

République Algérienne
Démocratique et Populaire

Mars 1969

Ministère des Travaux Publics
et de la Construction

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE
SEGTH

_ OUED MINA _

Étude hydrologique des apports

au site de **benne**

République Algérienne
Démocratique et Populaire

Mars 1969

Ministère des Travaux Publics
et de la Construction

DIRECTION de 1^{er} HYDRAULIQUE
SEGGTH

O U E D M I N A

Selon le souhait de la Direction de l'Hydraulique, la Caisse Centrale de Coopération Economique a demandé à l'IGECO, dans le cadre de la Convention qui les lie, d'apporter son concours au Service des Etudes Générales des Grands Travaux Hydrauliques pour l'étude hydrologique de l'avant-projet du barrage de SIDI MOHAMED BEN AOUA.

Il a été demandé essentiellement à l'IGECO de préciser au mieux les apports annuels de l'Oued MINA au droit du site de barrage, en tenant compte de l'ensemble des observations pluviométriques et des mesures hydrologiques effectuées dans le passé sur le bassin versant.

Cette étude a pu être menée à bien grâce à la participation du Service des Etudes Scientifiques qui détient la totalité de la documentation climatologique et hydrologique existante.

TABLE des MATIERES

	Page
1 - <u>Enquête préalable</u>	1
1.1. Missions d'ingénieur	1
1.2. Inventaire des données pluviométriques et hydro- métriques	1
1.3. Conclusions	5
2 - <u>Pluviométrie</u>	7
2.1. Données disponibles	7
2.2. Homogénéisation des données pluviométriques pour la période 1913-1961	8
2.3. Pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin versant	9
2.4. Etude statistique de la pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant	10
3 - <u>Débits</u>	14
3.1. Données disponibles	14
3.2. Etude statistique des modules d'OUED-EL-ABTAL	14
4 - <u>Extension des données hydrologiques de la station d'OUED-EL-ABTAL</u>	19
4.1. Modules	19
4.1.1. Corrélation hydropluviométrique	19
4.1.2. Tirage au hasard d'une série de 50 modules	20
4.2. Débits moyens d'Octobre à Mai et débits moyens de Juin à Septembre	21
4.2.1. Corrélation hydropluviométrique	21
4.2.2. Séries de 50 débits Q_8 et Q_4	21
5 - <u>Données hydrologiques à SIDI MOHAMED BEN AOUA</u>	28
6 - <u>Répartition mensuelle des débits en année très sèche à SIDI MOHAMED BEN AOUA</u>	30

b) Débit de la vanne de prise pour les irrigations, calculé par une formule théorique en fonction de la cote du plan d'eau et de l'ouverture de la vanne (débit maximal évalué à $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$).

c) Débit prélevé par la petite centrale hydro-électrique d'E.G.A., calculé en fonction du rendement supposé des turbines et de la cote du plan d'eau. Cette centrale mise en service en 1947 comporte deux groupes de 2 500 kVA. Elle ne fonctionne que de Mai à Août, avec une charge réduite. Elle prélève rarement des débits supérieurs à $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

d) Débit évacué occasionnellement par la vidange de fond, calculé encore par une formule théorique (débit maximal de $30 \text{ m}^3/\text{s}$).

e) Débit déversé par l'évacuateur de crue, évalué par étalonnage sur modèle réduit. Ce déversoir, qui fonctionne en moyenne quelques jours par an, a été, entre 1958 et 1962, surélevé de $3,75 \text{ m}$ et doté de "becs de canard" pour augmenter sa capacité.

f) Il faut mentionner enfin un débit de fuite qui se produit à la vanne de prise d'irrigation lorsque celle-ci est en principe complètement fermée. Ce débit de fuite est actuellement de l'ordre de 100 à 500 l/s suivant le remplissage du barrage.

Il existe un canal jaugeur prévu pour mesurer la totalité des lâchers du barrage, à l'exception des débits déversés par l'évacuateur de crue. Mais l'étalonnage de ce canal jaugeur s'est avéré peu sensible et très instable à cause de la végétation et surtout des dépôts de cailloux provoqués immédiatement à l'aval par l'évacuateur de crue (ces cailloux proviennent essentiellement de l'érosion du canal, taillé dans le roc, qui fait suite au déversoir).

II - Station de KEF-MABOULA sur l'Oued-el-THAT (Superficie B.V. : 680 km^2)

Elle est installée de façon particulièrement favorable dans un bief où le THAT, affluent de la MINA, coule sur des bancs de calcaires. On est donc assuré de la stabilité de l'étalonnage, qui devra être complété pour les hautes eaux malgré les difficultés d'accès à la station en période de crue.

Cette station ne présente pas un très grand intérêt pour le problème qui nous occupe, étant donné qu'elle ne contrôle qu'environ 10% du bassin versant de la MINA à SIDI MOHAMED BEN AOUDA et ne comporte encore que cinq années de relevés.

III - Station d'AIN-AMARA sur l'Oued-el-ABD (Superficie du B.V. : 2 600 km²)

Située un peu en amont du confluent de cet affluent important et de la MINA, la station d'AIN-AMARA a été mise en service en 1925. Elle est équipée d'un déversoir à crête épaisse qui servait de barrage de dérivation pour des irrigations. On possède des relevés sur une trentaine d'années, mais ces relevés sont de qualité très douteuse parce que les débits prélevés pour les irrigations n'ont pas été mesurés avec précision (on sait seulement qu'ils étaient fréquemment de l'ordre de 1 à 1,5 m³/s) et parce que le limnigraphe de la station a souvent mal fonctionné.

IV - Station d'OUED-EL-ABTAL sur l'Oued MINA, anciennement dite station d'UZES-le-DUC (Superficie de 5 400 km²)

Mise en service en Novembre 1953, elle a été équipée d'un jaugeur en "col de cygne", sorte de canal relativement étroit et long de quelques mètres qui permettait une mesure précise des débits de basses eaux et dont les parois latérales s'évasaient progressivement vers l'amont pour rejoindre perpendiculairement les berges. En hautes eaux, ce jaugeur, complètement noyé, présentait en principe l'avantage de stabiliser la section du lit, les berges constituées de marnes affouillables étant protégées par un perré maçonné. Un brise-charge aménagé à l'aval du jaugeur devait réduire les affouillements sur le fond du lit. Malgré ces précautions, le col de cygne a été détruit par une crue violente en Octobre 1966. Il a cependant fonctionné à peu près convenablement pendant treize ans, période assurément trop brève pour un régime méditerranéen mais fort précieuse tout de même, étant donné que cette station contrôle à peu près 90 % du bassin versant de SIDI MOHAMED BEN AOUDA.

Les hauteurs d'eau au droit du jaugeur ont été mesurées à l'aide d'un limnigraphe à bulles RICHARD et de plusieurs éléments d'échelles.

La prise de pression du limnigraphe était située dans la partie resserrée du col de cygne, de même que l'échelle n° 1 graduée de 0 à 1 mètre. Les cotes relevées quotidiennement à cette échelle sont généralement égales à 2 ou 3 cm près à celles données par l'enregistreur. Il semble cependant que le ressaut hydraulique, qui devait se former dans le col de cygne pour certaines valeurs du débit, était parfois instable. Il existait, en effet, une seconde échelle (appelée échelle n° 2) installée dans la partie évasée du col de cygne. Or la correspondance entre les cotes des échelles n° 1 et 2 n'est pas toujours univoque. Les cotes de l'échelle n° 2 sont généralement supérieures d'environ 22 cm à celles de l'échelle n° 1, mais la différence entre les cotes change parfois de signe et devient très variable. L'enregistrement du limnigraphe montre alors des discontinuités que nous avons attribuées à une instabilité passagère de l'écoulement dans le col de cygne. Les

- a) Evaluation du module de l'Oued MINA à SIDI MOHAMED BEN AOUDA en année moyenne (ou mieux en année médiane) en vue du calcul des apports.
- b) Détermination de la loi de distribution statistique des modules.
- c) Reconstitution par échantillonnage au hasard d'une série de 50 modules, en vue d'une simulation de l'exploitation du barrage.
- d) Pour les 50 modules reconstitués, répartition des débits entre la saison des pluies et la saison sèche.
- e) Pour le plus faible des 50 modules reconstitués, répartition approximative des débits mois par mois.

La distinction entre saison des pluies et saison sèche évoquée au point d) est un peu arbitraire. Nous avons admis que la saison des pluies s'étendait sur huit mois, du 1er Octobre au 31 Mai, et la saison sèche sur quatre mois, du 1er Juin au 30 Septembre. En fait, seuls Juillet et Août reçoivent des précipitations insignifiantes (inférieures à 6 mm en moyenne); Juin et Septembre sont des mois de transition (précipitations moyennes respectivement de 17 et 23 mm), tandis que d'Octobre à Mai les précipitations restent supérieures à 35 mm en moyenne et même supérieures à 50 mm entre Novembre et Janvier.

Dans les chapitres qui suivent nous nous sommes efforcés de réaliser au mieux ce programme que l'on peut qualifier d'assez ambitieux, eu égard au volume et à la qualité des données d'observations utilisables.

2 - PLUVIOMETRIE

2.1. Données disponibles

Le tableau n° 1 ci-dessous indique les stations pluviométriques situées sur le bassin ou dans son proche voisinage, ainsi que la période d'observation correspondante.

TABLEAU n° 1

Stations	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation
OUED-EL-ABTAL (UZES-le-DUC)	1g 83' 12" W	39g 39' 50" N	350	1913 - 1961
PALIKAO	2g 23' W	39g 35' N	530	1920-1956, 1958-1962
FRENDIA	1g 44' W	38g 96' N	1100	1931 - 1961
PALAT	1g 23' W	39g 17' N	950	1913 - 1961
SOUGHEUR (TREZEL)	0g 93' W	39g 10' N	1026	1913 - 1961
TIARET	1g 13' 12" W	39g 29' 95" N	1023	1918 - 1952
MARTINPREY	1g 62' W	38g 95' N	840	1913 - 1956
BAKHADDA	1g 44' 15" W	39g 27' 50" N	607	1939 - 1961
PREVOST-PARADOL	1g 42' 50" W	39g 32' N	650	1914 - 1952
DOMBASLE	2g 5' W	39g 31' N	471	1942 - 1958
TIRCINE	1g 93' 25" W	38g 77' 50" N	1075	(1924-1927)(1937-1943)
DOMINIQUE-LUCIANI	1g 82' W	39g 1' N	550	(1952 - 1961)
ROSFA	0g 72' E	34g 43' E	960	

Une corrélation entre PALAT et BAKHADDA a été nécessaire pour compléter l'année 1913-1914 qui n'avait pas été observée aux stations de PREVOST-PARADOL et de BAKHADDA.

Grâce aux corrélations ci-dessus, les neuf stations choisies couvrent la période de 48 années 1913-1961.

Ces corrélations avaient pour but de calculer les pluviométries moyennes annuelles sur le bassin afin de réaliser dans la mesure du possible une extension hydropluviométrique de la période des débits annuels observés (1953-1966) sur la MINA à OUED-EL-ABTAL. Nous avons utilisé la méthode de THIESSEN pour déterminer la moyenne pondérée des pluies sur la surface du bassin versant.

2.3. Pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin versant

Le tableau n° 3 ci-dessous donne l'aire de la zone d'influence de chaque station et le coefficient de pondération correspondant en millièmes de la surface totale du bassin versant de la MINA à la station de l'OUED-EL-ABTAL d'une part et au site de barrage de SIDI MOHAMED BEN AOUA d'autre part.

TABLEAU n° 3

Stations	B.V. à OUED-EL-ABTAL		B.V. à S.M.B.A.	
	Zone d'influence (km ²)	Coefficient de pondération	Zone d'influence (km ²)	Coefficient de pondération
PALIKAO	91,8	17	396	65
OUED-EL-ABTAL	766,8	142	1120	184
PREVOST-PARADOL	280,8	52	280	46
BAKHADDA	486,0	90	493	81
TIARET	91,8	17	97	16
PALAT	523,8	97	530	87
TREZEL	156,6	29	157	26
FRENDA	799,2	148	803	132
MARTINPREY	2203,2	408	2216	363
Totaux	5400	1000	6090	1000

Le tableau n° 4 récapitule les pluies annuelles observées ou reconstituées (entre parenthèses), aux différentes stations ainsi que les pluies moyennes sur le bassin versant à OUED-EL-ABTAL et à SIDI MOHAMED BEN AOUDA et enfin le rapport de ces deux pluies moyennes :

$$a = \frac{\text{pluie moyenne à OUED-EL-ABTAL}}{\text{pluie moyenne à SIDI MOHAMED BEN AOUDA}}$$

2.4. Etude statistique de la pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant

La pluviométrie moyenne considérée est celle qui se rapporte au bassin versant de l'OUED MINA limité à OUED-el-ABTAL (ex-UZES-le-DUC) : ont été observés les débits. Le tableau n° 5 donne les pluies annuelles, leurs rangs de classement et leurs fréquences de dépassement.

Le calcul de la moyenne interannuelle et de l'écart-type donne les résultats suivants :

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{N} = \underline{435 \text{ mm}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \sum P^2 - (\sum P)^2}{N(N-1)}} = \underline{93,8 \text{ mm}}$$

La répartition des pluies est gaussique comme le montre le graphique n° 1. La valeur médiane correspondant à la fréquence 0,50 est :

$$P_{\text{med}} = 435,0 \text{ mm}$$

TABLÉAU n° 5

Etude statistique de la pluviométrie
moyenne du bassin versant à OUED-EL-ABTAL

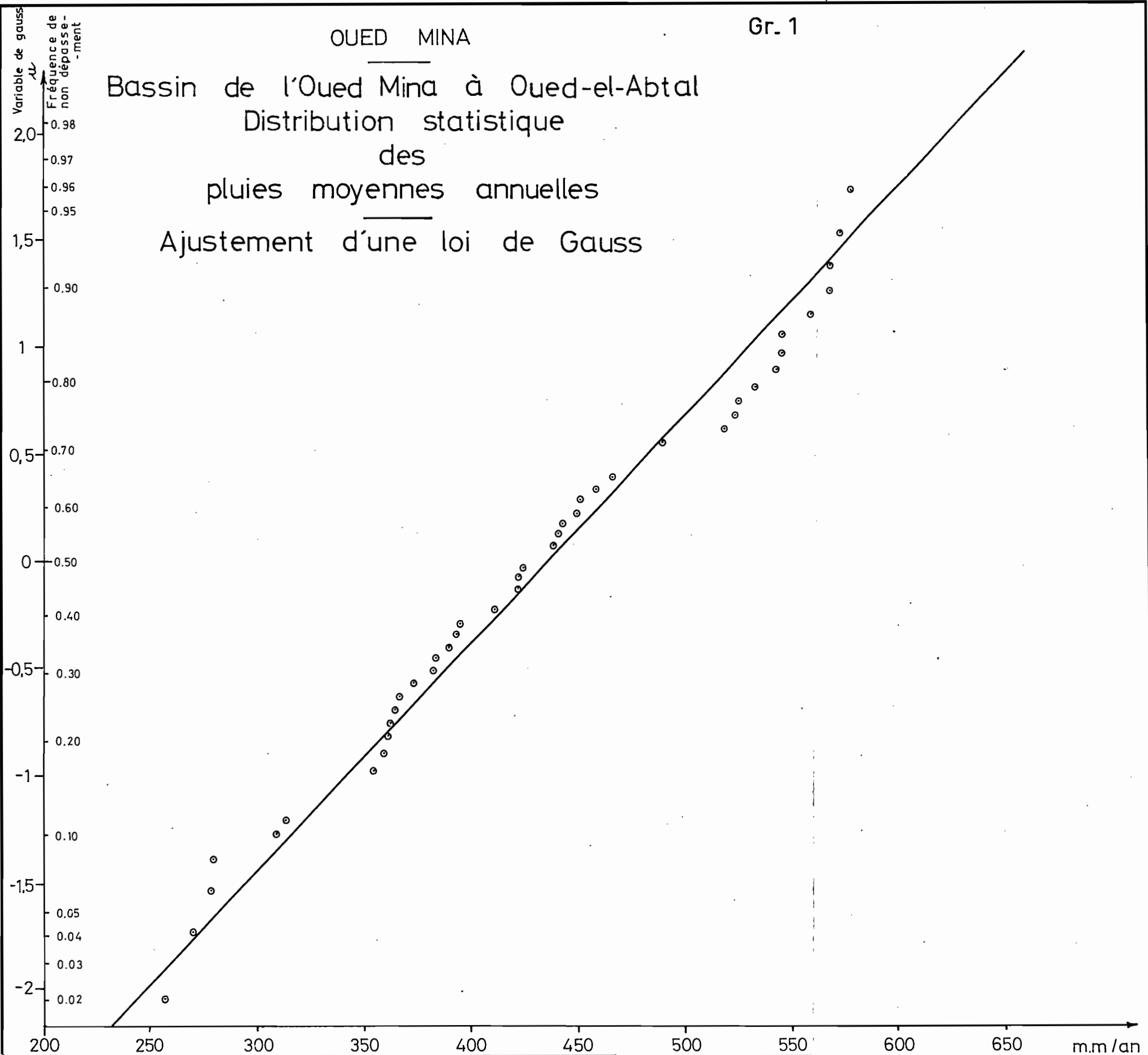
Rang	Pluies	Fréquence	Rang	Pluies	Fréquence
n	annuelles	n/N + 1	n	annuelles	n/N + 1
	P (mm)			P (mm)	
1	654,8	0,0204	25	423,5	0,5102
2	577,5	0,0408	26	422,0	0,5306
3	572,6	0,0612	27	421,4	0,5510
4	567,5	0,0816	28	420,7	0,5714
5	567,3	0,1020	29	410,3	0,5918
6	559,2	0,1224	30	394,3	0,6122
7	545,3	0,1429	31	393,5	0,6326
8	544,9	0,1633	32	389,8	0,6531
9	542,5	0,1837	33	383,5	0,6735
10	532,3	0,2041	34	382,4	0,6939
11	524,7	0,2245	35	372,3	0,7143
12	523,0	0,2449	36	366,0	0,7347
13	517,8	0,2653	37	363,9	0,7551
14	489,7	0,2857	38	362,1	0,7755
15	482,5	0,3061	39	361,1	0,7959
16	478,0	0,3265	40	359,3	0,8163
17	464,6	0,3469	41	354,4	0,8367
18	458,0	0,3673	42	336,0	0,8571
19	451,1	0,3878	43	312,4	0,8775
20	448,8	0,4082	44	308,5	0,8980
21	442,2	0,4286	45	279,0	0,9184
22	440,2	0,4490	46	278,4	0,9388
23	438,4	0,4694	47	269,6	0,9592
24	438,0	0,4898	48	256,1	0,9796

N = 48

Gr. 1

OUED MINA

Bassin de l'Oued Mina à Oued-el-Abtal
 Distribution statistique
 des
 pluies moyennes annuelles
 Ajustement d'une loi de Gauss



ÉLECTRICITÉ DE FRANCE. INSPECTION GÉNÉRALE POUR LA COOPÉRATION HORS MÉTROPOLE

C? TUBE

AO

DATE :

DESSINÉ : E. x. x.

EON

DIV 261 323

3 - DEBITS

3.1. Données disponibles

Nous possédons treize années pratiquement complètes d'observations des débits à OUED-EL-ABTAL. Rappelons que la valeur de ces débits n'est pas excellente. Ils sont notamment influencés, surtout les faibles débits, par l'exploitation du barrage de BAKHADDA. De ce fait, il est impossible d'établir une corrélation hydropluviométrique au niveau mensuel et même au niveau des quatre mois secs (Juin, Juillet, Août, Septembre).

Le tableau n° 6 donne les débits moyens mensuels observés à OUED-EL-ABTAL pour la période 1953-1966.

Sur ce même tableau nous avons porté les modules ou débits moyens de l'année hydrologique Septembre-Août et les débits moyens des huit mois de la saison pluvieuse qui s'étend approximativement d'Octobre à Mai.

3.2. Etude statistique des modules d'OUED-EL-ABTAL

Nous ne possédons que treize modules ; il est donc possible que l'échantillon ne soit pas très représentatif, ce qui nous obligera à effectuer une correction en fonction de la pluie moyenne sur le bassin calculée sur 48 ans. En particulier, nous effectuerons un ajustement des valeurs médianes grâce à la corrélation hydropluviométrique.

Le tableau n° 7 donne les modules annuels, leur rang de classement et leur fréquence de non-dépassement.

TABLEAU n° 6
Débits moyens mensuels
1953 - 1966

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne annuelle	Moyenne (Oct-Mai)
1953-54			2,70	1,98	2,63	6,03	12,11	20,13	4,70	2,49	2,60	3,25	5,86	7,18
1954-55	1,23	3,46	3,11	3,63	33,90	24,60	16,00	22,00	9,40	4,90	2,57	2,20	10,58	14,51
1955-56	3,10	3,99	5,54	3,72	5,07	31,60	17,90	13,90	11,10	4,60	3,10	22,00	8,80	11,60
1956-57	2,40	3,20	3,30	3,80	5,10	3,10	3,60	4,70	3,30	1,60	0,80	0,80	2,98	3,76
1957-58	3,30	8,10	4,50	6,80	9,30	7,20	4,70	3,30	1,80	1,70	1,30	1,10	4,42	5,71
1958-59	3,80	2,50	5,40	1,70	2,50	1,90	1,90	2,70	2,70	2,40	2,40	2,60	2,71	2,66
1959-60	4,20	4,60	7,50	16,00	9,60	6,10	9,60	4,60	3,50	2,30	2,90	3,50	6,20	7,69
1960-61	3,70	2,60	2,00	2,50	24,00	7,20	3,10	4,10	2,50	2,80	3,40	3,60	5,13	6,00
1961-62	3,90	2,90	2,60	1,50	1,00	4,40	2,40	1,80	3,00	2,90	2,50	2,90	2,65	2,45
1962-63	2,90	5,70	6,50	4,60	2,70		3,20	2,80	6,70	3,00	4,60	3,50	4,20	4,60
1963-64	3,00	2,90	2,50	3,40	3,20	3,40	6,50	9,80	4,70	5,00	5,40	5,10	4,58	4,55
1964-65	4,00	2,80	1,60	3,40	10,10	6,70	10,00			2,80	4,00	4,50	4,99	5,77
1965-66	4,50	3,10	3,30	2,20	1,80	2,70	2,90	2,50	4,40	2,40	3,10	3,30	3,02	2,86

TABLEAU n° 7

Année	Module (m ³ /s)	Rang par ordre croissant	Fréquence de non-dépassement
1953-54	5,86	10	0,7143
1954-55	10,58	13	0,9286
1955-56	8,80	12	0,8571
1956-57	2,98	3	0,2143
1957-58	4,42	6	0,4286
1958-59	2,71	2	0,1429
1959-60	6,20	11	0,7857
1960-61	5,13	9	0,6429
1961-62	2,65	1	0,0714
1962-63	4,20	5	0,3571
1963-64	4,58	7	0,5000
1964-65	4,99	8	0,5714
1965-66	3,02	4	0,2857

Le calcul de la moyenne et de l'écart-type donne les résultats suivants :

$$\bar{Q} = 5,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\sigma = 2,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le graphique n° 2, établi en coordonnées gauusso-linéaires, donne l'allure de la distribution statistique des modules. On voit immédiatement qu'il n'est pas possible d'ajuster une droite aux modules observés, qui n'obéissent donc pas à une loi de GAUSS, ce qui n'a rien d'étonnant pour un cours d'eau d'Afrique du Nord. Nous avons alors essayé de leur ajuster une loi de GALTON, définie par la fonction de répartition :

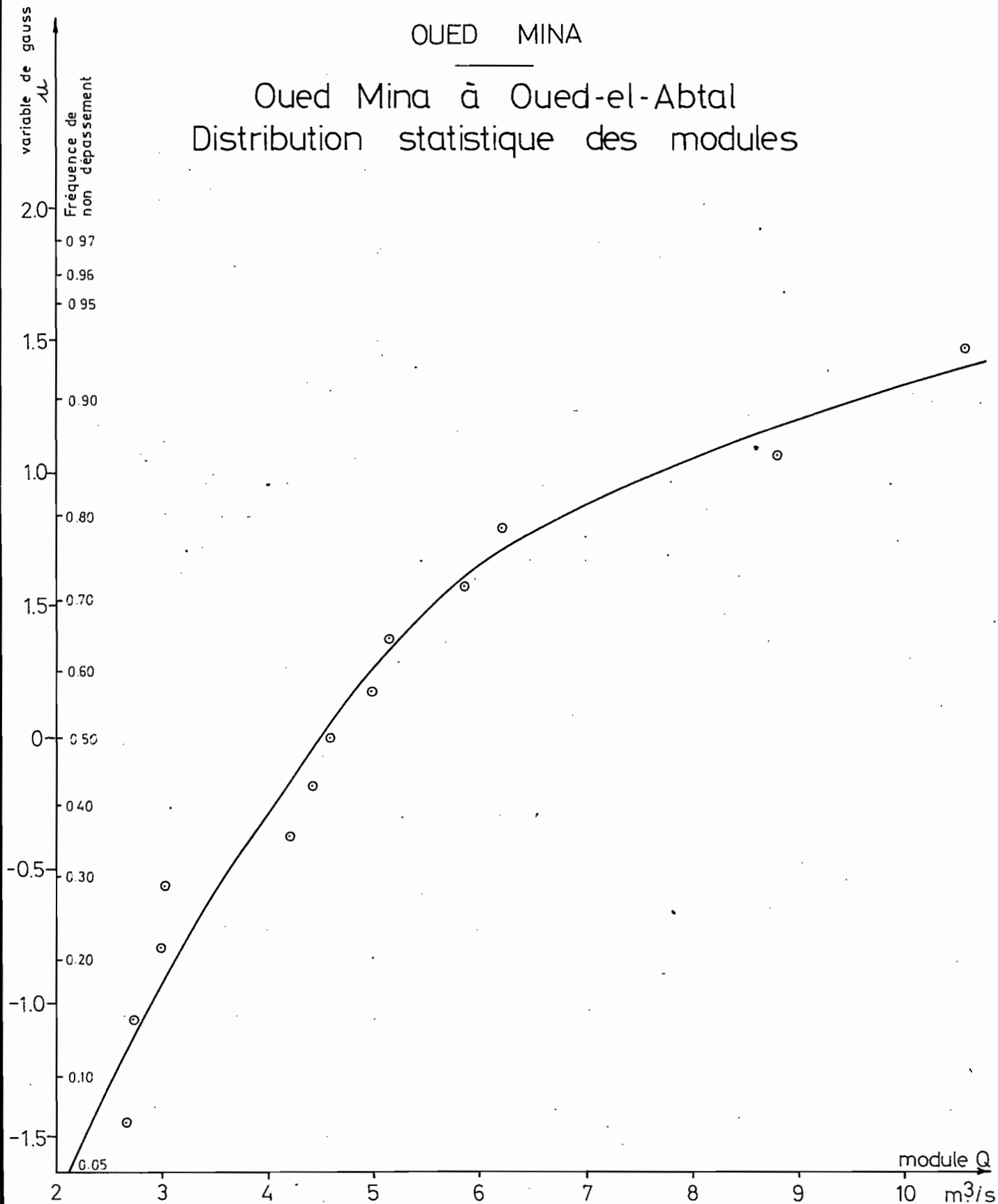
$$F(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

avec

$$u = a \log(Q - Q_0) + b$$

OUED MINA

Oued Mina à Oued-el-Abtal
Distribution statistique des modules



La détermination des paramètres d'ajustement peut se faire par le calcul des moments (voir "Hydrologie de Surface" de M. ROCHE, pages 35 et 36).

Q_0 est donné par l'équation suivante :

$$\frac{\sigma^4}{\mu_3} = \frac{(\bar{Q} - Q_0)^3}{\sigma^2 + 3(\bar{Q} - Q_0)^2}$$

dont la résolution graphique aboutit à :

$$Q_0 = -0,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le calcul des deux autres paramètres donne :

$$a = \frac{1,517}{\sqrt{\log \left[1 + \frac{\sigma^2}{(\bar{Q} - Q_0)^2} \right]}} = 5,934$$

$$b = \frac{1,1513}{a} - a \log (Q - Q_0) = - 4,376$$

D'où la droite d'ajustement :

$$u = 5,934 \log (Q + 0,8) - 4,376$$

Cette droite a été tracée sur le graphique n° 3 établi en portant en abscisses $\log (Q + 0,8)$ et en ordonnées la variable u , à laquelle correspond la fréquence gaussique F . Sur ce même graphique on a porté les modules observés avec leurs fréquences, en utilisant les résultats des calculs condensés dans le tableau n° 8. L'ajustement de GALTON paraît satisfaisant, compte tenu de la petite taille de l'échantillon des modules.

TABLEAU n° 8

$$Q_0 = - 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Modules observés Q	Q - Q ₀	log (Q - Q ₀)	Fréquences observées
10,58	11,38	1,05614	0,9286
8,80	9,60	0,98227	0,8571
6,20	7,00	0,84510	0,7857
5,86	6,66	0,82347	0,7143
5,13	5,93	0,77305	0,6429
4,99	5,79	0,76268	0,5714
4,58	5,38	0,73078	0,5000
4,42	5,22	0,71767	0,4286
4,20	5,00	0,69897	0,3571
3,02	3,82	0,58206	0,2857
2,98	3,78	0,57749	0,2143
2,71	3,51	0,54531	0,1429
2,65	3,45	0,53782	0,0714

L'ajustement de GALTON permet d'attribuer aux modules de diverses fréquences les valeurs suivantes :

	Fréquence de non-dépassement:	Variable de GAUSS u	Module (m ³ /s)
Année décennale sèche	0,1	- 1,28	2,52
Année médiane	0,5	0	4,66
Année décennale humide	0,9	+ 1,28	8,18

4 - EXTENSION des DONNEES HYDROLOGIQUES de la STATION d'OUED-EL-ABTAL

4.1. Modules

4.1.1. Corrélation hydropluviométrique

Les observations pluviométriques et hydrologiques ne se recourent que pendant la période 1953-1961, soit pendant 8 années hydrologiques. Le tableau n° 9 donne la pluviométrie et les débits correspondants.

TABLEAU n° 9

Années	Débits m ³ /s	Pluviométrie Septembre-Août mm
1953-1954	5,86	489,7
1954-1955	10,58	545,3
1955-1956	8,80	567,5
1956-1957	2,98	359,3
1957-1958	4,42	438,4
1958-1959	2,71	421,4
1959-1960	6,20	577,5
1960-1961	5,13	336,0

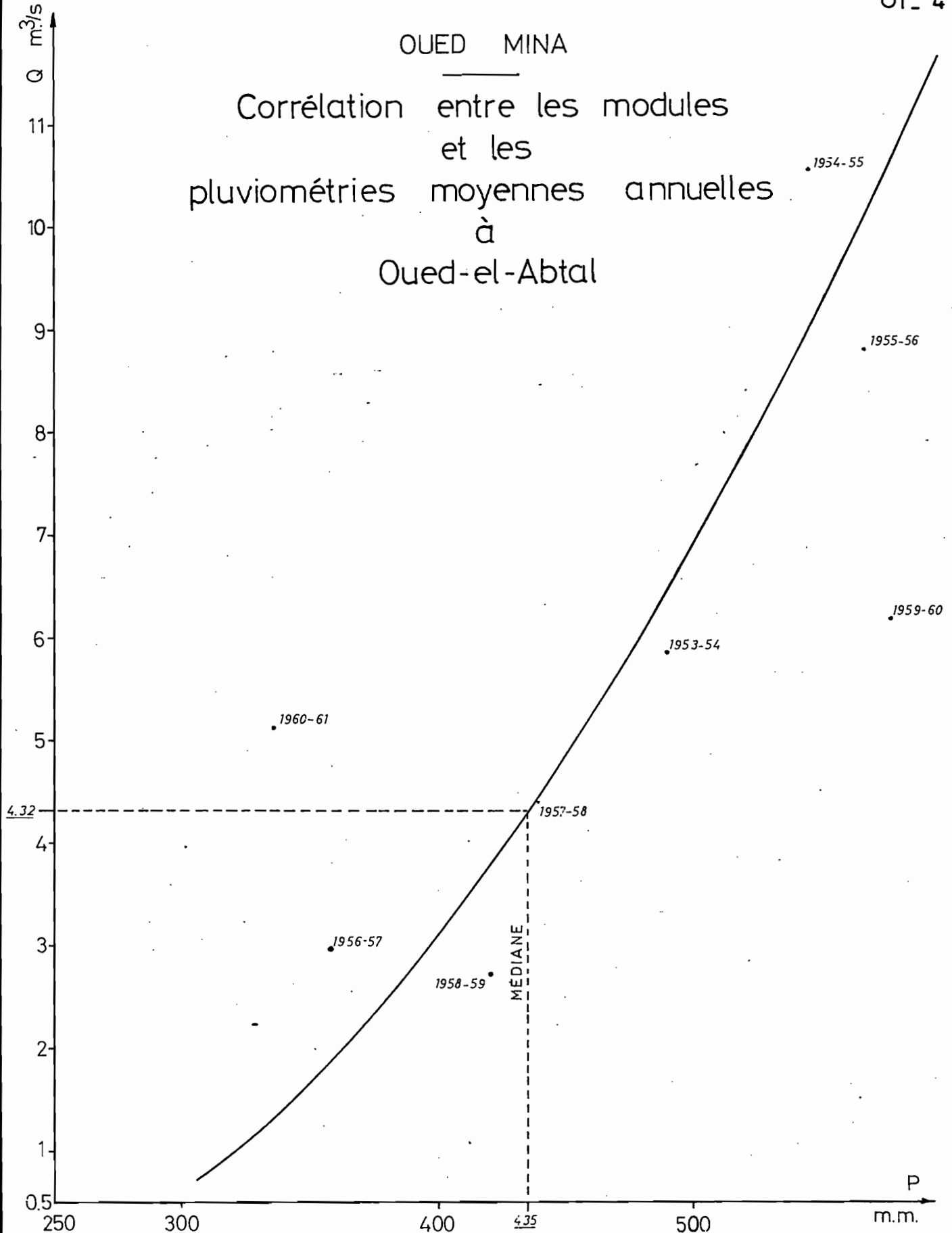
Sur le graphique n° 4 une courbe de corrélation entre ces deux séries de valeurs a été tracée au jugé.

Le point correspondant à l'année 1960-1961 est nettement écarté de la courbe de corrélation ; ceci provient probablement du fait que les débits relativement faibles pendant cette année ont été surestimés et nous pensons qu'il ne faut pas attacher une trop grande importance à ce point pour le tracé de la corrélation.

De même, le module correspondant à l'année 1959-1960 a été certainement sous-estimé en raison de la disparition des lectures de l'échelle 1 à 4 mètres. Pour tracer la courbe de corrélation, nous n'en avons pratiquement pas tenu compte et nous nous sommes appuyés sur les six autres points.

OUED MINA

Corrélation entre les modules
et les
pluviométries moyennes annuelles
à
Oued-el-Abtal



Sur ce graphique, nous constatons qu'à la pluviométrie médiane $P = 435,0$ mm correspond un débit :

$$Q_{\text{med}} = 4,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

que l'on considérera comme module médian sur une période de 50 ans.

On serait tenté d'utiliser la courbe de corrélation du graphique 4 pour reconstituer, à partir des pluviométries moyennes annuelles P calculées dans le tableau 4, les modules Q non observés des années 1913-1914 à 1952-1953. Nous ne le ferons pas, car cela reviendrait à remplacer par une relation fonctionnelle rigoureuse une liaison entre Q et P qui est en fait assez lâche, de sorte que la dispersion des modules ainsi reconstitués serait grandement minimisée d'une façon artificielle.

Nous préférons donc constituer une série fictive de cinquante modules en utilisant l'ajustement de GALTON établi au paragraphe précédent et en effectuant un tirage au sort à l'aide d'une table de nombres au hasard.

4.1.2. Tirage au hasard d'une série de 50 modules

De la table de nombres au hasard, nous avons extrait, suivant un procédé arbitraire, cinquante nombres de trois chiffres que nous avons considérés chacun comme les trois décimales d'une fréquence de non-dépassement F comprise entre 0 et 1. La constitution même de la table nous garantit que la fréquence F ainsi déterminée et considérée ici comme une variable aléatoire a une densité de probabilité constante. A chacune des 50 valeurs de F nous pouvons faire correspondre une valeur de u en utilisant une table de GAUSS et à chaque valeur de u nous pouvons faire correspondre une valeur de module grâce à l'ajustement de GALTON établi précédemment. Nous constituons ainsi une série fictive de 50 modules qui obéissent bien à la même loi de répartition statistique que les treize modules observés de 1953 à 1966 et ont en particulier la même dispersion.

Cependant, la corrélation hydropluviométrique conduit à un module médian de $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$, alors que l'ajustement de GALTON donne une valeur de $4,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pour cet ajustement, nous ne disposons que de treize modules, d'où une représentativité assez relative de l'échantillon des débits.

Nous avons donc jugé bon de corriger les modules obtenus par tirage au hasard en les multipliant par un coefficient b égal au rapport des valeurs médianes :

$$b = \frac{4,32}{4,66} = 0,927$$

Le tableau n° 10 donne les fréquences de non-dépassement F tirées au hasard, ainsi que le détail des calculs des modules bruts (Q') et des modules corrigés ($Q = b Q'$). On remarque que le hasard a davantage favorisé les modules excédentaires, que les modules déficitaires. (Il y a cinq valeurs de F supérieures à 0,9 et une seule inférieure à 0,1).

4.2. Débits moyens d'Octobre à Mai et débits moyens de Juin à Septembre

4.2.1. Corrélations hydropluviométriques

Le tableau n° 11 donne les pluviométries observées d'Octobre à Mai pendant la période 1953-1961, les moyennes pondérées de ces pluviométries sur le bassin de la station d'OUED-EL-ABTAL et les débits moyens à cette station pendant les mêmes huit mois des années considérées.

Sur le graphique n° 5 nous avons porté en abscisses les pluviométries de huit mois P_8 et en ordonnées les débits Q_8 correspondants ; nous avons tracé une courbe de corrélation hydropluviométrique approximative, basée seulement sur huit couples de valeurs.

Pour les quatre mois de saison sèche (Juin - Septembre), nous avons recherché une corrélation hydropluviométrique analogue, mais la dispersion des points représentatifs des couples (P_4 , Q_4) est telle qu'il n'est pas possible de tracer une courbe acceptable.

4.2.2. Séries de 50 débits Q_8 et Q_4

La corrélation du graphique 5 est trop lâche pour que nous l'appliquions aux pluies P_8 calculées à partir de 1913. La série des débits Q_8 ainsi obtenue aurait une dispersion artificiellement réduite, comme déjà expliqué à propos des modules au paragraphe 4.1.1.

Nous préférons utiliser une corrélation beaucoup plus serrée qui existe entre les débits de huit mois et les modules des mêmes années. Le graphique 6, établi à partir des données qui sont récapitulées dans le tableau n° 12, montre que cette corrélation offre une très faible dispersion. Elle est linéaire et peut s'exprimer par la relation simple :

$$Q_8 = 1,5 (Q - 1)$$

qui permet immédiatement de calculer la série des 50 débits de huit mois à partir de la série déjà établie des 50 modules.

Echantillonnage au hasard d'une série de 50 modules

F	Log (Q'+0,8)	Q' + 0,8	Q'	Q = b Q'
			: Modules bruts	: Modules corrigés:
0,535	0,7520	5,65	4,85	4,50
0,973	1,0650	11,61	10,81	10,02
0,660	0,8070	6,41	5,61	5,20
0,997	1,2020	15,92	15,12	14,02
0,302	0,651	4,48	3,68	3,41
0,297	0,649	4,46	3,66	3,39
0,823	0,887	7,71	6,91	6,41
0,739	0,843	6,97	6,17	5,72
0,797	0,876	7,52	6,72	6,23
0,450	0,716	5,20	4,40	4,08
0,874	0,930	8,51	7,71	7,15
0,693	0,822	6,64	5,84	5,41
0,432	0,708	5,11	4,31	4,00
0,394	0,735	5,43	4,63	4,29
0,406	0,697	4,98	4,18	3,87
0,403	0,696	4,98	4,18	3,87
0,595	0,778	6,00	5,20	4,82
0,262	0,631	4,28	3,48	3,23
0,849	0,911	8,15	7,35	6,81
0,831	0,898	7,91	7,11	6,59
0,424	0,705	5,07	4,27	3,96
0,132	0,551	3,56	2,76	2,56
0,555	0,761	5,77	4,97	4,61
0,188	0,589	3,88	3,08	2,86
0,211	0,604	4,02	3,22	2,98
0,171	0,579	3,79	2,99	2,77
0,222	0,609	4,07	3,27	3,03
0,270	0,635	4,32	3,52	3,26
0,862	0,940	8,71	7,91	7,33
0,446	0,714	5,18	4,38	4,06
0,140	0,557	3,61	2,81	2,60
0,820	0,891	7,78	6,98	6,47
0,266	0,633	4,30	3,50	3,24
0,302	0,652	4,49	3,69	3,42
0,609	0,784	6,08	5,28	4,89
0,258	0,628	4,25	3,45	3,20
0,939	1,000	10,00	9,20	8,53
0,649	0,802	6,34	5,54	5,14
0,118	0,540	3,47	2,67	2,48
0,440	0,712	5,15	4,35	4,03
0,787	0,870	7,41	6,61	6,13
0,902	0,955	9,02	8,22	7,62
0,495	0,714	5,18	4,38	4,06
0,163	0,574	3,75	2,95	2,73
0,337	0,666	4,63	3,83	3,55
0,786	0,869	7,40	6,60	6,12
0,585	0,774	5,94	5,14	4,76
0,058	0,475	2,99	2,19	2,03
0,625	0,791	6,18	5,38	4,99
0,931	0,987	9,71	8,91	8,26

TABLEAU n° 11

Pluviométrie et débits moyens des huit mois de saison pluvieuse
(Octobre - Mai)

Années	PALIKAO	PREVOST- PARADOL	BAKHADDA	TIARET	PALAT	TREZEL	FRENDIA	MARTIN- PREY	OUED-EL- ABTAL	B.V. OUED-EL-ABTAL	
										Pluviométrie : moyenne P8	Débit moyen Q8
1953-54	500,5	472,6	328,8	739,8	660,6	280,9	472,9	426,1	366,3	443,3	7,18
1954-55	490,3	558,7	405,9	791,6	709,7	335,4	501,2	484,9	377,7	491,6	14,51
1955-56	442,0	582,7	434,6	752,7	676,0	376,7	527,7	566,3	393,2	531,2	11,60
1956-57	311,8	430,6	315,9	566,9	473,0	213,9	346,9	366,0	313,6	363,0	3,76
1957-58	425,9	479,2	310,5	633,9	535,0	268,3	406,0	352,8	325,6	380,8	5,71
1958-59	323,5	452,7	303,4	664,6	573,5	331,8	379,8	343,0	251,8	364,8	2,66
1959-60	424,4	561,3	395,3	792,8	710,0	400,7	561,4	430,6	392,6	480,5	7,69
1960-61	323,6	446,4	284,0	672,4	576,0	171,9	304,5	266,7	208,9	285,6	6,0

OUED MINA

Corrélation entre les débits moyens
et les
pluviométries moyennes à Oued-el-Abtal
pendant les huit mois de saison pluvieuse
(Octobre à Mai)

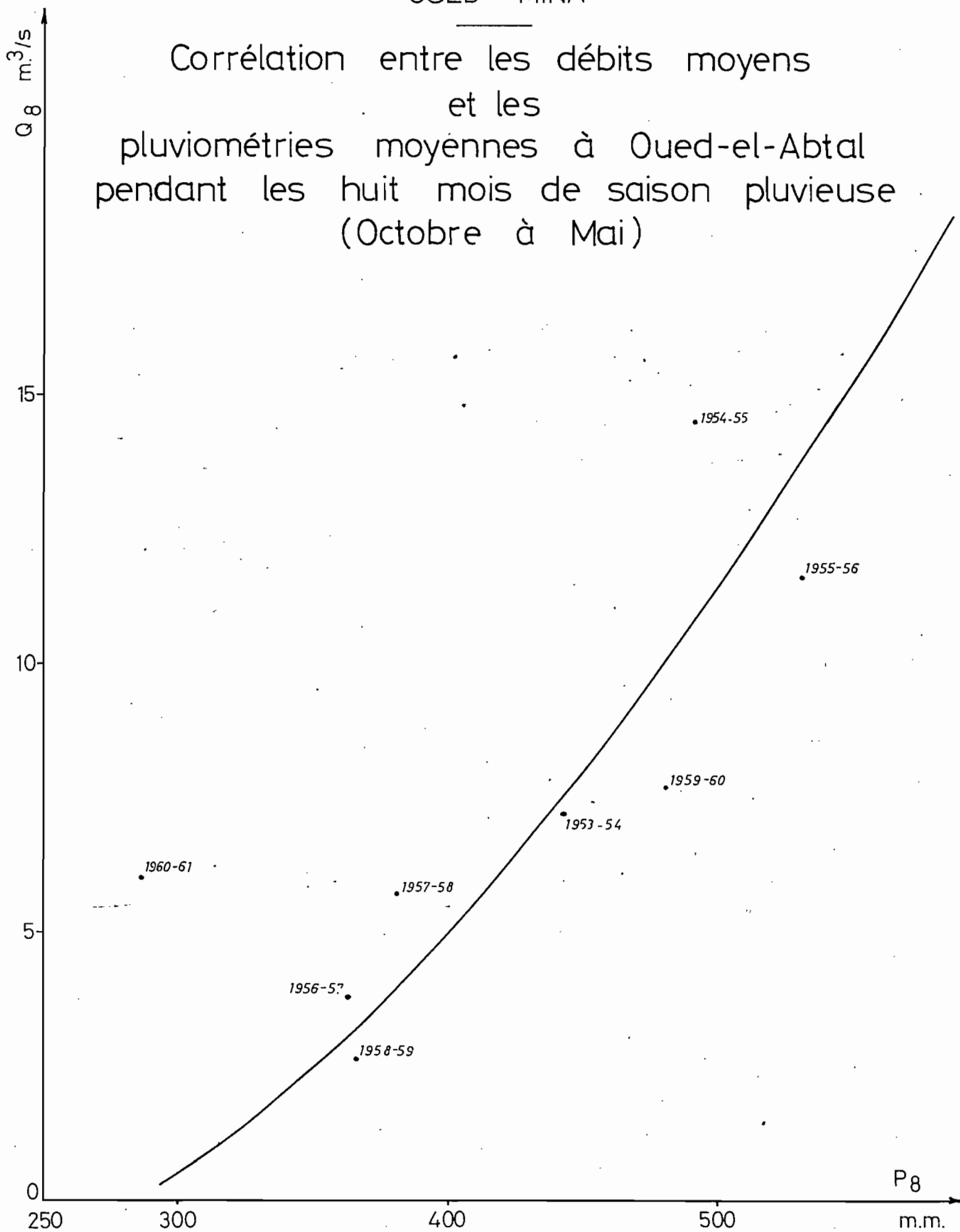


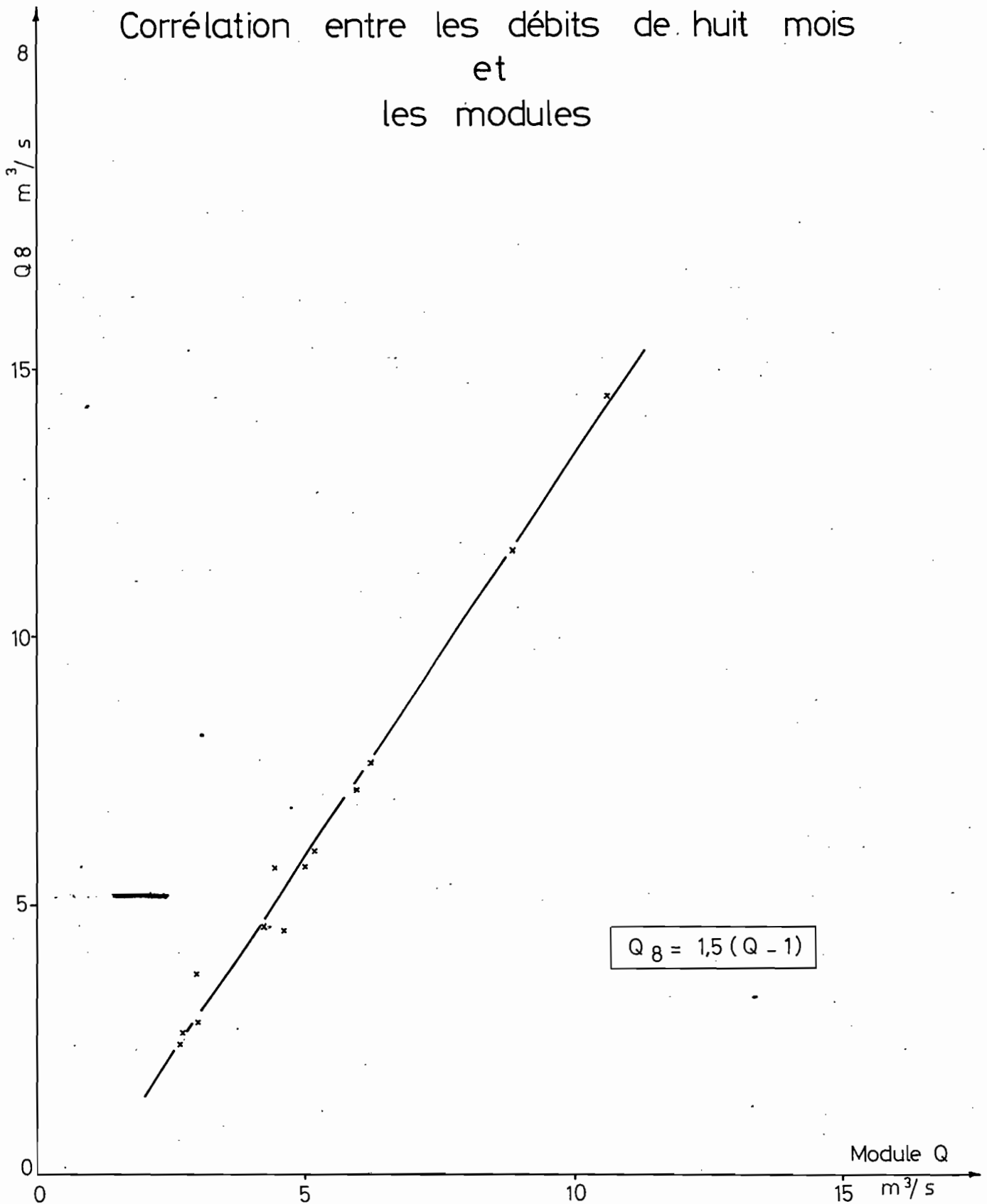
TABLEAU n° 12

Modules, débits de huit mois et débits de quatre mois observés
de 1953 à 1966 et termes correctifs c et d

Années	Q	Q ₈	Q ₄	Correction c	Correction d	N° d'ordre
1953-54	5,86	7,18	2,39	- 0,12	- 0,61	1
1954-55	10,58	14,51	3,19	+ 0,18	+ 0,19	2
1955-56	8,80	11,60	3,03	0,00	+ 0,03	3
1956-57	2,98	3,76	1,63	+ 0,85	- 1,37	4
1957-58	4,42	5,71	1,98	+ 0,61	- 1,02	5
1958-59	2,71	2,66	2,90	+ 0,16	- 0,10	6
1959-60	6,20	7,69	3,10	- 0,07	+ 0,10	7
1960-61	5,13	6,00	3,43	- 0,20	+ 0,43	8
1961-62	2,65	2,45	2,80	0,00	- 0,20	9
1962-63	4,20	4,60	3,53	- 0,15	+ 0,53	10
1963-64	4,58	4,55	4,88	- 0,72	+ 1,88	11
1964-65	4,99	5,77	3,95	- 0,17	+ 0,95	12
1965-66	3,02	2,86	(3,34)	- 0,14	+ 0,34	13

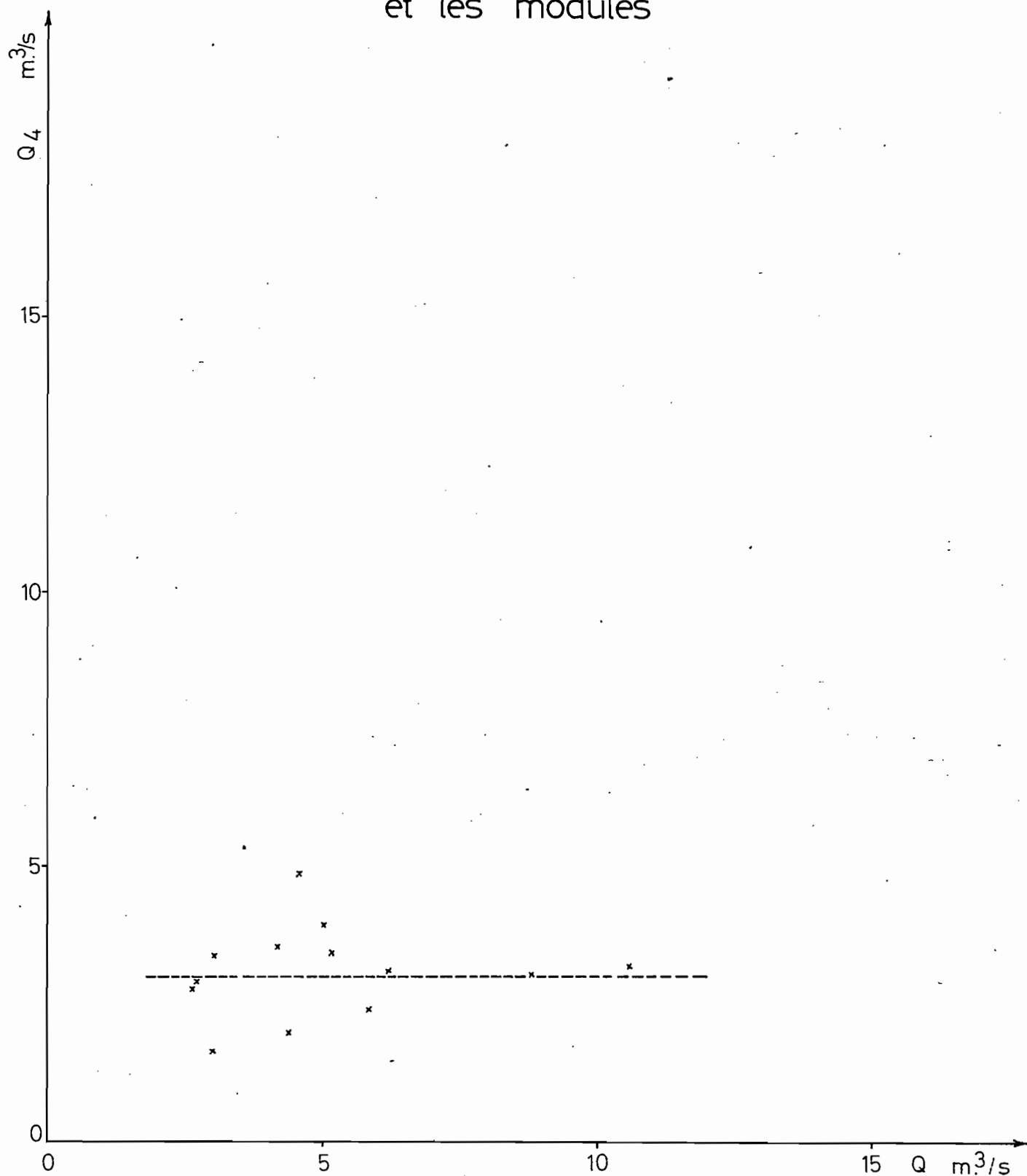
OUED MINA

Corrélation entre les débits de huit mois
et
les modules



OUED MINA

Essai de corrélation entre les débits de 4 mois et les modules



Pour constituer la série des cinquante débits de quatre mois, nous avons donc utilisé une méthode analogue à celle adoptée pour les débits de huit mois. Pour les treize années d'observations, nous avons calculé l'écart d entre la valeur réelle de Q_4 et la valeur moyenne de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (voir tableau n° 12). Puis, pour chacune des 50 années de la série fictive, nous avons tiré au sort une des treize valeurs positives ou négatives de d que nous avons ajoutée ou retranchée à $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ suivant son signe algébrique. Le tirage au sort a été effectué exactement de la même façon que celui des écarts c .

En définitive, on trouvera dans le tableau n° 13 les séries de 50 débits Q , Q_4 et Q_8 auxquelles nous sommes parvenus pour la station d'OUED-EL-ABTAL. Les valeurs de Q_4 sont données seulement à titre indicatif et n'ont pas une signification précise, compte tenu de l'influence des lâchures du barrage de BAKHADDA.

TABLEAU n° 13

Echantillonnage au hasard de séries de 50 valeurs
des débits Q , Q_8 et Q_4 à OUED-EL-ABTAL

- 27 -

Q	$Q'_8=1,5(Q-1)$	c	$Q_8=Q'_8 + c$	$Q'_4=3,0 \text{ m}^3/\text{s}$	d	$Q_4=3,0 + d$
4,50	5,25	+ 0,61	5,86	3,00	- 1,02	1,98
10,02	13,53	+ 0,18	13,71		+ 0,19	3,19
5,20	6,30	- 0,72	5,58		+ 1,88	4,88
14,02	19,53	+ 0,18	19,71		+ 0,19	3,19
3,41	3,62	+ 0,18	3,80		+ 0,19	3,19
3,39	3,59	+ 0,61	4,20		- 1,02	1,98
6,41	8,11	- 0,72	7,39		+ 1,88	4,88
5,72	7,08	- 0,20	6,88		+ 0,43	3,43
6,23	7,86	- 0,12	7,74		- 0,61	2,39
4,08	4,62	- 0,17	4,45		+ 0,95	3,95
7,15	9,23	- 0,12	9,11		- 0,61	2,39
5,41	6,62	- 0,15	6,47		+ 0,53	3,53
4,00	4,50	- 0,12	4,38		- 0,61	2,39
4,29	4,94	- 0,20	4,74		+ 0,43	3,43
3,87	4,31	+ 0,61	3,70		- 1,02	1,98
3,87	4,31	0,00	4,31		- 0,20	2,80
4,82	5,73	+ 0,85	6,58		- 1,37	1,63
3,23	3,35	- 0,12	3,23		- 0,61	2,39
6,81	8,72	- 0,17	8,55		+ 0,95	3,95
6,59	8,39	- 0,15	8,24		+ 0,53	3,53
3,96	4,44	0,00	4,44		0,03	3,03
2,56	2,34	0,00	2,39		- 0,20	2,80
4,61	5,42	- 0,17	5,25		+ 0,95	3,95
2,86	2,79	- 0,20	2,59		+ 0,43	3,43
2,98	2,97	+ 0,85	3,82		- 1,37	1,63
2,77	2,66	0,00	2,66		+ 0,03	3,03
3,03	3,05	+ 0,85	3,90		- 1,37	1,63
3,26	3,39	- 0,20	3,19		+ 0,43	3,43
7,33	9,50	+ 0,61	10,11		- 1,02	1,98
4,06	4,59	- 0,72	3,87		+ 1,88	4,88
2,60	2,40	+ 0,16	2,56		- 0,10	2,90
6,47	8,21	0,00	8,21		+ 0,03	3,03
3,24	3,36	+ 0,61	3,97		- 1,02	1,98
3,42	3,63	0,00	3,63		- 0,20	2,80
4,89	5,84	- 0,12	5,72		- 0,61	2,39
3,20	3,30	- 0,14	3,16		+ 0,34	3,34
8,53	11,30	0,00	11,30		- 0,20	2,80
5,14	6,21	+ 0,16	6,37		- 0,10	2,90
2,48	2,22	0,00	2,22		+ 0,03	3,03
4,03	4,55	- 0,07	4,48		+ 0,10	3,10
6,13	7,70	+ 0,18	7,88		+ 0,19	3,19
7,62	9,93	- 0,72	9,21		+ 1,88	4,88
4,06	4,59	- 0,15	4,44		+ 0,53	3,53
2,73	2,60	- 0,14	2,46		+ 0,34	3,34
3,55	3,83	- 0,12	3,71		- 0,61	2,39
6,12	7,68	+ 0,16	7,84		- 0,10	2,90
4,76	5,64	- 0,20	5,44		+ 0,43	3,43
2,03	1,55	0,00	1,55		+ 0,03	3,03
4,99	5,99	0,00	5,99		+ 0,03	3,03
8,26	10,89	- 0,72	10,17	3,00	+ 1,88	4,88

Nota : Les valeurs de Q_4 sont données sous toute réserve.

TABLEAU n° 14

Echantillonnage au hasard de séries de 50 valeurs
des débits Q , Q_8 et Q_4 à SIDI MOHAMED BEN AOU DA

- 29 -

Q m ³ /s	Q_8 m ³ /s	Q_4 m ³ /s
4,95	6,45	2,18
11,21	15,08	3,51
5,72	6,14	5,37
15,42	21,68	3,51
3,75	4,18	3,51
3,73	4,62	2,18
7,05	8,13	5,37
6,29	7,57	3,77
6,85	8,51	2,63
4,49	4,90	4,35
7,87	10,02	2,63
5,95	7,12	3,88
4,40	4,82	2,63
4,72	5,21	3,77
4,26	4,07	2,18
4,26	4,74	3,08
5,30	7,24	1,79
3,55	3,55	2,63
7,49	9,41	4,35
7,25	9,06	3,88
4,36	4,88	3,33
2,82	2,57	3,08
5,07	5,78	4,35
3,15	2,85	3,77
3,28	4,20	1,79
3,05	2,93	3,33
3,33	4,29	1,79
3,58	3,51	3,77
8,06	11,12	2,18
4,46	4,26	5,37
2,86	2,82	3,19
7,12	9,03	3,33
3,56	4,37	2,18
3,76	3,99	3,08
5,38	6,29	2,63
3,52	3,48	3,67
9,38	12,43	3,08
5,65	7,01	3,19
2,73	2,44	3,33
4,43	4,93	3,41
6,74	8,67	3,51
8,38	10,13	5,37
4,47	4,88	3,88
3,00	2,71	3,67
3,91	4,08	2,63
6,73	8,62	3,19
5,24	5,98	3,77
2,23	1,71	3,33
5,49	6,59	3,33
9,09	11,19	5,37

Nota : Les valeurs de Q_4 sont données sous toute réserve.

6 - REPARTITION MENSUELLE des DEBITS en ANNEE TRES SECHE à SIDI MOHAMED BEN AOUDA -

Sur le tableau 14, nous voyons que dans la série fictive de 50 années, l'année la plus sèche admet les valeurs suivantes :

$$Q = 2,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_8 = 1,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour donner de cette année sèche une répartition vraisemblable des débits mois par mois, nous nous appuyerons sur ces valeurs et sur la répartition effectivement observée à OUED-EL-ABTAL au cours de l'année la plus maigre, c'est-à-dire en 1961-1962. Pour les huit mois de saison pluvieuse, on obtient par un simple calcul de rapport les valeurs suivantes :

	O	N	D	J	F	M	A	M	Q ₈
O.EL-ABTAL 1961-1962	2,90	2,60	1,50	1,00	4,40	2,40	1,80	3,00	2,45
S.M.B.A. Année sèche	2,02	1,81	1,05	0,70	3,07	1,68	1,26	2,09	1,71

Parmi les années nettement déficitaires observées à OUED-EL-ABTAL, on constate que c'est précisément l'année 1961-1962 qui conduit à la répartition mensuelle la plus irrégulière des huit mois de saison des pluies (Rapport de 4,4 entre les débits mensuels extrêmes, contre 3,2 en 1958-1959 et 2,45 en 1965-1966).

Nous avons renoncé à déterminer une répartition vraisemblable des débits de Juin à Septembre en année très sèche, car cette répartition dépend dans une large mesure des consignes d'exploitation du barrage de BAKHADDA.

