,7	17,2	33,8	20,7	10,2	5,2	2,5	1,1	0,4	0,2	17,0
16	20-8-58	1,5	13,7	31,9	25,1	13,6	6,9	3,7	2,0	1,0	0,4	34,0
19	1-10-58	1,8	11,4	35,2	24,7	14,1	7,3	3,6	1,4	0,5	-	4,0
Moyenne		4,0	14,5	32,0	24,0	13,0	6,6	3,3	1,6	0,7	0,3	

Les hydrogrammes unitaires correspondants se trouvent sur le graphique 5-5 . Ils ont été construits pour une pluie excédentaire de 10 mm sur chaque bassin versant (MOKTAR ruissellement de 126.10^3 m^3 , ALI de 113.10^3 m^3).

Pour l'Oued MOKTAR, les valeurs caractéristiques sont les suivantes :

- temps de montée (rise) : 40'
- temps de réponse (lag) : 50'
- durée de ruissellement : 3 heures environ
- débit maximal (pour $V_R = 100\ 000 \text{ m}^3$) : $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Le temps de montée est nettement différent de celui qui avait été avancé pour la campagne 1957, ceci tient au fait que les averses de cette dernière campagne présentaient des hydrogrammes difficiles à interpréter : ruissellement partiel donnant des temps de montée trop courts ou crues complexes dont on avait dû rectifier les hydrogrammes bruts. Au contraire, la campagne 1958 a présenté des crues plus faciles à étudier, en particulier les crues n° 12 et 14. Le temps de réponse et le temps de ruissellement restent inchangés. Le débit maximal est un peu plus faible $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de 30 par suite de rectification à la courbe d'étalonnage.

Pour l'Oued ALI, on trouve :

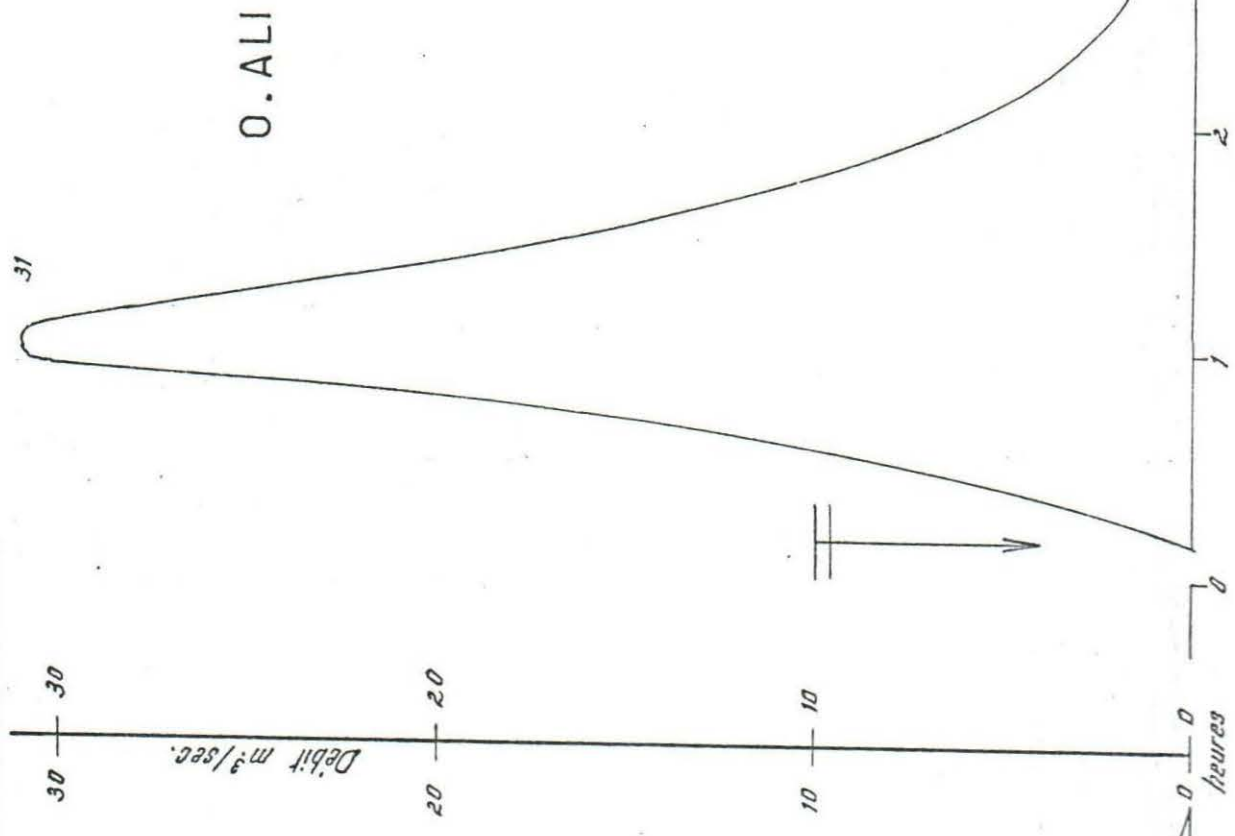
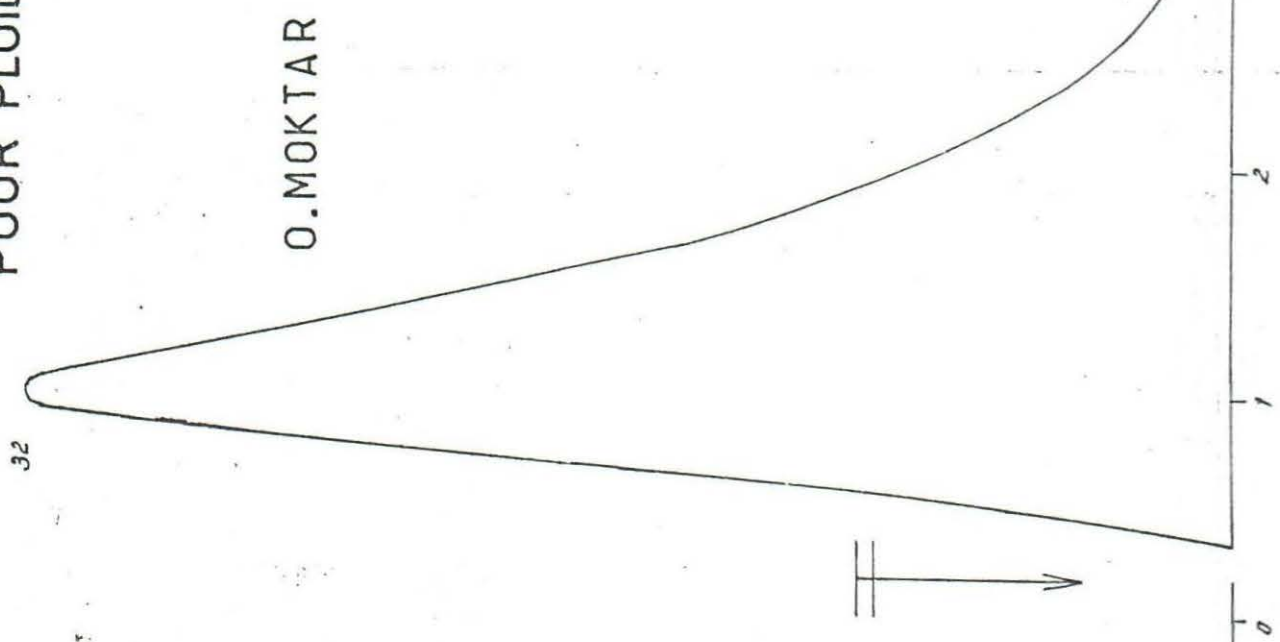
- temps de montée (rise) : 50'
- temps de réponse (lag) : (50')
- durée de ruissellement : 3 heures environ
- débit maximal (pour $V_R = 100\ 000 \text{ m}^3$) : $27,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Valeurs annuelles - Crues

La pluviométrie de probabilité 1/1 an est de 33 mm en valeur moyenne pour chaque bassin (maximum ponctuel 36 mm, abattement 10 %), dont 22 mm de pluie utile.

Cette hauteur de pluie utile a été pratiquement atteinte deux fois sur le bassin versant de l'OUED MOKTAR, 5 Août 21,0 mm, 20 Août 23,6 mm, mais les temps utiles ne sont guère comparables :

HYDROGRAMMES UNITAIRES POUR PLUIE EXEDENTAIRE DE 10 mm.



hyétogramme type	averse du 5 Août	Averse du 20 Août
T_u 38 mm	15 mm	20 mm
I_u 35 mm/h	84 mm/h	71 mm/h

Le hyétogramme type donne une pluie efficace de 10 mm avec une hauteur de 11,5 mm et une intensité efficace de 69 mm/h. Ces chiffres sont à rapprocher de ceux de l'averse n° 14 du 8 Août. Mais la pluie probable de la veille serait supérieure à celle de l'averse n° 13 du 7 Août. Nous serions conduit à adopter un Cam un peu inférieur à celui du 8 Août, soit 40 mm/h. Le débit maximal de la crue correspondante serait de $16 \text{ m}^3/\text{s}$ et le volume écoulé de 63.10^3 m^3 .

Nous ne trouvons ni en 1957, ni en 1958, d'averses utiles de 22 mm sur le bassin versant de l'Oued ALI, ou s'en rapprochant suffisamment. IL y a par contre une averse efficace $T_e = 10 \text{ mm}$ $I_e = 69 \text{ mm/h}$, mais séparée par un intervalle de 60 heures de la pluie précédente. Nous verrons plus loin que les Cam sont supérieurs sur le bassin versant de l'Oued ALI à ceux du bassin versant de l'Oued MOKTAR. En adoptant un Cam de 45 mm/h pour l'averse de probabilité 1/1 an, nous obtenons un volume écoulé de 45.10^3 m^3 et un débit maximal de $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Valeurs annuelles - Coefficient d'écoulement :

Les totaux annuels des écoulement et des pluviométries sont mal connus pour 1958 : il manque totalement la pluie du 17 Juin. En la supposant égale à celle de MOUDJERIA, et en supposant des crues de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ unitaires sur chaque bassin versant, nous obtenons les chiffres suivants :

Oued MOKTAR 1958 :

Pluviométrie : 255 mm Ecoulement : 32 mm Coefficient d'écoulement : 12,5 %

Oued ALI 1958 :

Pluviométrie : 265 mm Ecoulement : 30 mm Coefficient d'écoulement : 11 %

Pour l'année 1957, les totaux sont mieux connus, bien que la pluviométrie soit incomplète sur les bassins versants mais pour des pluies sans importance n'ayant pas donné d'écoulement.

Oued MOKTAR 1957 :

Pluviométrie : 210 mm	Écoulement 22 mm	Coefficient d'écoulement 10,5 %
-----------------------	------------------	---------------------------------

Oued ALI 1957 :

Pluviométrie : 190 mm	Écoulement 17 mm	Coefficient d'écoulement 9 %
-----------------------	------------------	------------------------------

L'année moyenne correspond à un total de 230 mm à mi-chemin entre les deux années d'observation. Les valeurs possibles des coefficients d'écoulement seraient :

Oued MOKTAR 11,5 %	soit	$340 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Oued ALI 10 %	soit	$260 \cdot 10^3 \text{ m}^3$

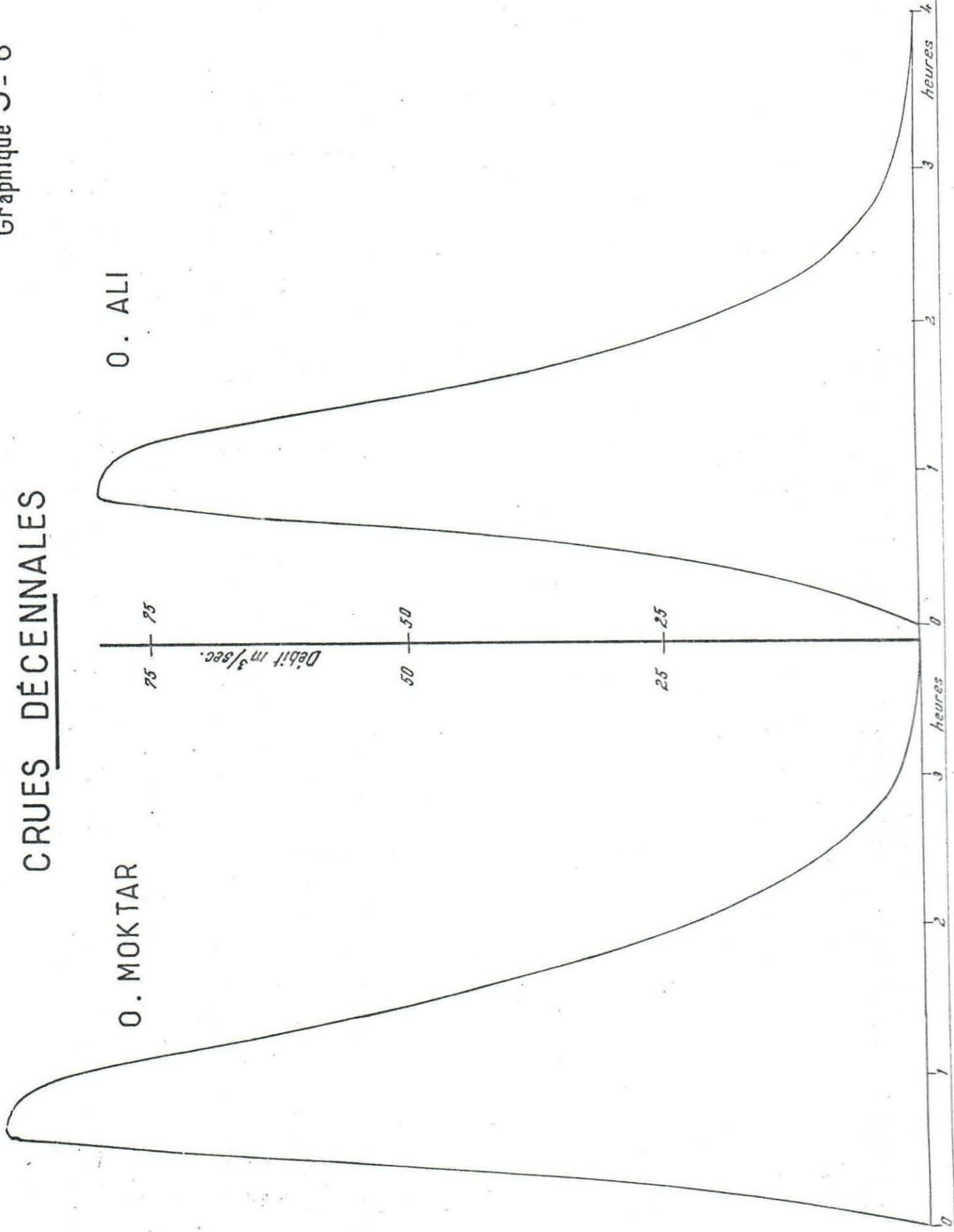
Crues décennales

Nous nous donnons le hyétogramme type de l'averse de probabilité 1/10 ans (précipitations ponctuelle : 82 mm précipitation moyenne : 75 mm) et les hydrogrammes unitaires des deux Oueds. Les valeurs qui nous manquent pour pouvoir tracer des hydrogrammes décennaux, sont celles du Cam. Il nous faudrait d'ailleurs, non seulement le Cam moyen correspondant à l'averse efficace, mais encore les valeurs instantanées du Cam, car la durée de l'averse efficace est supérieure à la durée unitaire.

Etant donné les probabilités de pluie de la veille et des jours précédents, nous pouvons adopter comme Cam initial des valeurs inférieures à celles choisies pour l'averse annuelle, et nous choisissons comme Cam moyen : 15 mm/h pour l'Oued MOKTAR, 17 mm/h pour l'Oued ALI, sans pouvoir justifier ces valeurs autrement qu'en faisant remarquer la durée de l'averse utile : 1 h 05 et en extrapolant pour la première période de 20 minutes, les valeurs du Cam trouvées directement (20 mm/h environ).

Nous avons tracé sur les hyétogrammes du graphique 5-2 les Cam choisis. Nous en déduisons le tableau suivant :

CRUES DÉCENNALES



Pluie excédentaire totale		1ère période de 20 mn	2ème période	3ème période
Oued MOKTAR	34 mm	23,5	8,5	2
Oued ALI	32 mm	22	8	2

d'après lequel nous avons tracé les hydrogrammes résultant du graphique

Oued MOKTAR : débit maximal $90 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $7,1 \cdot 10^3 \text{ l/s.km}^2$
 Oued ALI : - - $80 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $7,1 \cdot 10^3 \text{ l/s.km}^2$

(ces chiffres seraient plutôt approchés par excès)

Oued MOKTAR Volume ruisselé $430 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ Kr 45 % Kru 68 % Kre 71 %
 Oued ALI - - $360 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ Kr 43 % Kru 64 % Kre 67 %

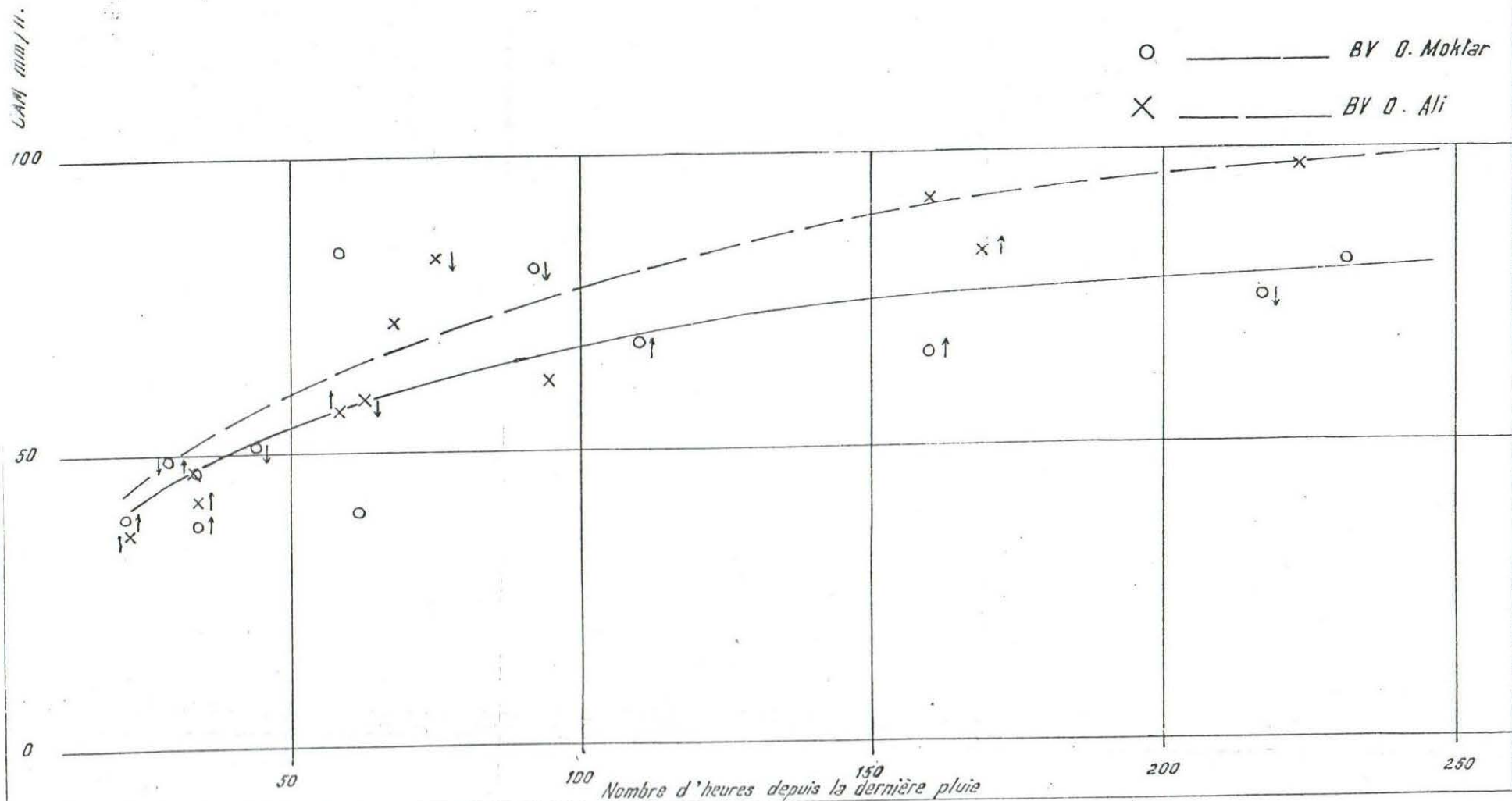
L'écoulement hypodermique serait pratiquement négligeable : débit maximal 2 heures après le maximum de la crue, de l'ordre de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'Oued MOKTAR et de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'Oued ALI.

Etude du Cam et du coefficient de ruissellement

Nous manquons de données pour préciser les variations de la capacité d'absorption au cours d'une averse. Nous avons pu étudier seulement les variations du Cam global (correspondant au ruissellement plus écoulement hypodermique) pour des pluies efficaces de 5 mm en utilisant les averses ayant donné écoulement et les averses n'ayant rien donné.

Le graphique 5-7 résume les observations des deux hivers, les points accompagnés d'une flèche ↑ signifiant "valeur trop faible", la pluie n'a pas donné d'écoulement, ou l'averse ayant donné écoulement a été précédée de quelques gouttes ; ou d'une flèche ↓ signifiant "valeur trop forte", la pluie précédente n'a pas donné écoulement, mais ne devait pas en être loin.

VARIATION DU CAM GLOBAL POUR UNE PLUIE EFFICACE DE 5mm.



En ce qui concerne le coefficient de ruissellement, l'examen des tableaux d'interprétation conduit pour l'Oued MOKTAR, à des valeurs comprises entre 22 et 40 % (K_{ru}), pour les fortes averses intenses correspondant à peu près au maximum annuel (p moyen de 30 à 35 mm). Nous avons vu que pour l'averse décennale (p moyen 75 mm) nous avons adopté une valeur de K_{ru} voisine de 75 %, chiffre que nous avons déjà rencontré dans les bassins de montagne peu perméables.

D'une façon générale, le Cam du bassin versant de l'Oued ALI semble supérieur à celui du bassin versant de l'Oued MOKTAR. Ce qui peut s'expliquer facilement car le premier est beaucoup plus encombré d'éboulis que le second.

Yves BRUNET
Ingénieur Hydrologue à l'ORSTOM

C H A P I T R E IX

OBSERVATIONS EFFECTUEES sur le BASSIN de TIN-ADJAR (Boucle du NIGER)

Situé à l'intérieur de la Boucle du NIGER, dans le désert du GOURMA, le bassin versant de TIN-ADJAR a une superficie de 29 km² et se trouve soumis à un climat tropical sahélien, presque subdésertique (précipitations annuelles de 300 mm environ).

On se reportera au Tome I du Rapport de 1956 pour une description détaillée du bassin aux points de vue géographique, géologique, pédologique, botanique et climatologique. Rappelons seulement que le sol présente une très grande hétérogénéité à l'intérieur du bassin : on rencontre des sols sableux très absorbants, des sols argileux peu perméables et une chaîne de quartzites imperméables en profondeur mais dont les parties superficielles altérées présentent une certaine capacité de rétention. Cette diversité rend impossible une analyse détaillée des phénomènes de ruissellement observés. Le bassin de TIN-ADJAR, par son hétérogénéité même, est cependant bien représentatif de la région du GOURMA.