



MICROFICHE N°

02298

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

Direction des Ressources en Eau et en Sol

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

METHODE D'EVALUATION DU RUISSELLEMENT EN TUNISIE: BASSINS VERSANTS DE LA DORSALE ET DE LA TUNISIE CENTRALE



A. GHORBEL

Juin 1979

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

—050—

DIRECTION DES RESSOURCES

EN EAU ET EN SOL

DIVISION DES RESSOURCES

EN EAU

METHODE D'EVALUATION DU RUISSELLEMENT

EN TUNISIE; BASSINS VERSANTS DE LA

DORSALE ET DE LA TUNISIE CENTRALE

JUIN 1979

A. GHORBAL

Hydrologue Principal

Avec la participation de

Mr. MATOUSSI, MOKTAR

Ingénieur Adjoint

FAVAT - PROPOS

Les aménagements hydrauliques requièrent une bonne connaissance des caractéristiques des régimes hydrologiques. Parmi ces caractéristiques, l'apport moyen annuel permet d'évaluer les ressources en eau à l'échelle d'un bassin, d'une région ou d'un pays.

Pour déterminer l'apport moyen annuel en un point d'un cours d'eau donné avec une bonne précision, il faut disposer en ce point d'une station hydrométrique et y effectuer des mesures pendant plusieurs années. Une telle opération ne peut pas se faire systématiquement sur tous les cours d'eau qui existent et ceci pour deux raisons :

- 1) - Il est impossible de gérer un nombre important de stations avec des moyens en personnel et en équipement assez modestes.
- 2) - Le temps nécessaire à la collecte des données et leur exploitations sont longs pour des projets à moyen et à court terme.

C'est pourquoi il est parfois nécessaire de procéder indirectement à la détermination des apports. Il existe deux procédés pour pallier au manque ou à l'insuffisance des données hydrologiques.

- a - L'extrapolation des résultats de mesures d'un bassin à d'autres bassins voisins tout en tenant compte des caractéristiques morphologiques.
- b - La recherche d'une corrélation entre le ruissellement et quelques facteurs qui sont à l'origine de ce ruissellement notamment la pluviométrie.-

S O M M A I R E

I - SITUATION DE LA ZONE ETUDIEE

- 1.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE
- 1.2 - PLUVIOMETRIE
- 1.3 - ECOULEMENT

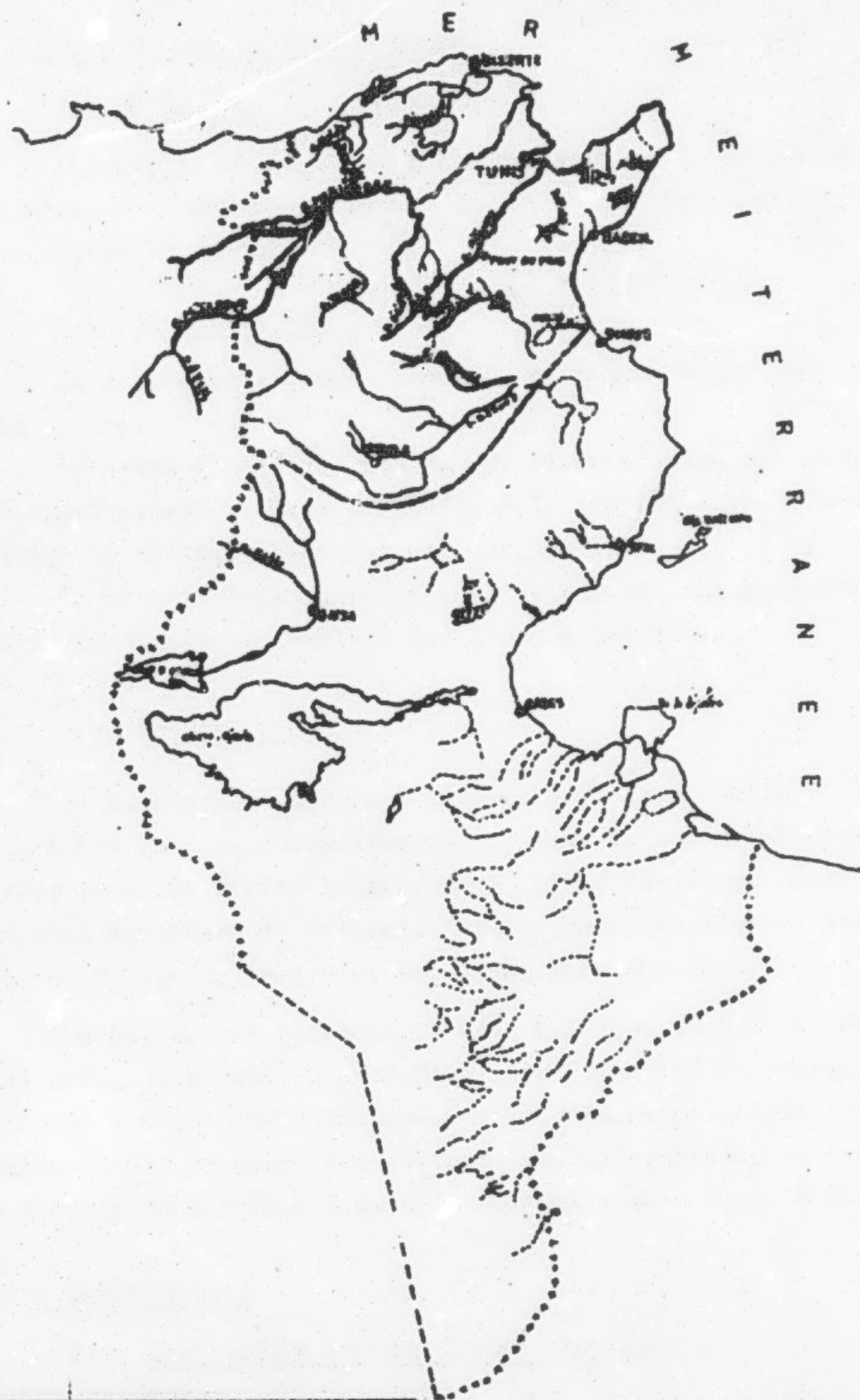
II - METHODOLOGIE

- 2.1 - COMMENTAIRE SUR LA FORMULE ALGERIENNE
- 2.2 - RECHERCHE D'UNE RELATION : ECOULEMENT - PLUVIOMETRIE
- 2.3 - RECHERCHE DE PARAMETRES SECONDAIRES.

III- COMMENTAIRE

IV - EQUATIONS DES DROITES

V - CONCLUSION



LEGENDE

- Limite de territoire.
- Barrage
- Limite de la zone étudiée.

ECHELLE 1/2000.000

I - SITUATION DE LA ZONE ETUDIEE

1.1- Situation Géographique

La zone étudiée, s'étend sur les bassins du Zérou' t Merguelli, le Méliane, le Cap-Bon et les affluents rive droite de la Médjerdah (Mellègue, Tessa et Siliana).

1.2- Pluviométrie

La saison pluvieuse s'étend de septembre à Mai avec possibilité d'orages en Eté.

Le total annuel des pluies est compris entre 300 et 600 mm. Le régime pluviométrique est très irrégulier. Le rapport entre les pluviométries maxima et minima ponctuelles est compris entre 2,5 et 15.

La pluviométrie annuelle moyenne sur les bassins et les sous-bassins varie du simple au triple d'une année à une autre.

1.3- Ecoulements

La plus grande partie, ou parfois la quasi-totalité des apports provient des eaux de ruissellement et comme le régime pluviométrique est très irrégulier, le régime hydrologique l'est davantage parce que outre le caractère aléatoire du phénomène pluie, le ruissellement dépend d'autres facteurs en plus de la pluie, parmi ces facteurs on cite :

La couverture végétale, l'état hyarique du sol. le relief, la géologie ect... pour mettre en relief l'irrégularité du régime hydrologique de la zone étudiée, nous donnons a titre d'information le coefficient d'irrégularité K3. (rapport des valeurs décennales humide et sèche) du Mellègue à K.13 et du zéroud à sidi saïd respectivement éga à 9,25 et 20.

II - METHODOLOGIE

2.1- Commentaire sur la formule Algérienne

La formule Algérienne adoptée à la Tunisie par Mr. TIXERONT à été utilisée par les bureaux d'études durant plusieurs années lorsqu'il n'y a pas de mesure sur les bassins à aménager.

.../...

Cette formule est de la forme : $L = \frac{P^3}{3E^2}$

L = lame écoulée

P = Pluviométrie moyenne annuelle

E = Evapotranspiration potentielle

Les mesures de pluies et la détermination de la pluviométrie moyenne sur un bassin ne constituent pas une difficulté car on dispose d'un réseau pluviométrique suffisamment dense et d'une carte pluviométrique au 1/500 000 très valable. Quant à l'évaluation de l'évapotranspiration potentielle, elle ne se fait pas avec précision acceptable pour cette formule, car outre le nombre très petit de station, les mesures s'effectuent sur différents appareils (piche, bacs, lysimètre) qui donnent des résultats très différents l'un de l'autre.

Mr. TIXERONT a divisé la Tunisie en trois grandes régions et donné à chacune d'elle une valeur représentative de l'évapotranspiration potentielle, calculée par la formule de THORNTHWALTE.

Les lames d'eau écoulées calculées par cette formule sont à plus ou moins 50% ou même plus des valeurs réelles observées et quant on a essayé de calculer E de la formule d'après les mesures hydrométriques et pluviométriques $E^2 = \frac{P^3}{3L}$ on a trouvé pour chaque station même appartenant au même bassin des valeurs différentes entre elles et de celles qui a été proposé par Mr. TIXERONT, ce qui est à priori évident car E comme P varie spatialement.

La multiplication des stations hydrométriques depuis quelques années par le service hydrologique de la D.R.E.S. et la publication des données de base (annuaires, monographies, dossier...) nous a incité à chercher une relation entre l'écoulement, la pluviométrie et autres caractéristiques morphologiques qui tient compte beaucoup plus des réalités physiques des bassins que la formule utilisé auparavant.

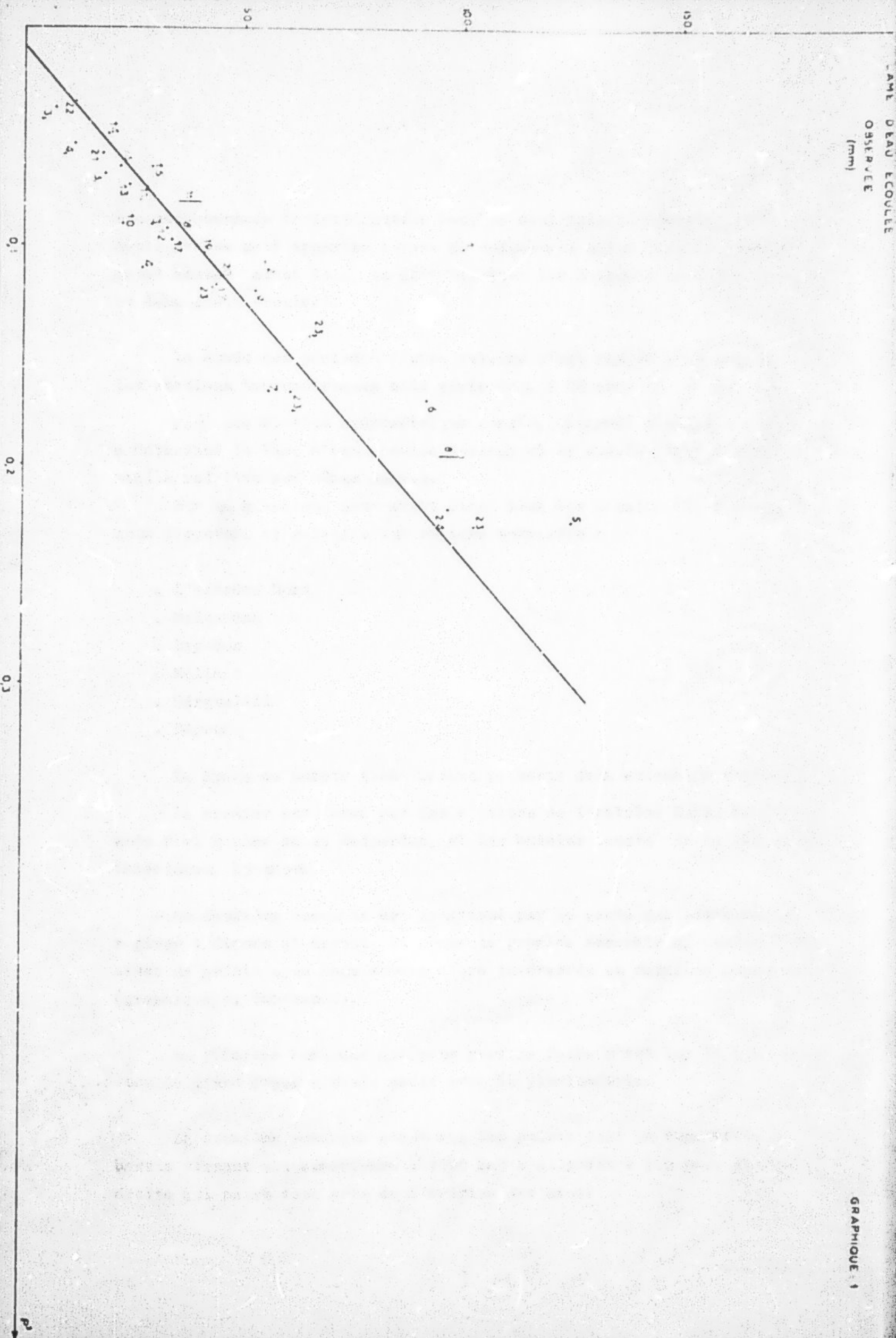
Evidemment, le premier facteur principal qui agit sur l'écoulement est la pluviométrie.

2.2- Recherche d'une relation : Écoulement-Pluviométrie

Dans les régions arides et semi-arides qui sont caractérisées par l'irrégularité des régimes pluviométriques et hydrologiques, un couple lame d'eau écoulée-pluviométrie d'une même année et du même bassin

.../...

-AME DEAU ECOULEE
OBSERVEE
(mm)



GRAPHIQUE 1

n'a pas beaucoup de signification car, un seul épisode pluvieux ou une seuleaverse peut apporter autant de volume que celui de l'écoulement total annuel, ainsi donc, on doit utiliser les moyennes (pluviométriques et lame d'eau écoulée).

La durée des périodes d'observations n'est pas la même pour toutes les stations hydrométriques elle varie de 2 à 40 ans.

Pour une station hydrométrique donnée, observée pendant N années on a déterminé la lame d'eau écoulée moyenne et la pluviométrie moyenne annuelle relative aux mêmes années.

Sur un graphique nous avons placé tous les couples (L, P^3) dont nous disposons et relatifs aux régions suivantes :

- L'extrême Nord
- Medjerdah
- Cap-Bon
- Méliane
- Merguelli
- Zrou

Le nuage de points ainsi obtenu présenté deux ensembles distincts :

- Le premier est formé par les stations de l'extrême Nord, des affluents rive gauche de la Medjerdah, et les bassins amonts de la Medjerdah, Ghardimaou, Djendouba.

- Le deuxième ensemble est constitué par le reste des stations des régions indiqués ci-dessus. Et comme le premier ensemble ne contient pas assez de points nous nous sommes alors intéressés au deuxième ensemble (graphique 1. Tableau 1).

La première remarque que nous pouvons faire c'est que la lame d'eau écoulée d'une façon globale croit avec la pluviométrie.

La deuxième remarque c'est que les points dont la superficie du bassin versant est supérieure à 1000 km² s'alignent à peu près sur une droite qui passe tout près de l'origine des axes.

l'existence d'une corrélation lâche entre pluviométrie et lame d'eau écoulée nous a incité à améliorer cette corrélation par l'introduction d'autres paramètres.

2.3- Recherche de paramètres Secondaires :

L'évapotranspiration, si elle est prise égale à 1 m/an ou 1,15 m/an pour toute la zone étudiée, devient une constante et ne transforme en rien la forme du nuage de points obtenus. C'est pour cette raison que nous nous sommes orientés aux caractéristiques du relief, tout en sachant que ce dernier influe, non seulement sur les vitesses de ruissellement mais aussi indirectement sur les précipitations.

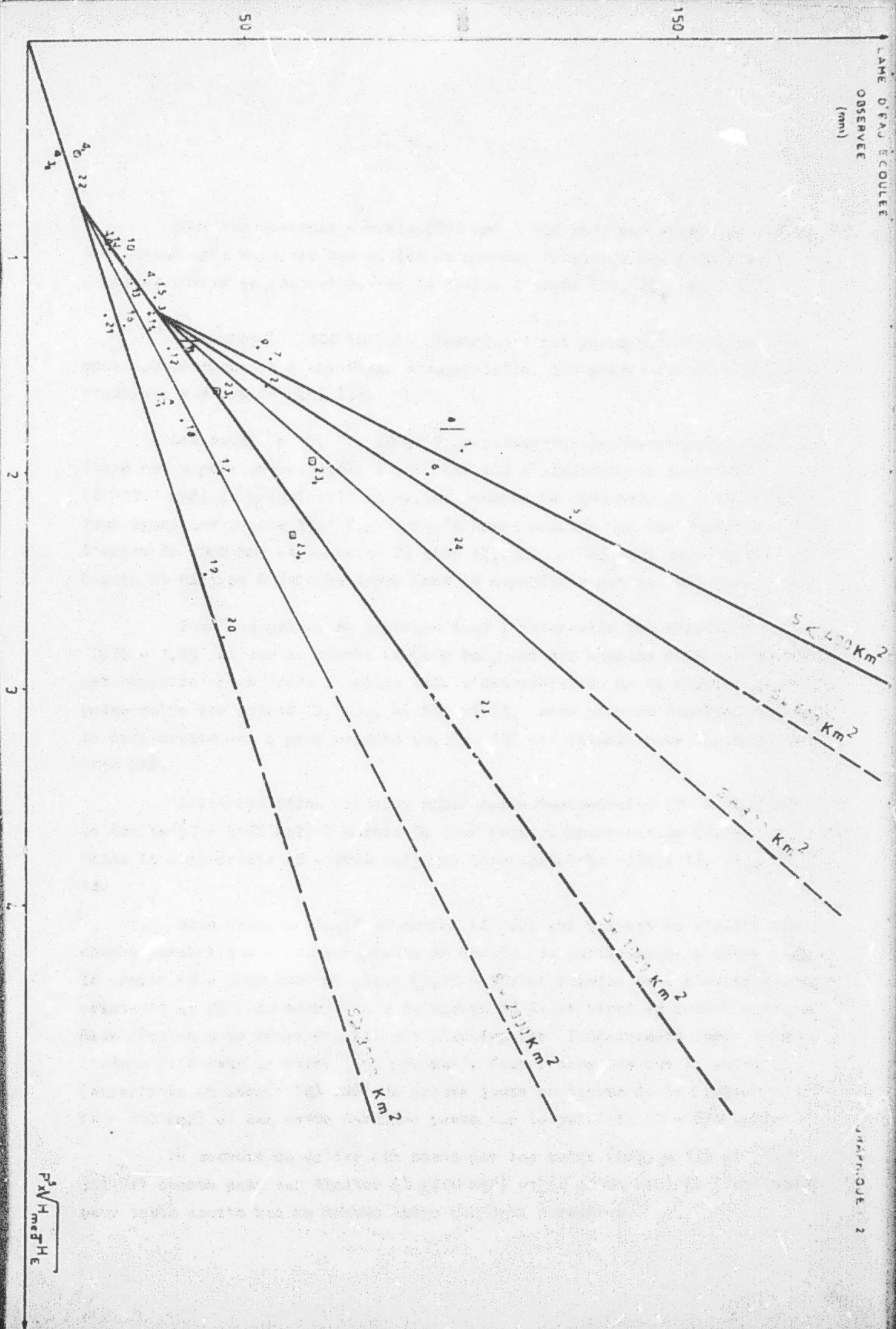
Les premiers essais ont été faits en multipliant respectivement P^3 , par l'indice de pente de roche, l'indice globale, la dénivelée totale et spécifique, l'altitude moyenne ; mais tous ces essais n'ont rien donné de positif. Nous savons que deux bassins de tailles différentes peuvent avoir la même altitude moyenne tout en n'ayant pas la même courbe hypsométrique (5) pour cela nous avons multiplié l'altitude moyenne par un coefficient C appelé coefficient orographique qui tient compte de la superficie et de l'altitude médiane du bassin et lorsque nous avons porté les lames d'eau écoulées en fonction de P^3 , H moyen, C, le nuage de points ainsi obtenu est plus dispersé qu'il ne l'était.

Nous savons que les vitesses d'écoulement sont proportionnelles à la racine carrée de la dénivelée entre le point de départ et le point d'arrivée. En dernière tentative nous avons alors porté en abscisse P^3 multiplié par la racine carrée de la différence entre l'altitude moyenne et l'altitude de l'exutoire et en ordonnée la lame d'eau écoulée ; les points s'alignent à peu près sur deux "droites" l'une groupant les bassins à petite surface l'autre groupant les bassins à grande surface. Par la suite nous avons voulu améliorer l'alignement des points par le remplacement de l'altitude moyenne par l'altitude médiane et le résultat fut satisfaisant (graphique 2.)

III - COMMENTAIRE

Nous avons rassemblé dans le tableau 1 quelques caractéristiques morphologiques de 24 bassins versants où ont été effectuées des mesures pluviométriques et hydrométriques, les moyennes pluviométriques et les lames d'eau écoulées pendant la même période d'observation respectivement pour chaque bassin.

.../...



$$P \sqrt{H_m} / \sqrt{H_e}$$

Pour les moyennes surface (800 km² à 300 km²) par manque de points nous avons crée à partir des séries de mesures relatives aux points 23 et 17 d'autres points en faisant varier le nombre d'année (23₁, 23₂, 23₃, 17₁)

La courbe ($S \leq 400$ km²) du graphique 1 qui passe par l'origine des axes des coordonnées à une forme exponentielle. Les points qui la constituent s'alignent sur papier semi-log.

Les points : 16, 19, 20 et 22 représentent des bassins dont la superficie est supérieure ou égale à 3000 km² ils s'alignent sur la droite ($S \geq 3000$ km²) du graphique 1. entre les courbes ($S \leq 400$ km²) et ($S \geq 3000$ km²) nous avons les points 17, 17₁, 18 et 14 leurs bassins ont une superficie de l'ordre de 2000 km² et le point 23 avec 23₁, 23₂ et 23₃ qui représentent le bassin du Miliano à Tuborbo Majus dont la superficie est de 1019 km².

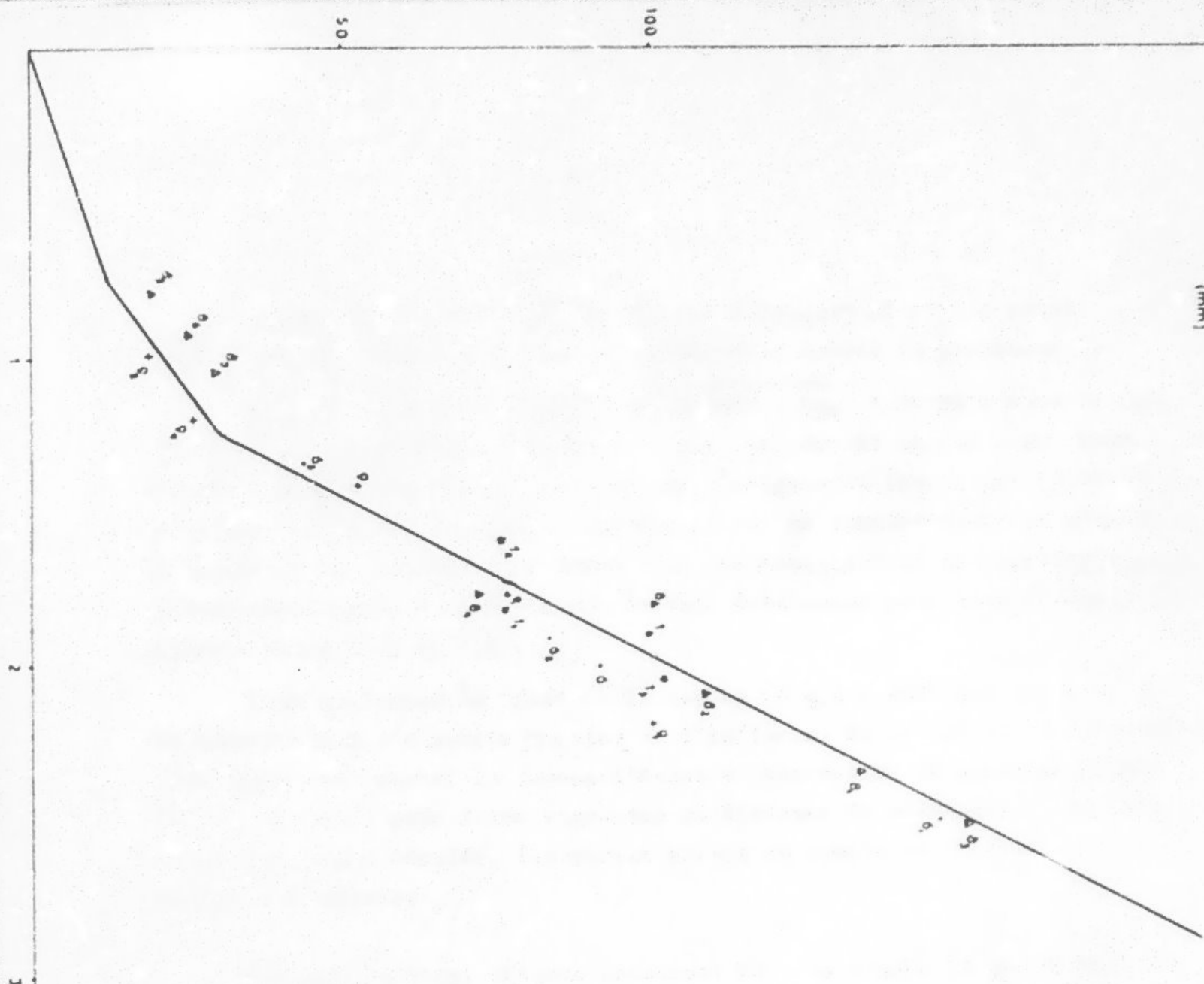
Tous les points se trouvant dans l'intervalle des abscisses 0,75 - 1,25 et sur la courbe ($S \leq 400$ km²) ont des bassins dont la superficie est comprise entre zéro et mille Km². L'extrapolation de ce segment de droite passe entre les points 23, 23₁, et 23₂ et 23₃ nous pouvons conclure donc que la demi-droite qui a pour origine (0,75 - 12) est valable pour les bassins de 1000 km².

L'interpolation linéaire entre cette demi-droite ($S = 1000$ km²) et la droite ($S = 3000$ km²) à partir de leur point d'intersection (0,75 - 12) nous donne la demi-droite ($S = 2000$ km²) qui correspond aux points 17, 17₁, 18 et 14.

Nous avons assimilé la courbe ($S \leq 400$ km²) qui est en réalité une courbe parabolique à trois segments de droite, la partie la plus haute coupant la droite ($S = 1000$ km²) au point (1,25 - 30) et puisque nous n'avons que deux points 11 et 24 (le cours d'eau du bassin 24 étant barré en amont) entre ces deux droites nous avons été obligés d'interpolar linéairement comme nous l'avons fait pour la droite ($S = 2000$ km²). Nous remarquons que le point 24 (superficie du bassin 748 km²) se trouve juste au-dessus de la droite ($S = 800$ km²) et que cette dernière passe par le point 11 ($S = 350$ km²).

Le segment de droite qui passe par les points (0,75 - 12) et (1,25 - 30) est commun pour les droites ($S \leq 400$ km²) et ($S = 1000$ km²) il l'est aussi pour toute droite qui se trouve entre ces deux dernières.

LAME D'EAU ECOULEE
(mm)



GRAPHIQUE 3

$$E^2 \sqrt{\frac{h}{m} - \frac{h}{E}}$$

Le segment de droite qui passe par l'origine et par le point (0,75 -12) est commun pour tout le faisceau de droite du graphique 1.

Nous remarquons que lorsque $P^3 \sqrt{H_{med} - H_E}$ tend vers zéro la lame d'eau écoulée tend aussi vers zéro ce qui est évident et que pour tout point du segment de droite passant par l'origine et limité par (0,75 -12), tous les bassins quelque soit leur superficie se comportent de la même façon de point de vue écoulement ; Aussi tous les bassins dont la superficie est inférieure ou égale à 1000 km² ont le même écoulement pour tout $P^3 \sqrt{H_{med} - H_E}$ compris entre 0,75 et 1,25.

Pour confirmer le tracé de la courbe ($S \leq 400$ km²) qui caractérise le comportement des petits bassins et l'influence du relief sur l'écoulement nous avons fait varier le nombre d'année d'observation de quelques points (2, 6, 8, et 9) pour faire augmenter ou diminuer la pluviométrie moyenne et la lame d'eau écoulée. Les séries prises en compte ne forment pas des années successives.

Les points ainsi obtenus encadrent bien la courbe ($S \leq 400$ km²) du graphique 2. bien qu'ils représentent plutôt des moyennes des valeurs extrêmes que des vraies moyennes.

Les droites du graphique 1. ont été extrapolées jusqu'à l'abscisse 3 bien que l'abscisse du point 23 est supérieure à 3, ce qui n'est pas en réalité une moyenne inter-annuelle au sens propre du terme.

IV - EQUATIONS DES DROITES

Appelons $X = P^3 \sqrt{H_{med} - H_E}$

avec P : (pluviométrie moyenne en m)

H_{med} : (altitude médiane en m)

H_E : (Altitude de l'exutoire en m)

L = Lame d'eau écoulée en mm

S = Surface de bassin en km²

.../...

$0 \leq X \leq 0,75$	$L = 6X$	$1000 \leq S \leq 3000 \text{ km}^2$
$X \geq 0,75$	$L = [36 - 0,01 (S-1000)] [X-0,75] + 12$	$S \geq 3000 \text{ km}^2$
$X \geq 0,75$	$L = 6X$	$S \leq 1000 \text{ km}^2$
$0,75 \leq X \leq 1,25$	$L = 36 X-15$	$400 \leq S \leq 1000 \text{ km}^2$
$X \geq 1,25$	$L = [97-0,10 (S-400)] [X-1,25] + 30$	$S \leq 400 \text{ km}^2$
$X \geq 1,25$	$L = 97 [X-1,25] + 30$	

L'équation générale est de la forme :

a, b, c, des constantes dépendant de X et de S

$$L = [a-b (S-S_0)] [X-X_0] + c$$

$S \text{ et } 0 \leq X \leq 0,75$	$a = 36$	$b = 0,01$	$S_0 = 1000$	$X_0 = 0,75$	$c = 12$	$S = 3000 \text{ km}^2$
$1000 \leq S \leq 3000 \text{ et } X \geq 0,75$	$a = 36$	$b = 0,01$	$S_0 = 1000$	$X_0 = 0,75$	$c = 12$	$S = S$
$S \geq 3000 \text{ et } X \geq 0,75$	$a = 36$	$b = 0,01$	$S_0 = 1000$	$X_0 = 0,75$	$c = 12$	$S = 3000 \text{ km}^2$
$S \leq 1000 \text{ et } 0,75 \leq X \leq 1,25$	$a = 36$	$b = 0,01$	$S_0 = 1000$	$X_0 = 0,75$	$c = 12$	$S = 1000 \text{ km}^2$
$400 \leq S \leq 1000$	$a = 97$	$b = 0,10$	$S_0 = 400$	$X_0 = 1,25$	$c = 30$	$S = S$
$S \leq 400$	$a = 97$	$b = 0,10$	$S_0 = 400$	$X_0 = 1,25$	$c = 30$	$S = 400 \text{ km}^2$

V - C O N C L U S I O N

Nous avons calculé les lames d'eau écoulées correspondantes à chaque bassin (Tableau 1.) l'erreur relative entre les lames d'eau calculées et observées est en général inférieure à 10% sauf pour quelques points le 2 (16%), le 6 (16%), le 8 (15%), le 21 (13%) et quelques points indicés comme le 3₂ (14%), le 41 (17%) et le 23₃ (16%).

Nous pouvons donc affirmer que les résultats obtenus par calcul sont comparables à ceux observés à une erreur près de plus ou moins 17% au maximum (on peut accepter 15%) ce qui représente l'ordre de grandeur de l'erreur commise sur les données hydrologiques obtenues par mesures.

Nous estimons que l'application de ces formules à d'autres bassins non mesurés de la zone définie ci-dessus se fait sans grand risque à condition qu'ils ne renferment pas des zones d'infiltration très importantes comme c'est le cas pour le bassin de Megada (se trouvant sur la branche Sud de Zéroud, compris entre Khanguet Zazia et Sidi Saâd) et le bassin de la Madoleine (sur le Méliane en aval de Khéylus), etc...

Le plus petit bassin utilisé pour l'établissement de ces formules est celui du barrage Chiba à une superficie de 40 km², faute de bassins plus petits nous ne pouvons pas donner avec précision la limite inférieure de leur utilisation mais provisoirement nous pouvons aller jusqu'à 20 Km².

T.A.B.L.E A U 1.

N°	S T A T I O N	Surface on Km2	Altitude de l'exutoire en m	Altitude médiane en m	V Hmed-Hm	Pluviomé. Not. annu- annuelle en mm	-n m3	p3 X Hmed - Hm servée en mm	Lame d'eau ob- servée	23	93	-7
1	OUSSAFA	397	508	845	18,36	0,470	0,1038	1,898	100	23	93	-7
2	OUED KEBIR A SIDI AOUDET	228	350	575	15,00	0,475	0,107	1,605	55	40	64	+16
3	HAMMA AVAL MILIANE	222	32	230	14,07	0,448	0,090	1,264	29	11	31	+7
3 ₁	HAMMA AVAL	222	32	230	14,07	0,405	0,0664	0,534	18,6	8	15	+2
3 ₂	PAMMA AVAL	222	32	230	14,07	0,333	0,037	0,520	7	5	8	+14
4	OUED EL BEY	464	14	110	9,798	0,484	0,1134	1,111	27	9	25	-7,5
4 ₁	OUED EL BEY	464	14	110	9,738	0,377	0,0536	0,525	11,4	4	8,5	-17
5	OUED EL OUDIANE	67,5	36	135	9,95	0,606	0,2225	2,21	125	4	123	-1,5
6	OUED EL ABID	81	10	155	12,04	0,553	0,169	2,04	92	10	107	+16
7	BARRAGE BEZIRK	80	40	118	8,83	0,550	0,1664	1,47	56	16	51,5	-8
8	BARRAGE CHIBA	65	65	150	9,22	0,530	0,1951	1,00	101-95	10	83,5	-17,4
9	BARRAGE MASRI	40	140	275	11,62	0,496	0,122	1,42	53	10	51	-4
10	TESSA AUX ZOURINES	402	563	692	11,35	0,447	0,089	1,014	22,5	10	21,5	-4,5
11	NEBHANA SIDI MESSAOUD	850	180	490	17,32	0,431	0,08	1,387	40,7 à 35	29,28	37	-9,57
11 ₁	NEBHANA A SIDI MESSAOUD	850	180	490	17,32	0,418	0,073	1,26	28	10	30,5	+9
12	MILIANE A KHEYLUS	1419	66	310	15,6	0,452	0,092	1,43	32,8	25	33,6	+2,5

T A B L E A U 1. (Suite)

S T A T I O N	Surfae on Km2	Altitude de l'oxu- toiro on	Altitude médiane on m	Hmod-H _E	Pluviomé. moyenne an- uelle en	P ³ en m3	P ³	Hmed - H _E	Lame d'eau écoulée observée en mm	Nbre d'an- née d'ob- servation	Lame d'ea calculée en mm	Ecart re- latif en
23 TUBURBO LAJUS	1019	170	360	13,78	0,520	0,146		1,937	65	8	154,5	1-6
24 TUBURBO LAJUS	718	170	290	10,95	0,603	0,219		2,36	97	4	1,99	1+2

B I B L I O G R A P H I E

- (1) Monographie de la Medjerda, D.R.E.S., ORSTOM, TUNIS 1974
- (2) Monographie de l'Oued Miliane, D.R.E.S., C.T.T.A. TUNIS 1973
- (3) Etude hydrologique préliminaire des oueds Zéroud et Merguollil
D.R.E.S., ORSTOM, TUNIS 1975
- (4) Inventaire des ressources en eau de surface du Cap-Bon EOCHE DUVAL
TUNIS 1978.
- (5) Climat et Erosion : FOURNIER
- (6) Annuaire hydrologiques de Tunisie : 1974-75 -75-76
- (7) Débits journaliers à sept stations principales de la Medjerda
GHORBEL, TUNIS 1978
- (8) Le ruissellement en Tunisie : TIXERONT, TUNIS 1958.

FIN

... **20** ...

VUES