

PRIX HENRI MILON

Poursuivant la série, inaugurée dans le n° II-1956 de Mémoires et Travaux de la S.H.F., des publications relatives aux monographies primées au concours annuel, nous publions ci-après un résumé de la monographie sur l'hydrologie du Haut Atlas de Demnate (Maroc) qui a mérité le prix Henri Milon 1960.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE HYDROLOGIQUE DU HAUT ATLAS DE DEMNATE (Maroc)

R. HLAVEK

par

et

P. LÉVÊQUE

INGÉNIEUR DU GÉNIE RURAL, DÉTACHÉ

INGÉNIEUR GÉOLOGUE I.G.N.

AU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

La présente étude est le résultat d'une synthèse de recherches et de travaux effectués dans l'Atlas de Demnate, de 1947 à 1956, puis en 1959, et d'un essai d'interprétation et d'exploitation des observations, tenté à Paris ces deux dernières années.

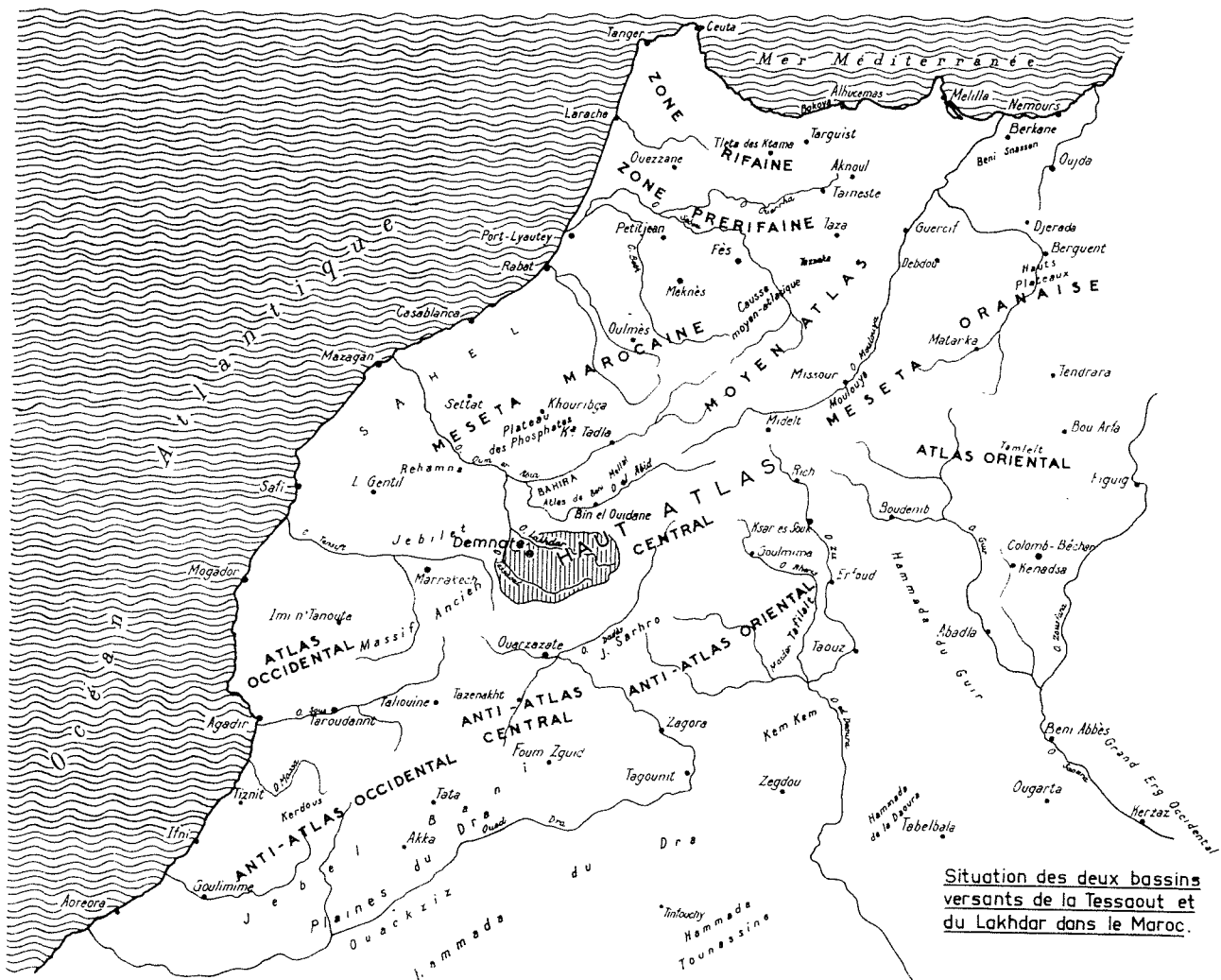


FIG. 1

I. — Généralités sur les deux bassins versants (fig. 1).

La Tessaout et son affluent principal, l'oued Lakhdar, appartiennent au réseau hydrographique de l'Oum er Rbia. Les deux bassins versants étudiés qui ont respectivement pour superficie 1525 et 2 600 km², pour la Tessaout et pour le Lakhdar, sont situés pour la majeure partie dans la haute montagne : le Mgoun, qui culmine à 4 071, est à la limite sud du bassin versant de la Tessaout. A la sortie de l'Atlas, les altitudes de la plaine du Haouz sont comprises entre 750 et 650.

Les reliefs sont orientés suivant l'ENE-WSW, direction tectonique générale de l'Atlas. Ces reliefs sont très accentués vers le sud et s'abaissent régulièrement jusqu'à la brusque retombée de l'Atlas sur le Haouz.

L'histoire géologique de la région étudiée commence à être connue dès l'aurore des temps primaires, avec des schistes et des quartzites du Cambrien. Pendant le Silurien, des Graptolites, des Orthocères et des Crinoïdes ont vécu en abondance dans des mers peu profondes; puis le Dévonien, qui apparaît assez peu, avec des calcaires à Trilobites et à Tentaculites, est recouvert par de puissantes séries de grès et de schistes de la base du Carbonifère (Viséen) avec des Foraminifères et des Polypiers, enfin, par des grès à plantes.

Ces couches sont plissées, puis le Permien gréseux, rouge, est plissé à son tour. Les argiles du Trias, traversées par des coulées de basalte doléritique, s'étendent dans les creux de la topographie fossile du Permien. Le Lias inférieur étage des centaines de mètres de calcaires et quelque peu de marnes, dépôts de mers peu profondes où pullulaient des Térébratules, des

Rhynchonelles, des Algues chlorophycées et de nombreux Foraminifères.

Le Jurassique moyen marque la fin du règne de la mer. Le Crétacé revient à un climat continental, comme le Permien, avec des grès rouges où des Vertébrés de grande taille ont laissé leurs ossements et l'empreinte de leurs pas.

Puis une première chaîne atlasique est démantelée en argiles et conglomérats, durant le Pontico-Pliocène.

Enfin, la grande surrection atlasique soulève toutes les séries et, au début du Quaternaire, un nouveau soulèvement d'ensemble enfonce les cours d'eau dans de profondes vallées dont les flancs, déséquilibrés, s'éboulent, créant des barrages naturels vite remblayés par des sables et des argiles (Ait Bou Guemmez).

Petit à petit, l'Atlas se modèle jusqu'à sa physionomie actuelle.

Au point de vue ethnologique, la région est peuplée de Chleuh, descendant des plus anciennes populations du Maroc, les Berbères Masmouda. Ils parlent le tachelhaït, très différent de l'arabe et leur organisation a toujours été farouchement tribale.

II. — Généralités sur les deux rivières.

A. DESCRIPTION DES COURS D'EAU (fig. 2 et 3).

1° Le Lakhdar prend sa source à la cote 2 050 environ, au pied de la doline d'IZOURAR, entre l'Azurkar et l'Ouaougoulat. Jusqu'au barrage naturel d'Imi n'Tourza,

PROFIL EN LONG DU LAKHDAR

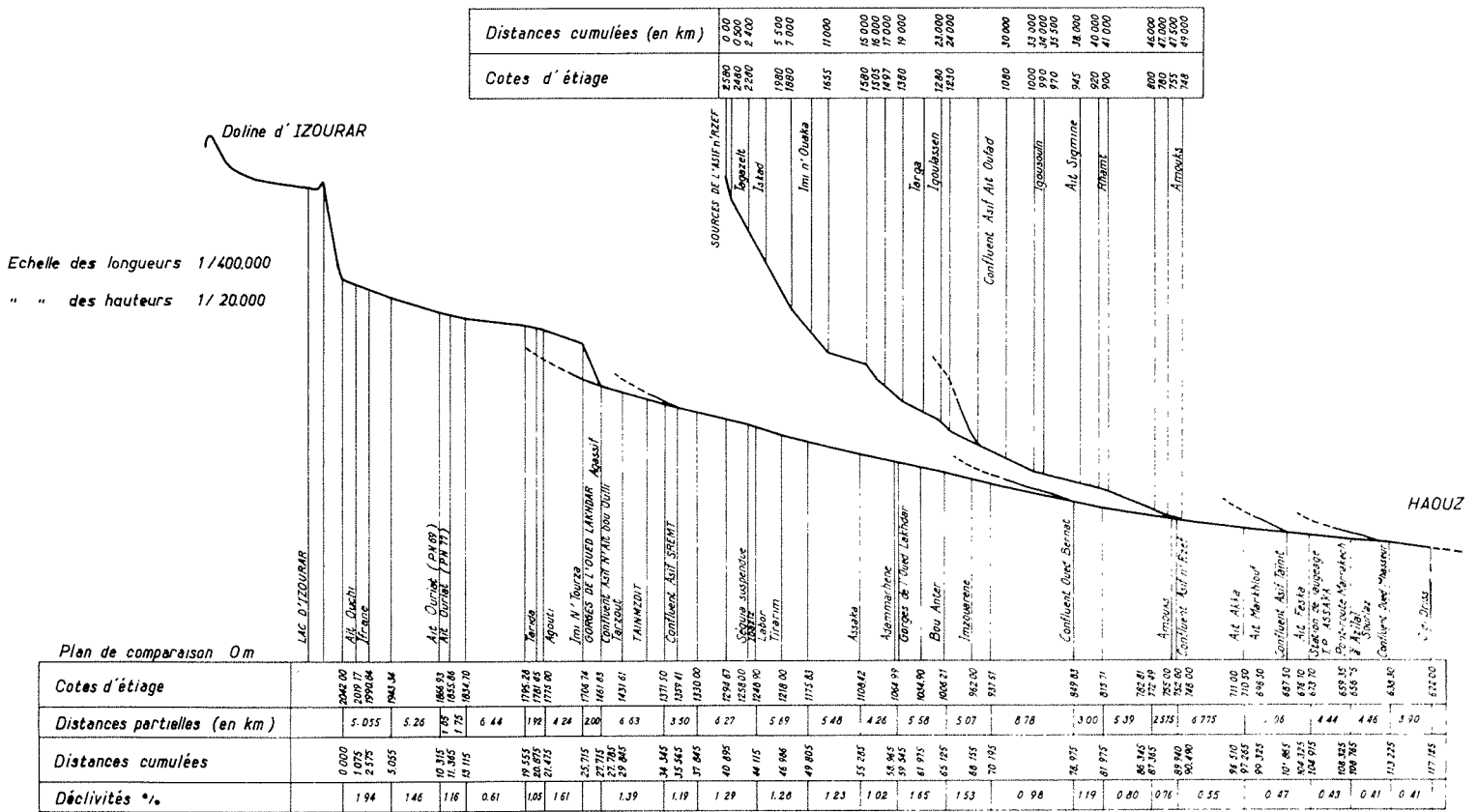


Fig. 2

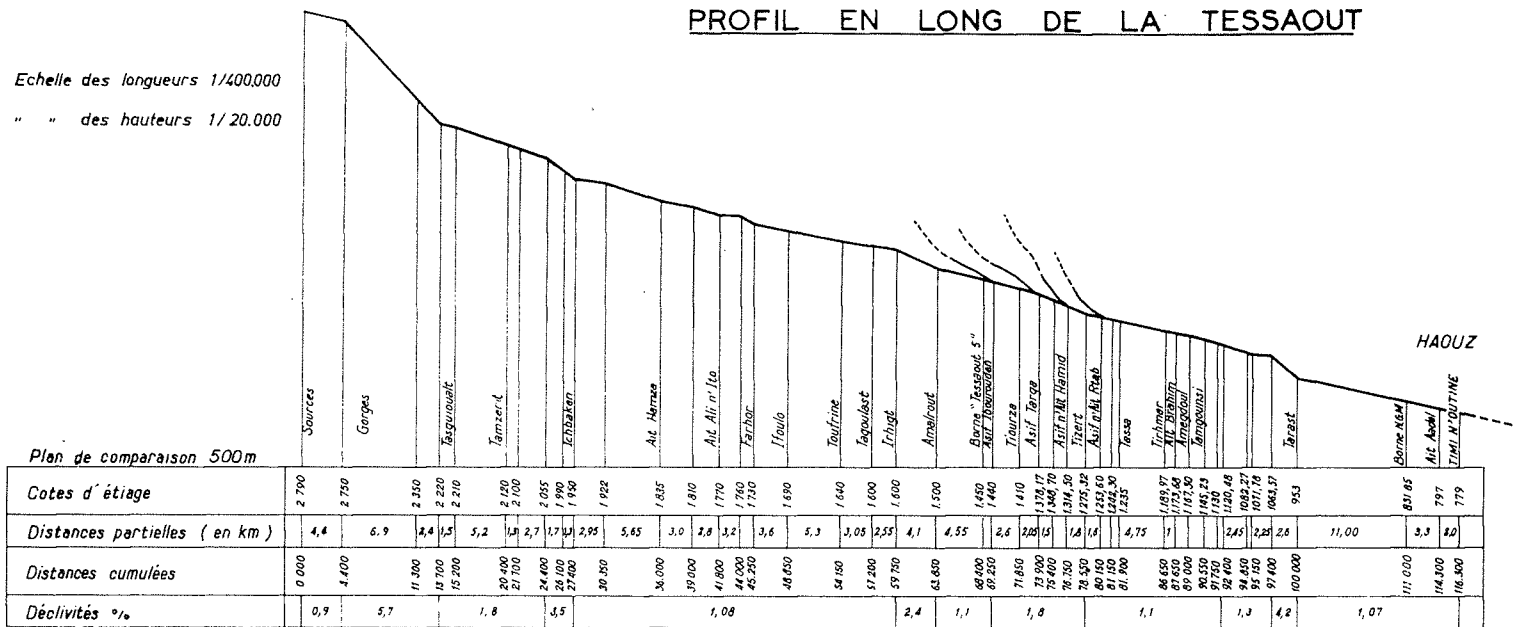


Fig. 3

il porte le nom d'Asif n'Aït Bou Guemmez (1). Au-delà des gorges d'Imi n'Tourza, à forte pente, il reçoit l'Asif n'Aït Bou Oulli, aussi important que lui et devient le Lakhdar.

Après trois traversées en cluses de plissements aigus, qui décalent son cours vers le nord, il atteint, vers l'ouest, les derniers plissements atlasiques. Il pénètre alors dans le Haouz oriental où il s'étale largement au gré des crues saisonnières, avant de rejoindre la Tessaout.

Ses principaux affluents sont, de l'amont vers l'aval, le Sremt sur la rive droite, le Bernat sur cette même rive et le Rzel sur la rive gauche. Enfin, l'Oued Mhasseur rejoint, sur la rive gauche, le Lakhdar à son entrée dans le Haouz.

2° La Tessaout prend sa source à la cote 2 800 environ, au nord du Mgoun, dans une gouttière synclinale qu'elle parcourt à contre-pendage. L'Asif n'Arhous, affluent du haut Lakhdar, effectue actuellement une capture typique aux dépens de la Tessaout et de l'Asif n'Mgoun qui appartient au versant sud de l'Atlas. La Tessaout entre ensuite, sur 6 km, dans des gorges profondes et infranchissables.

Son cours s'infléchit alors régulièrement de l'ENE à l'WNW en un vaste arc de cercle qui se termine, après trois cluses typiques, dans le Haouz où son cours restant encore profondément encaissé sur une dizaine de kilomètres, à la différence du Lakhdar, rejoint au plus court l'Oum er Rbia, recevant le Lakhdar au passage.

3° Caractères communs et différences. — Les deux cours d'eau ont, à leur entrée dans le Haouz, sensiblement la même longueur de parcours, soit 115 km. Les parties hautes des cours sont, pour des raisons géologiques différentes, assez comparables. Par contre, les tronçons moyens présentent peu d'analogies, la Tessaout paraissant nettement antécédente.

B. FACTEURS CONDITIONNANT LE RÉGIME.

Les résultats d'observations météorologiques ont été recueillis sur huit stations, mais les périodes les plus

(1) Asif : torrent permanent, en herbère.

longues et les plus valables sont bien celles de la station de Demnate, placée entre les deux limites de bassins versants.

Températures. — Les observations des hautes vallées sont pratiquement inexistantes.

Celles de Demnate semblent par contre, bien caractériser la région montagneuse moyenne. Le tableau ci-dessous donne une idée des moyennes relevées à Demnate en 1952.

	Températures moyennes maximales	Températures moyennes minimales
Janvier	13,1	2,3
Février	19,6	3,1
Mars	23,6	9,0
Avril	21,0	7,6
Mai	26,5	10,4
Juin	33,9	15,2
Juillet	36,6	17,0
Août	37,2	17,8
Septembre	29,5	14,6
Octobre	29,4	14,2
Novembre	25,2	11,1
Décembre	20,9	4,8

Précipitations. — Elles sont variables d'une année à l'autre et selon les stations, mais l'on peut distinguer en général les périodes suivantes :

— une première période pluvieuse englobe parfois septembre, plus souvent octobre, presque toujours novembre et parfois décembre, mais les maximums enregistrés correspondent à la seconde période pluvieuse de mars et avril, plus rarement mai.

— la période la plus sèche va généralement de juin à août et on n'observe que des pluies d'orage. Il existe également un « étiage d'hiver », avec des mois de janvier et février relativement secs.

PRÉCIPITATIONS MENSUELLES ET ANNUELLE A DEMNATE
Moyennes de 1945 à 1955

Septembre	25,8
Octobre	40,6
Novembre	43,0
Décembre	59,1
Janvier	80,3
Février	64,6
Mars	94,3
Avril	110,3
Mai	38,7
Juin	8,8
Juillet	1,6
Août	4,5
<i>Moyenne annuelle</i>	572

Les coefficients mensuels de débit pour la période 1931-1955 sont groupés dans le tableau ci-dessous :

Septembre	0,52
Octobre	0,70
Novembre	0,79
Décembre	0,66
Janvier	0,86
Février	1,24
Mars	1,85
Avril	2,05
Mai	1,54
Juin	0,89
Juillet	0,47
Août	0,40

Evaporation. — Seules des mesures au bac flottant ont été faites sur les retenues de Bin el Ouidane et ont donné des chiffres variant entre 2,5 et 2,8 m/an.

Les études d'évapotranspiration potentielle, en particulier à l'aide de la formule de Turc, n'ont pu être faites, faute de données de températures et même de précipitations, permettant de tenir compte des subdivisions géographiques des bassins.

Végétation. — La surface boisée du bassin versant du Lakhdar est de quelque 1 100 km² (la surface du bassin versant à la station d'Assaka étant de 2 600 km²), et, sur la Tessaout, elle est de 4 à 500 km². La végétation est caractérisée par les chênes verts et les thuyas de Barbarie; dans les hauts reliefs, apparaît le genévrier thurifère et à partir de la cote 2 500, c'est le domaine des xérophytes épineux de haute montagne. Les vallées, et plus particulièrement les terrasses quaternaires, sont à peu près les seuls domaines de cultures.

Facteurs géologiques. — Nous avons déjà parlé de l'histoire géologique et nous reviendrons, dans ce qui suit, sur le rôle régularisant des grands massifs perméables. Précisons seulement que de nombreux affleurements : grès et microgrès rouges du Crétacé et du Permien, schistes et psammites paléozoïques, souvent à la verticale, sont à l'origine de pertes initiales considérables.

Conclusions. — Le pays est caractérisé par un climat semi-aride. Il est en effet situé en limite des régions de climat tempéré et des régions sahariennes.

III. — Hydrologie superficielle - Etude des débits - Données sur l'écoulement.

1° *Etude des débits du Lakhdar.* — Cette étude correspond à la station d'Assaka : B.V. = 2 600 km², altitude = 675. Les débits moyens mensuels sont connus de 1931 à 1955; les débits moyens journaliers ne le sont que de 1948 à 1955.

Nous constatons que le module varie entre 1,3 et 10,5 l/s/km², la valeur moyenne étant de 5,6 l/s/km² et la médiane de 5 l/s/km².

Dès maintenant, on peut remarquer que le module ne dépend pas seulement des précipitations de l'année en cours car, si en 1944-1945, année de sécheresse exceptionnelle, avec 250 mm de précipitations, le module a été de 1,3 l/s/km², il a dépassé 3 l/s/km² en 1949-1950 malgré la pluviosité très faible de 285 mm.

Ils font ressortir qu'une grande partie de l'écoulement a lieu de janvier à mai, le maximum étant en avril, un autre maximum secondaire apparaissant en novembre. Le minimum principal est en août, un minimum secondaire étant enregistré en décembre.

Ces constatations sont confirmées par l'étude fréquentielle des débits moyens mensuels (fig. 4).

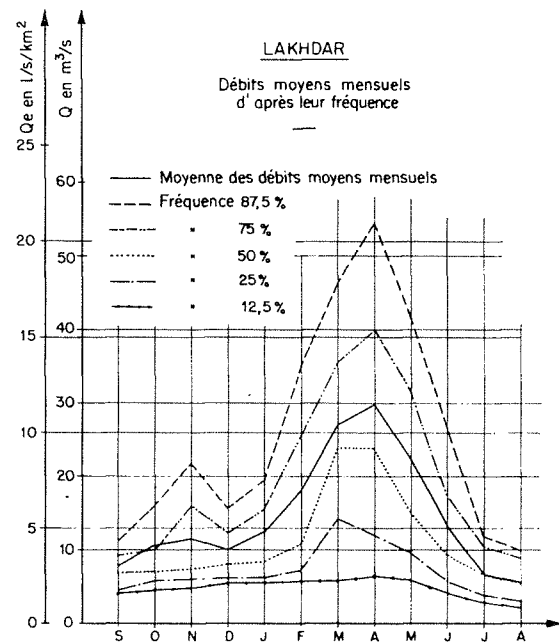


FIG. 4

Le rapport des débits moyens mensuels extrêmes est compris entre 2,4 et 21,7 avec, pour valeur moyenne, 8,7.

Le coefficient de ruissellement annuel est assez variable d'une année à l'autre, et aussi selon que l'on considère les résultats pluviométriques de Demnate ou ceux de l'« Hydrologie Marocaine »; leur valeur moyenne est relativement élevée, de l'ordre de 30 à 35 %, les valeurs extrêmes étant de 12 à 60 %.

Etude des crues. — Les quelques valeurs des débits moyens journaliers des années observées de 1940 à 1955 ont été utilisées pour l'application des formules de Fuller, puis des lois de Galton et de Gumbel. A côté de ces déterminations statistiques, nous avons essayé

des formules empiriques telles que celles de Fanning (U.S.A.): $Q_m = 200.A^{5/6}$, où Q_m = crue millénaire en cubic feet/sec. et A = surface du bassin versant en square miles, et celle de Mallet-Gauthier :

$$Q = 2 K . \log (1 + AH) (S/\sqrt{L}) \sqrt[4]{1 + 4 \log T} - \log S,$$

qui tient compte de la superficie S du bassin versant, de la plus grande longueur L de l'oued et de la hauteur annuelle de pluies H (avec A = 20 pour le Maroc). La comparaison des résultats ressort du tableau ci-après :

Formules utilisées	Crue centennale en m³/s	Crue millénaire en m³/s	Plus forte crue observée : 30-4-1949 = 1 000 m³/s
Fuller. Formule originale	847	1 108	
Gumbel-Fuller	1 250	1 775	
Galton	1 885	3 760	
Mallet-Gauthier	1 250	1 600	
Fanning	—	1 795	

On constate une concordance satisfaisante entre les résultats de la loi de Gumbel-Fuller et ceux de la formule de Mallet-Gauthier dans laquelle il est pris $K = 1$.

2° *Etude des débits de la Tessaout.* — La station d'Agadir bou Acheiba est l'homologue de celle d'Assaka sur le Lakhdar. La superficie du bassin versant y est de 1 525 km² et l'altitude de la station est de 720 m. Les périodes d'observation et la présentation des résultats sont identiques à celles du Lakhdar.

Le module varie de 1,9 à 11,5 l/s/km², la valeur moyenne étant de 6 l/s/km² et la valeur médiane de 5,1 l/s/km². On constate ici aussi l'influence de la pluviosité des années précédentes sur la valeur du module.

Les coefficients de débits mensuels sont, pour la période de 1931 à 1955 :

Septembre	0,46
Octobre	0,57
Novembre	0,89
Décembre	0,74
Janvier	0,75
Février	1,11
Mars	1,91
Avril	2,35
Mai	1,71
Juin	0,73
Juillet	0,40
Août	0,30

Les conclusions générales sont identiques à celles du Lakhdar, mais on peut constater, et l'analyse fréquentielle des débits moyens mensuels le précise (fig. 5), que les maximums sont plus soutenus et relativement plus élevés, les minimums étant plus marqués, plus spécialement celui d'été.

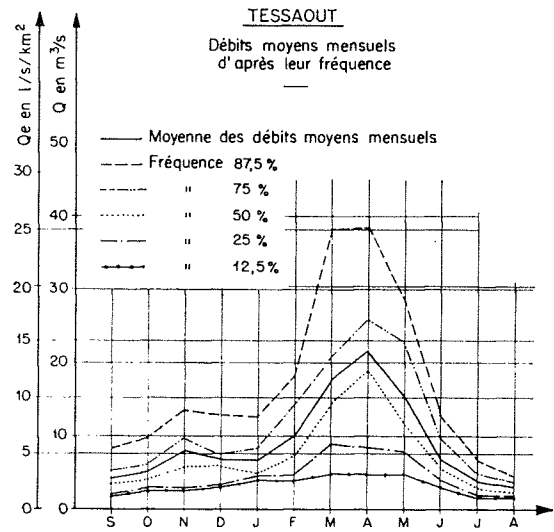


FIG. 5

Le rapport des débits moyens mensuels extrêmes est compris entre 4,2 et 30,1 avec, pour valeur moyenne, 11,9.

Le calcul des coefficients de ruissellement annuel, mené comme pour le Lakhdar, fait ressortir une valeur moyenne de 32 à 39 %.

Etude des crues. — Présenté comme pour le Lakhdar, le tableau comparatif donne les résultats ci-dessous :

Formules utilisées	Crue centennale en m³/s	Crue millénaire en m³/s	Plus forte crue observée le 30 avril 1949 : 593 m³/s
Fuller. Formule originale	530	695	
Fuller-Gumbel	769	1 092	
Loi de Galton	1 115	2 193	
Mallet-Gauthier	715	927	
Fanning	—	1 120	

La formule de Mallet-Gauthier donne ici aussi, des résultats voisins de ceux de la loi de Fuller-Gumbel.

3° *Conclusions.* — Le Lakhdar et la Tessaout sont des rivières à régime pluvio-nival, les précipitations y jouant le rôle prédominant. La chaleur estivale réduit l'efficacité des pluies automnales; par contre, les pluies printanières constituent l'apport essentiel.

La prédominance montagneuse de leurs bassins versants fait que ces rivières ont des modules spécifiques relativement élevés, la Tessaout étant la plus abondante des deux. Ce caractère montagneux, joint à la présence d'importants massifs perméables régularisants, donne à ces rivières un caractère peu excessif, la Tessaout étant cependant la plus contrastée. Les débits d'étiage ne sont jamais nuls (2 m³/s sur le Lakhdar en juillet 1945, par exemple) et les débits de crue sont relativement peu élevés.

TABLEAU I

Lakhdar

VOLUMES ÉCOULÉS
PENDANT LES PÉRIODES NON INFLUENCÉES

Année hydrologique	Période sèche considérée (1)	Volume v écoulé pendant cette période	Volume V_t tombé pendant l'année hydrologique	Rapport v/V_t
1931-32.....	M.J.J.A.S.	90,7	921	9,8 %
1932-33.....	J.J.A.S.	66,8	1 334	5,0
1933-34.....	J.A.S.	110,3	1 591	6,8
1934-35.....	J.J.A.	48,8	966	5,0
1935-36.....	J.J.A.	73,8	1 415	5,2
1936-37.....	?? J.A.S.	13,2	1 099	1,2
1937-38.....	J.J.A.	25,0	1 267	2,0
1938-39.....	J.A.S.	72,6	2 186	3,3
1939-40.....	J.J.A.	57,4	1 353	4,25
1940-41.....	M.J.J.A.S.	138,2	1 923	7,2
1941-42.....	.	.	.	.
1942-43.....	.	.	.	.
1943-44.....	.	.	.	.
1944-45.....	J.A.S.	7,4	.	.
1945-46.....	J.J.A.	33,0	1 319	2,5
1946-47.....	J.J.A.	45,2	1 555	2,9
1947-48.....	J.A.S.	43,6	1 585	2,75
1948-49.....	J.J.A.S.O.	158,6	1 795	8,8
1949-50.....	J.J.A.	32,3	924	3,5
1950-51.....	J.J.A.	80,4	1 713	4,7
1951-52.....	J.J.A.	25,4	1 111	2,3
1952-53.....	J.A.	17,8	1 332	1,3
1953-54.....	M.J.J.A.S.	239	1 985	12

(1) Cette période peut s'étendre jusqu'à l'année hydrologique suivante (mois de septembre et d'octobre) mais les volumes tombés V_t considérés ne sont naturellement calculés que pour l'année hydrologique en cours.

IV. — Hydrologie souterraine - Réserves naturelles.

A. RÉPARTITION DES ENSEMBLES PERMÉABLES ET PRINCIPAUX RÉSERVOIRS NATURELS.

— Sur le Lakhdar, et pour un bassin versant de 2 600 km², on peut estimer à 1 200 km² — soit 46 % — la superficie des ensembles perméables, dont les principaux sont la haute vallée des Aït Bou Guemmez, le massif des Aït Bou Oulli, le Rhat, le massif des Aït Abbès, des Aït

Tououtline et des Aït Chitachen où l'infiltration est généralement préférentielle (dolines, diaclases). Dans l'ensemble, ces massifs régularisants sont situés dans la partie orientale du bassin versant.

— Sur la Tessaout, les ensembles perméables représentent 580 km², soit 39 % du bassin versant, mais sont mieux individualisés que pour le Lakhdar. Les principaux ensembles sont le massif du Mgoun et le synclinal des sources, le plateau calcaire de la rive droite : Tignousti-Onguerset, les massifs de l'Issermad, de l'Iskt et du Takorchant, le synclinal perché de l'Ouadakeur.

B. ESSAI D'ÉVALUATION DES RÉSERVES NATURELLES.

En saison sèche, qui s'étend généralement de juin à août, et pendant laquelle l'alimentation des cours d'eau par les précipitations est nulle, les précipitations orageuses n'intervenant pratiquement pas, nous pouvons admettre que les quantités d'eau écoulées par les rivières pendant ladite période, proviennent des réserves naturelles. L'estimation du volume des réserves naturelles, et surtout les prévisions que l'on peut en faire, sont d'un intérêt évident, surtout dans de tels pays, où l'eau est source de vie. Enfin, il n'est pas sans intérêt pour l'exploitant d'un barrage à usage hydroélectrique, de pouvoir prévoir les apports que l'on peut espérer en période sèche et que généralement l'on considère comme nuls à titre de sécurité. Nous avons essayé deux méthodes d'évaluation, la première consistant en l'exploitation et la comparaison des courbes cumulées du volume écoulé et du volume tombé, la deuxième s'appuyant sur la forme des courbes de tarissement observées.

1° Réserves naturelles du Lakhdar.

a) Enseignements fournis par les cumulées. — On définit des « périodes non influencées » à partir des paliers que présente la courbe des cumulées des volumes tombés V_t .

On a alors immédiatement le volume v écoulé pendant cette période.

Le tableau I ci-contre donne les résultats.

On constate que les réserves restituées, faibles en année sèche, 1 % du volume tombé, peuvent atteindre des valeurs élevées : 12 % en 1953-1954.

L'influence des précipitations des années antérieures est toutefois prépondérante. Ainsi, à la suite de la grande sécheresse de 1945, les réserves naturelles sont demeurées faibles pendant trois années à hydraulicité assez bonne et n'ont atteint une valeur appréciable qu'à l'issue de la quatrième année, à bonne hydraulicité.

b) Les courbes de tarissement nous ont conduits à utiliser les deux lois suivantes :

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

et

$$Q = Q_0 / (1 + \alpha t)^2 \quad (2)$$

et à en comparer les résultats à ceux obtenus par planimétrages des courbes de tarissement observées (fig. 6).

De ces comparaisons, il ressort que c'est la loi (2) qui représente le mieux le tarissement du Lakhdar.

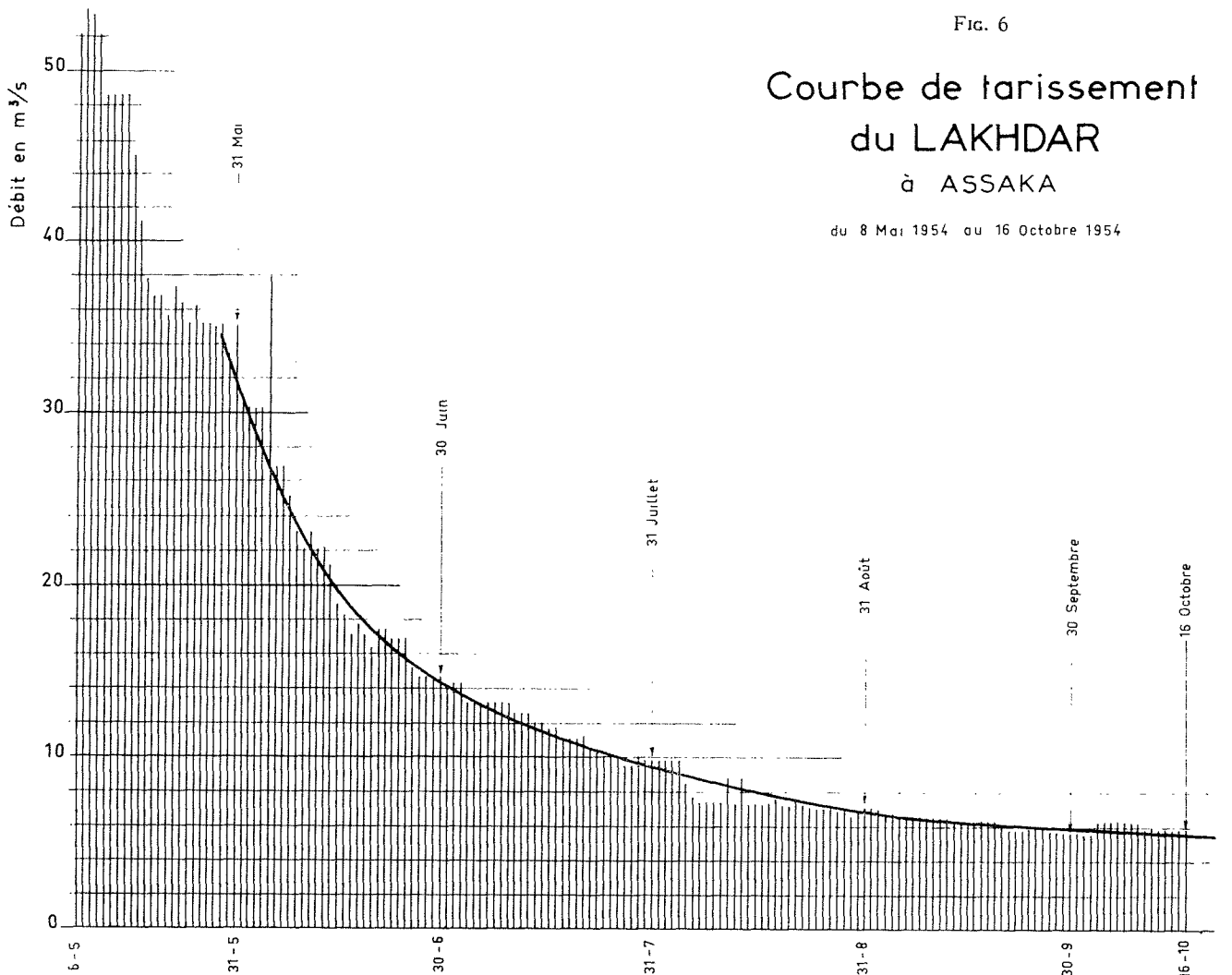
c) Résultats. — Les chiffres calculés et ceux obtenus par planimétrage permettent d'estimer que la réserve naturelle peut atteindre quelque 250 . 10⁶ m³, valeur voisine de celle observée en 1954 par la méthode des cumulées.

On peut remarquer qu'il suffit, sur une superficie perméable de 1 200 km² environ, de 40 m d'épaisseur de terrains à 5 % de vides ou de 100 m à 2 %, pour « loger » cette réserve.

FIG. 6

Courbe de tarissement du LAKHDAR à ASSAKA

du 8 Mai 1954 au 16 Octobre 1954



Durée de la période d'observation

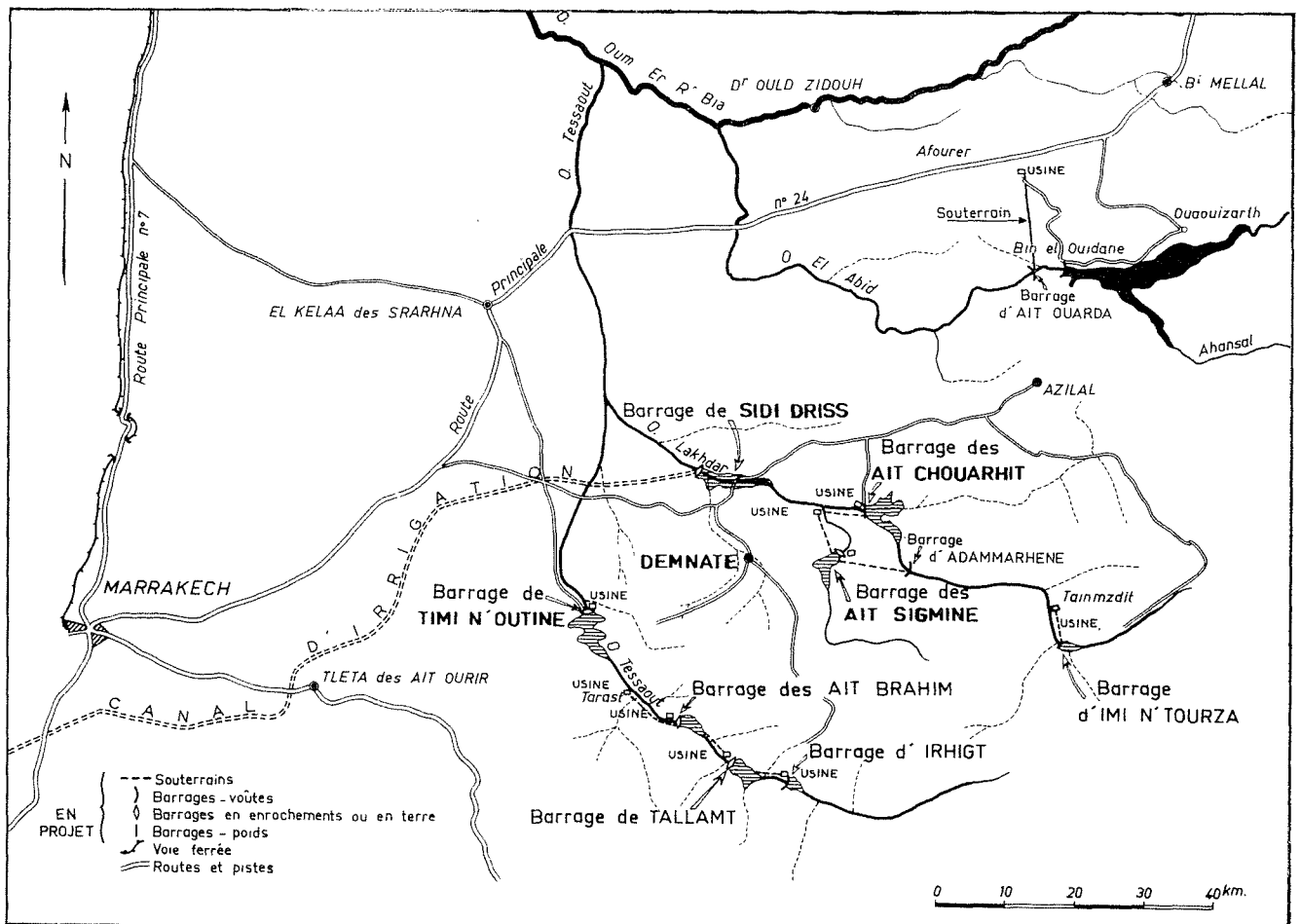


FIG. 7

L'étude géologique permet d'estimer que ces conditions sont très largement satisfaites.

2° Réserves naturelles de la Tessaout.

L'étude des réserves naturelles a été conduite comme pour le Lakhdar et les résultats correspondants sont les suivants :

a) *En ce qui concerne les cumulées*, les résultats sont groupés dans le tableau II ci-après.

TABLEAU II

Tessaout

VOLUMES ÉCOULÉS
PENDANT LES PÉRIODES NON INFLUENCÉES

Année hydrologique	Période sèche considérée (1)	Volume v écoulé pendant cette période	Volume V _t tombé pendant l'année hydrologique	Rapport v/V _t
1931-32.....	M.J.J.A.S.	52,6	541	9,7%
1932-33.....	J.J.A.S.	26,4	783	3,4
1933-34.....	J.A.S.	32,2	934	3,4
1934-35.....	J.J.A.	18,2	567	3,2
1935-36.....	J.J.A.	33,9	829	4,1
1936-37.....	?? J.A.S.	8,6	645	1,3
1937-38.....	J.J.A.	19,9	743	2,7
1938-39.....	J.A.S.	51,6	1 282	4
1939-40.....	J.J.A.	46,1	794	5,8
1940-41.....	M.J.J.A.S.	100,0	1 128	8,8
1941-42.....	.	.	.	.
1942-43.....	.	.	.	.
1943-44.....	.	.	.	.
1944-45.....	J.A.S.	11,8	.	.
1945-46.....	J.J.A.	30,3	770	3,9
1946-47.....	J.J.A.	23,7	913	2,6
1947-48.....	J.A.S.	20,3	929	2,2
1948-49.....	J.J.A.S.O.	84	1 052	8
1949-50.....	J.J.A.	24,6	542	2,35
1950-51.....	J.J.A.	37,1	1 005	3,7
1951-52.....	J.J.A.	15,0	652	2,3
1952-53.....	J.A.	6,6	781	0,85
1953-54.....	M.J.J.A.S.	135,9	1 164	11,7

(1) Cette période peut s'étendre jusqu'à l'année hydrologique suivante (mois de septembre et d'octobre) mais les volumes tombés V_t considérés ne sont naturellement calculés que pour l'année hydrologique en cours.

L'épuisement et la reconstitution des réserves paraissent plus rapides que sur le Lakhdar, leur évolution restant sensiblement analogue ainsi que les rapports des volumes écoulés aux volumes tombés.

b) *Les courbes de tarissement* conduisent également à préférer la formule (2) et donnent un bon accord avec la méthode des cumulées.

c) *Résultats.* — Les réserves naturelles des massifs régularisants de la Tessaout peuvent atteindre 150.10⁶ m³ que l'on peut « loger » aisément dans les massifs perméables déjà mentionnés dans la description du bassin versant.

3° Comparaison avec d'autres cours d'eau.

Nous avons cherché à comparer le régime du Lakhdar et de la Tessaout en période sèche, d'une part avec deux rivières voisines, le Zat et l'Ourika, d'autre part avec une rivière rifaine fonctionnant sans régularisation par des massifs perméables : l'Ouergha.

Nous avons constaté, dans ces derniers cas, que le Zat et l'Ourika, comportant dans leurs bassins versants quelques rares massifs perméables, présentent des courbes de tarissement qui, selon les années, peuvent être représentées par l'une ou l'autre des formules.

Par contre, les tarissements de l'Ouergha sont très bien représentés par la formule (1) de décroissance exponentielle, ce qui paraît contraire aux observations faites sur des sources et des cours d'eau européens.

En conclusion, plutôt que d'appliquer une formule générale et, par là-même, conventionnelle, il nous paraît préférable d'utiliser les enseignements fournis par les cumulées qui permettent de tenir compte du « capital disponible », résultat de l'évolution des années précédentes et de choisir, parmi les courbes correspondantes de tarissement déjà observées, celle qui se rapproche le plus des conditions hydrologiques de l'année considérée.

V. — Aménagement des deux rivières.

La reconnaissance des cours d'eau et des bassins versants a été axée surtout sur la possibilité d'installer des retenues assurant une régularisation aussi poussée que possible.

Sur le Lakhdar, d'amont en aval, on a ainsi reconnu une chute possible depuis les Aït Bou Guemmez court-circuitant un barrage naturel. Sur le cours moyen, diverses chutes de 30 à 40 mètres ont été reconnues et, surtout la possibilité d'installer une réserve importante sur le Rzef, affluent de rive gauche. On a été conduit à prévoir un déversement du Lakhdar dans le Rzef avec récupération de la chute par restitution à l'aval dans le Lakhdar; enfin à Sidi Driss, une retenue de quelque 220.10⁶ m³ a fait l'objet d'études poussées. Au total, le Lakhdar pourrait produire avec un équipement maximal, peu rentable d'ailleurs, 300.10⁶ kWh.

Sur la Tessaout, quelques retenues paraissent possibles dans le cours supérieur et moyen, mais c'est sur tout celle de Timi n'Outine qui paraît la plus intéressante, car elle est située à la porte du Haouz et elle permet d'emmagasiner 160 à 180.10⁶ m³, apportant un coefficient de régularisation appréciable au cours d'eau. La Tessaout est assez pauvre en possibilités de production électrique, le maximum que l'on pourrait installer sur son cours étant de l'ordre de 100.10⁶ kWh.