

# LE HAOUZ DE MARRAKECH BASSIN REPRÉSENTATIF D'UNE ZONE ARIDE AU CONTACT D'UNE HAUTE CHAÎNE MONTAGNEUSE : LE HAUT ATLAS DE CLIMAT SUBHUMIDE

A. COCHET, R. HAZAN et L. MONITION

Service des Ressources en Eau, Rabat

## RÉSUMÉ

La plaine du Haouz de Marrakech (500 m d'altitude moyenne) s'étend sur 4 000 km<sup>2</sup> environ entre le Haut Atlas au Sud (Jbel Toubkal 4 165 m), les Jbilet au Nord, le Moyen Atlas à l'est et les collines de Mzoudia à l'ouest.

Cette région située entre le 31<sup>o</sup> et 32<sup>o</sup> degré de latitude nord a un climat aride à hiver tempéré (minimum compris entre 3 et 7<sup>o</sup> C). Le Haut Atlas par son altitude bénéficie d'un climat de type subhumide à hiver froid.

La station de Marrakech qui est représentative de cette plaine a les caractéristiques suivantes (indices de Thornthwaite).

Latitude N<sup>o</sup> 31<sup>o</sup> 37''

Altitude 465 m.

Température moyenne 19,9<sup>o</sup>C.

Précipitation 24,2 cm.

Evapotranspiration potentielle 101,5 cm.

Indice global de pluvio efficacité (moisture indes) —45,7.

Indice d'aridité 76,1.

Les apports d'eau superficielle subissent une forte variabilité annuelle et inter-annuelle. L'apport moyen des oueds débouchant dans la Plaine, à l'est de l'oued N'fis a été évalué à 1,4 milliard de m<sup>3</sup> environ répartis entre les 2 grands bassins du Tenssift et du Lakhdar-Tessaoute. Le régime est saisonnier avec étiage en juillet-août et augmentation progressive du débit jusqu'en avril, mois le plus abondant.

Une nappe phréatique généralisée existe dans l'ensemble de la Plaine. Son alimentation est bien connue, elle se fait en général à partir d'eau de crue, s'infiltrant dans le lit desséché des oueds, par le réseau de séguias et irrigation, par les zones d'épandages et par d'anciens lits d'oueds. Ce bassin est parcouru par un système de cours d'eau ayant deux exutoires différents mais limité aux formations imperméables des Jbilet.

Il sera présenté en détail, dans ce rapport la mise en place des moyens d'investigation aux fins d'étude complète des ressources en eau de ce bassin expérimental.

## SUMMARY

*"Haouz of Marrakech" representative watershed of an arid zone close to a high mountain the "Haut Atlas" with a subhumide climate.*

The plain of "Haouz" (500 m average altitude) covers about 4 000 km<sup>2</sup> bordered to the south by the "Haut Atlas" (Jbel Toubkal 4 165 m), to the east by the "Moyen Atlas" to the North by the Jbilet and to the west by the hills of Mzoudia.

This region located between the 31<sup>st</sup> and the 32<sup>d</sup> degree of North latitude has an arid climate with tempered winters (minimum temperature between 3 and 7 degree C).

The Haut Atlas with its relatively high altitude has a subhumide climate with cold winters.

The meteorological station in Marrakech which is representative of the area has the following characteristics : (Thornthwaite index) :

North latitude 31<sup>o</sup> 37.

Altitude 465 m.

Average temperature : 19,9<sup>o</sup>C.

Rainfall 24,2 cm.

Potential evapotranspiration 101,5 cm.

Global index of rain efficiency (moisture index) —45,7.

Aridity index 76,1.

The flow of surface water varies greatly during the year and from year to year. The average flow of the rivers reaching the plain, at east of N'fis river has been estimated to 1,4 billions m<sup>3</sup> divided into the 2 large watersheds of Tenssift and Lakhdar-Tessaoute.

The regime is seasonal with low stage in July August, and progressive increase to maximum in April.

A general shallow ground water reservoir exists all over the area. Its supply is well known, it is generally due to the infiltrations of floodwaters into the dry bed of the rivers and to the irrigation network.

The watershed is crossed by a system of streams having 2 different outlets but limited to be impervious strata in Jbilet.

In this report, the means of investigation for a complete study to obtain the best results in the research of water resources in this experimental watershed will be presented.

## I. SITUATION

La plaine du Haouz de Marrakech s'étend, à l'intérieur du Maroc, sur environ 4 000 km<sup>2</sup> entre le 31<sup>me</sup> et le 32<sup>me</sup> degré de la latitude Nord. Elle est encaissée entre la chaîne de l'Atlas au Sud, les Jbilet au Nord, le Moyen Atlas à l'Est et les collines de Mzoudia à l'Ouest. Ses dimensions maxima sont de 145 km d'Ouest en Est et de 40 km du Sud au Nord. Son altitude s'abaisse régulièrement de l'Atlas aux Jbilet de 900 mètres à 300 mètres. L'Atlas culmine à 4 165 m (Jbel Toubkal) et les Jbilet à 1 061 m. Le point le plus occidental de la plaine est à 85 km de la côte atlantique dont il est séparé par des Hauts plateaux.

## II. CLIMAT

### 1) *La Plaine*

Le climat de la plaine du Haouz est de caractère chaud et continental avec de forts contrastes de température. La pluviométrie y est faible, partout inférieure à 300 mm, et de plus irrégulière dans le temps et l'espace; les pluies sont en effet des grains ou des pluies d'orage. La sécheresse n'est pas tempérée par l'humidité atmosphérique ni par la nébulosité. D'après une courbe ancienne établie par G. Dedebe, l'humidité relative, à Marrakech, s'abaisse de 73 % en décembre-janvier à 33 % en juillet-août; elle descend à 18 % l'après-midi en juillet et atteint souvent 0 % par temps de chergui ou de sirocco.

Une station météorologique est installée au terrain d'aviation de Marrakech. Voici quelques caractéristiques données par cette station :

Latitude :	N 31° 37.
Altitude :	465 m.
Température maxima :	49°C (juillet 1929).
Température minima :	-3°C (février 1935).
Température moyenne annuelle :	19°, 9 C.
Précipitation :	242 mm.
Evapotranspiration potentielle :	1 015 mm.
Indice global de pluvio efficacité :	-45,7.
Indice d'aridité (Thornthwaite) :	76,1.

### 2) *La montagne* (versant Nord de l'Atlas)

L'Atlas élève ses sommets à plus de 4 000 m. On y constate une sensible diminution de la chaleur.

A la station d'Agaiouar, à 1 800 m d'altitude, la température moyenne annuelle n'est plus que de 12°, 7 C. Le thermomètre descend tous les ans au-dessous de 0°C, souvent assez largement; on a observé -10°, 6 C en janvier 1936, mais il gèle dès octobre et jusqu'en mai, parfois jusqu'en juin; on a -2°C le 4 juin 1936 le mois même où le thermomètre est monté à +40°C.

L'isotherme 0° s'élève de 3 200 m en hiver à 4 300 m en été.

La pluviosité ne cesse d'augmenter sur les pentes de l'Atlas. Agaiouar, à 1 800 m, a une moyenne de 592 mm de précipitations annuelles. Mais les variations locales sont

beaucoup plus sensibles que dans la plaine, les massifs montagneux sont beaucoup plus arrosés que les dépressions qui les séparent; il semble également que les précipitations augmentent jusque vers 2 800 m pour diminuer plus haut; les précipitations sont très inégalement réparties dans le temps; les maxima sont en mars-avril et en novembre, juillet est aussi sec que dans le Haouz. Les pluies sont en général moins violentes qu'en plaine et le nombre de jours de pluie tend à augmenter.

Dans une grande partie de la montagne les précipitations se font sous la forme neigeuse; mais elles ne persistent quelques jours qu'au-dessus de 1 500 m et ce n'est qu'au-dessus de 2 500 m que l'enneigement persiste très longtemps. Dans toute la haute chaîne il neige dès la fin de septembre et jusqu'en juin.

### III. GÉOLOGIE

#### 1) *La plaine du Haouz*

Entre l'Atlas et les Jbilet le socle primaire a été arasé pendant le Secondaire et déformé par les premiers mouvements atlasiques.

Les mouvements tectoniques tertiaires ont provoqué un fossé entre l'Atlas et les Jbilet par suite d'un jeu de fractures et de flexures.

Pendant la surrection de l'Atlas, à l'Oligo-Miocène et au Pliocène, les oueds ont accumulé les produits de démantèlement de la chaîne dans ce fossé, noyant les principales lignes architecturales.

La composition des débris accumulés est déterminée par la constitution des montagnes d'où venaient les oueds.

Ceux-ci ont étalé leurs alluvions par déplacement latéral de leurs cours dans une dépression peu profonde transformée en zone d'épandage. Leurs dépôts devenaient de plus en plus fins vers l'aval.

Les plissements atlasiques et les remblaiements successifs se sont terminés au Pliocène supérieur.

Il s'est produit depuis une succession de cycles d'érosion fluviale. Les oueds atlasiques ont remanié les formations du Pliocène supérieur, les ont brassées avec de nouveaux apports; au cours de périodes humides, ils ont, en se déplaçant, étalé à leur arrivée dans la plaine galets et cailloutis pour former les cônes de déjections actuels cependant qu'à l'aval ils déposaient dans les marécages des limons roses.

#### 2) *L'Atlas*

L'Atlas est une chaîne de montagne plissée et faillée qui a été ensuite plus ou moins érodée.

La partie montagneuse élevée qui constitue la zone axiale est dépourvue de couverture mésozoïque; elle est formée de roches anciennes, le plus souvent métamorphiques ou éruptives, d'âge Primaire ou Précambrien.

Lorsque la couverture secondaire est conservée sur le versant dominant la plaine du Haouz il s'agit en général de formations continentales et lagunaires rouges souvent salifères, d'âge Permo-Triasique, Jurassique ou Crétacé.

Sur le versant atlasique dominant la plaine du Haouz les affleurements de formations calcaires sont relativement réduits. Il s'agit essentiellement de calcaires du Lias localisés dans la partie orientale.

### IV. HYDROLOGIE

Le réseau hydrographique comprend deux systèmes :

- 1) Dans le système occidental l'oued Tensift coule d'E en W dans la plaine du Haouz au pied des Jbilet. Il reçoit comme un collecteur les oueds Nfis, Reraya, Ourika, Zat et Larh qui descendent du versant Nord de l'Atlas.

2) Dans le système oriental l'oued Tessaout et son affluent l'oued Lakhdar descendent du versant Nord de l'Atlas et quittent le Haouz par une trouée dans les Jbilet pour aller rejoindre l'Oued Oum Er Rbia.

Le système oriental est le plus important tant au point de vue de la superficie du bassin versant (4 170 km<sup>2</sup> contre 3 350 km<sup>2</sup>) que de l'apport moyen annuel (785 millions de m<sup>3</sup> contre 654 millions de m<sup>3</sup>).

Ces divers oueds ont un régime qui reflète l'irrégularité des pluies sur le bassin versant. Ils sont pérennes en montagne mais ne le sont plus dans la plaine (sauf pour l'oued Lakhdar). La plus grande partie des débits passe sous forme de crues provoquées par de fortes pluies.

Les eaux d'étiage et une partie des eaux de crues alimentent des séguis servant à l'irrigation dans la plaine du Haouz. Une autre partie s'infiltré ou s'évapore. La plus grande partie des eaux de crues quitte le Haouz par l'oued Tenssift ou par la trouée de l'oued Tessaout dans les Jbilet.

## V. HYDROGÉOLOGIE

### 1) Sur le versant atlasique dominant la plaine

Les formations anciennes, métamorphiques ou éruptives sont imperméables et se délitent peu. Les eaux ayant ruisselé sur ces formations donnent peu de débits solides.

Les formations continentales et lagunaires rouges sont imperméables ou très peu perméables mais se délitent très facilement. Les eaux ayant ruisselé sur ces formations ont des débits solides élevés.

Les formations calcaires sont perméables en grand et résistantes. Les eaux s'y infiltrent en partie en période pluvieuse et en ressortent sous forme de sources permanentes. Seul le bassin de l'Oued Lakhdar, dans la partie orientale, en renferme des affleurements importants; c'est ce qui explique le caractère pérenne de cet oued. Les eaux qui ont ruisselé sur ces formations ont des débits solides faibles.

### 2) Dans la plaine du Haouz

Par suite de l'absence des formations calcaires du Secondaire ou du Tertiaire il n'existe pas de nappes profondes sous l'ensemble de la plaine.

Seules les formations continentales de remplissage renferment une nappe importante et généralisée : la nappe phréatique.

Mais ces formations continentales sont très hétérogènes et de perméabilité très variable.

La perméabilité moyenne diminue à mesure que l'on s'enfonce, les faciès devenant de plus en plus argileux.

La nappe phréatique circule pratiquement dans la partie supérieure du remplissage continental, c'est-à-dire dans les formations du Pliocène et du Quaternaire remaniées par les oueds atlasiques. Cette couche utile a une épaisseur moyenne de 40 mètres.

Cette tranche utile est elle même hétérogène dans le sens vertical et dans le sens latéral. On observe des chenaux correspondant à d'anciens lits d'oueds et constitués par des formations à galets, graviers et sables où la perméabilité est plus forte et qui sont le siège d'écoulements préférentiels.

La couverture limoneuse de la plaine limite considérablement l'alimentation verticale par les infiltrations d'eau de pluie ou d'eau d'irrigation. L'alimentation de la nappe phréatique provient essentiellement de l'infiltration des eaux de crues des oueds selon leurs cours, principalement sur les cônes de déjection.

La nappe circule du Sud vers le N.O. ou le Nord, c'est-à-dire de l'Atlas vers l'Oued Tenssift ou vers les trouées de l'Oued Tessaout et de l'oued Gafno dans les Jbilet.

Les exutoires naturels de la nappe sont constitués par les underflows des oueds Tenssift au Nord et par les résurgences ou sources de la rive gauche de l'oued Tenssift à l'Ouest.

L'exploitation de la nappe se fait par puits à main, par rhattaras et par pompages.

## VI. MOYENS D'INVESTIGATION MIS EN ŒUVRE POUR L'ÉTUDE COMPLÈTE DES RESSOURCES EN EAU DE CE BASSIN EXPÉRIMENTAL

### 1) *Les eaux superficielles*

L'Office National des Irrigations a installé des stations de jaugeages (simplifiées, ou munies de cyclopotences ou de téléphériques) sur les oueds du bassin versant atlasique.

Des stations sur les oueds N'Fis, Reraya, Ourika, Zat, Rdat, Tessaout, Lakhdar, à leur entrée dans la plaine, permettent de connaître l'essentiel des apports. D'autres stations placées à l'aval des oueds Tenssift et Tessaout permettent de connaître l'essentiel des sorties.

La différence entre les apports et les sorties correspond au volume d'eau qui a été utilisé, qui s'est infiltré ou qui s'est évaporé.

Dans chacune de ces stations un observateur effectue des relevés d'échelle quotidiens; une équipe de jaugeurs y effectue d'autre part des tournées régulières de jaugeages dont les résultats sont dépouillés au Service des Ressources en Eau de Marrakech et centralisés au Bureau de l'Hydrologie à Rabat.

### 2) *Les eaux souterraines*

Des campagnes géophysiques (électrique, sismique et gravimétrique) et des sondages profonds ont permis de connaître la structure de la plaine et de s'assurer de l'absence de formations calcaires du Secondaire ou du Tertiaire pouvant renfermer des nappes profondes.

Il a été procédé à un relevé des points d'eau avec prélèvements d'échantillons sur l'ensemble de la plaine. Ce relevé a permis de dresser la carte phréatique, la carte des isobathes et la carte des salures.

Dix sept forages d'essais accompagnés de piézomètres et disséminés dans la plaine ont permis de calculer les transmissivités et les coefficients d'emmagasinement des terrains servant de magasin à la nappe phréatique.

Des forages de reconnaissance avec essais de débit ont été effectués aux exutoires de la plaine dans la vallée de l'oued Tenssift et dans les trouées des oueds Tessaout et Gaïno dans les Jbilet. Ils ont permis de calculer les débits souterrains sortant de la plaine.

Des essais de réalimentation de la nappe par injection d'eau de séguia dans des sondages ont été effectués sur le cône de déjection de l'oued Ourika.

Un réseau de puits témoins et de piézomètres a été établi dans la plaine et fait l'objet de relevés mensuels depuis de nombreuses années. Il permet de suivre les fluctuations annuelles et interannuelles du niveau de la nappe.

Les débits de rhattaras, sources et résurgences et ceux prélevés par pompages ont fait l'objet de jaugeages ou d'enquêtes.

Des mesures ont enfin été faites concernant les pertes dans les séguias en terre.

## VII. ESSAI DE BILAN

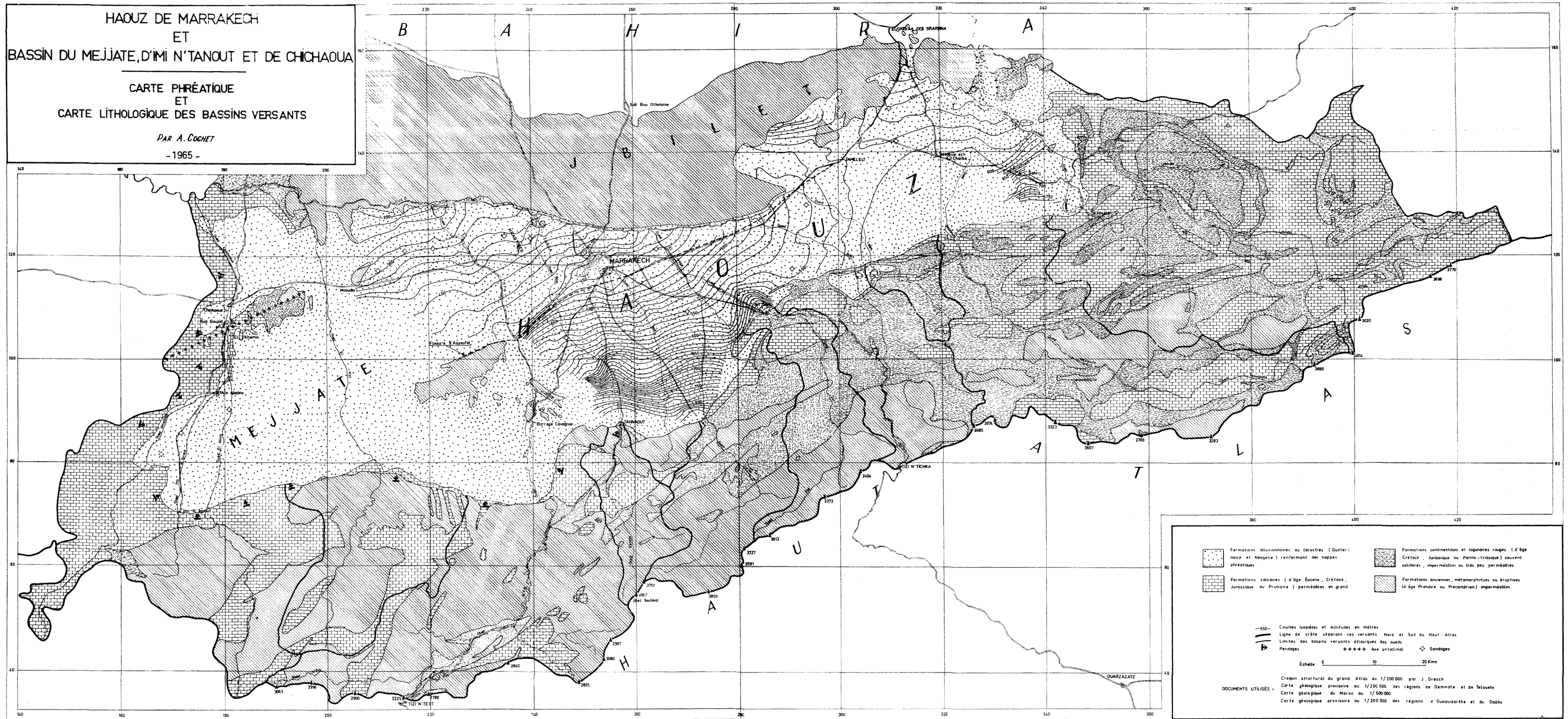
Les aménagements actuels des stations de jaugeages sont trop récents pour que l'on puisse prétendre à beaucoup de précision.

Un essai de bilan a cependant été dressé. Ce bilan ne tient pas compte de l'oued Lakhdar (débit moyen annuel :  $457 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) qui n'irrigue qu'une mince bande de terre

HAOUZ DE MARRAKECH  
ET  
BASSIN DU MEJJATE, D'IMI N'TANOUT ET DE CHICHAOUA

CARTE PHRÉATIQUE  
ET  
CARTE LITHOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS

PAR A. COCHET  
- 1965 -



	Formations alluvionnaires ou lacustres (Quaternaire et Néogène) renfermant des nappes phréatiques		Formations continentales et lagunaires récentes (d'âge Crétacé, Jurassique ou Permien-triassique) souvent solifères, imperméables ou très peu perméables
	Formations calcaires (d'âge Éocène, Crétacé, Jurassique ou Primaire) perméables en grand		Formations anciennes, métamorphiques ou éruptives (d'âge Primaire ou Précambrien) imperméables

Courbes isohètes et Altitudes en mètres  
 Ligne de crête séparant les versants Nord et Sud du Haut-Atlas  
 Limites des bassins versants étiologiques des oueds  
 Pénages  
 Axe anticlinal  
 Sondages

Échelle 0 10 20 Kms

Documents utilisés :  
 Croquis structural du grand Atlas au 1/200 000 par J. Dresch  
 Carte géologique provisoire au 1/200 000 des régions de Damnate et de Telouate  
 Carte géologique du Maroc au 1/500 000  
 Carte géologique provisoire au 1/200 000 des régions d'Guaouzarthe et du Douda

Fig. 1

sur ses deux rives avant de rejoindre l'oued Tessaout à l'entrée de sa trouée dans les Jbilet :

1) <i>Apports</i>	
par les oueds . . . . .	1.090. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
par les infiltrations des eaux de pluie . . . . .	23. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	<hr/>
Total :	1.113. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

2) <i>Destination des apports</i>	
Cultures . . . . .	553. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Alimentation de Marrakech . . . . .	11. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Pertes par évapotranspiration (sans tenir compte des eaux de pluie)	185. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Évacuation . . . . .	364. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	<hr/>
Total :	1.113. 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

Ces valeurs représentent des ordres de grandeur intéressants à connaître mais qui seront précisés dans l'avenir à l'occasion de la Decennie Hydrologique.