

19

25

ANALYSE

RECHERCHES

BUREAU DE L'INVENTAIRE ET DES RECHERCHES HYDRAULIQUES

-o-o-o-o-o-o-

EBITS DE BASE ET SALINITE DE L'OUED

M E D J E R D A

A

G H A R D I M A O U E T B O U S A L E M

-o-o-

R A M A N A N A N T O A N D R O

J A N V I E R 1 9 6 7

J . C R U E T T E

ORSTOM Fonds documentaire

21 JUL 1992

N° : 33470

Site : B

REQUISITS DE BASE ET SALINITE DE L'OUED

M E D J E R D A

A

GHARDIMAOU ET BOU SALEM

—:§:—

( La ville de Souk el Khémis s'appelle Bou Salem)  
depuis 1966.

—:§:—

JANVIER 1967

RAMANANANTOANDRO.

J. CRUETTE.

# DEBIT DE BASE ET SALINITE DE LA MEDJERDA

-O-O-O-O-O-O-O-O-

## A GHARDIMAOU ET BOU SALEM

==oOo==

### I - INTRODUCTION

Quatre notes successives ont déjà été publiées sur les débits de la Medjerda (Avril 1966, Août 1966, Novembre, et Décembre 1966). En fait il s'agissait des mêmes débits, présentés sous des formes différentes. Mais les données utilisées ne sont homogènes ni par leur définition ni par leur degré de certitude. Par ailleurs elles ne portent pas toujours sur les 12 mois de l'année.

La présente note n'a pas la prétention de résoudre toutes ces difficultés. Par l'introduction de la notion de débit de base elle essaye de présenter des résultats homogènes et facilement utilisables en ce qui concerne les différentes sections où des mesures ont été effectuées sur la Medjerda.

Les calculs sont terminés pour les deux stations hydrométriques où la période d'observation a été la plus longue:

GHARDIMAOU	= 20 années	(de 1946-47 à 1965-66)
SOUK EL KHEMIS	= 11 années	(de 1946-47 à 1956-57)

Il sont en cours pour les stations où la période d'observation est plus courte (Souk el Arba, Medjez el Bab, Bou Teurtma et Béja).

On s'en tiendra toujours à des évaluations grossières pour certains affluents comme la Siliana.

### II - DEBITS DE BASE

#### II - 1 DEFINITION

On appellera débit de base d'un mois calendaire (D M B) le débit atteint ou dépassé tous les jours, sauf cinq.

Ces cinq jours ne sont pas forcément consécutifs et leurs places dans le mois varient d'une année à l'autre.

Cette définition répond aux exigences d'un pompage au fil de l'eau, qui ne peut pas prendre en considération les débits des crues toujours trop brèves.

Les débits déjà calculés à Souk el Khemis dans la note de Avril 1966 sont légèrement différents, car ils correspondent au tracé des courbes de tarissement entre Mars et Août, d'où leur nom = débits d'étiage. Or les courbes de tarissement font souvent l'objet d'une extrapolation quand des crues viennent se superposer aux débits qu'on aurait normalement observés au cours d'une période non influencée. De toute façon il est difficile de parler des débits d'étiage pour les autres mois de l'année.

On pourra vérifier que pour un bassin assez homogène comme celui de la Medjerda arrêté à Ghardimaou, la différence entre les chiffres correspondants aux deux définitions est négligeable.

Pour un bassin plus complexe comme celui de la Medjerda à Souk el Khemis l'influence des affluents à régimes assez différents apparait.

## II - 2 DONNEES UTILISEES

Les débits de base, ont été calculés à partir des débits moyens journaliers publiés dans les recueils des observations hydrométriques du B.I.R.H. à ces derniers sont venus s'ajouter les jaugeages faits sur place depuis la création des différentes stations, et qui ont permis un contrôle supplémentaire.

### II-2-1 GHARDIMAOU

Depuis sa date de création en 1946 des jaugeages ont été régulièrement effectués à cette station. A ce titre elle fait partie d'une des meilleures du réseau tunisien avec 20 années d'observation.

### II-2-2 LOU SALEM (SOUK EL KHEMIS)

Créée à peu près à la même époque, la station de Bou Salem a fonctionné régulièrement. Le barrage de Nébeur sur l'Oued Mellègue régularise le débit de la Medjerda à partir de Souk el khemis depuis 1957. Il est pratiquement impossible de distinguer les lachûres du débit de base depuis cette époque. On s'est donc contenté d'utiliser les données de 11 années consécutives allant de 1946-47 à 1956-57.

Remarque 1: Les débits de base de Souk el Khemis risquent donc d'être légèrement surestimés. Il suffira dans le bilan du barrage de réserver une tranche vraisemblablement très faible, qu'on évaluerait ultérieurement après étude des débits de base du Mellègue.

Remarque 2 : Par ailleurs il faudrait le cas échéant prévoir et évaluer l'influence des pompages prévus entre Ghardimaou et Souk el Khemis.

## II - 3 METHODE DE CALCULS

D'après la définition, chaque mois d'une année est caractérisé par un débit. Les débits de chaque mois ont été classés et ensuite ajustés sur la loi de GALTON-GIBRAT. Cette, loi, d'après différents auteurs, est celle qui s'adapte le mieux aux oueds d'Afrique du Nord. En première approximation on peut dire qu'elle est valable pour les débits de base de la Medjerda à Ghardimaou et Souk el Khemis. On a choisi les périodes de retour suivantes:

1 année	sur	10
1 "	"	5
2 "	"	5
1 "	"	2 (valeur médiane)
3 "	"	5
4 "	"	5
9 "	"	10

Les extrapolations au-delà de 10 ans sont dangereuses pour les débits de base étant donné la faiblesse de nos échantillons. Il est probable qu'une corrélation entre la pluviométrie et les débits de base puisse permettre des extrapolations valables au-delà de 10 ans, comme cela a été possible sur l'oued Béja (voir rapport J. CRUETTE Septembre 1965). Le bassin versant est déjà plus grand, même à Ghardimaou, et le réseau pluviométrique est entièrement sous contrôle algérien, aussi n'est-il pas question pour le moment d'entreprendre un travail aussi long et minutieux.

## II-4 PRESENTATION DES RESULTATS

### II-4-1 TABLEAUX DES PARAMETRES D'AJUSTEMENT

Tous les ajustements ont été faits en utilisant la loi de GALTON-GIBRAT (Cf. II-3) qui est dérivée de la loi de Gauss et que nous avons exprimée sous la forme suivante:

$$U = \frac{\log (Q + Q_0) - A}{B}$$

avec U = variable de Gauss

Q = débit exprimé en l/s

$Q_0$ , A et B trois paramètres d'ajustement.

## II-4-1-1 Ghardimaou

Nous donnons dans le tableau II-4-1-1 les valeurs des trois paramètres d'ajustement pour Ghardimaou.

$Q_0$  est nul pour quatre mois de l'année et a une valeur positive assez faible pendant les six mois d'été et d'automne. Seul le mois de Janvier avec - 800 est exceptionnel.

Le paramètre A varie très régulièrement entre un maximum en février (3,590) et un minimum en Août (2,400). Il correspond à la moyenne arithmétique des  $\log(Q + Q_0)$ .

La paramètre B présente deux maximums en Août (0,407) et Janvier (0,441) et deux minimums en Avril (0,286) et Octobre (0,225). Il correspond à l'écart-type des  $\log(Q + Q_0)$ , et sa valeur est d'autant plus forte que le régime du mois est plus irrégulier.

Ce tableau montre bien que le régime de la Medjerda à Ghardimaou est homogène et nous pouvons attendre de ces ajustements des estimations d'autant plus valables que nous avons utilisé une période d'observation assez longue (20 ans) et, que nous nous limitons à la fréquence 1 année sur 10 dans la présentation des résultats.

## II-4-1-2 Souk el Khemis

Le tableau II-4-1-2 montre tout de suite que le régime de l'oued Medjerda à Souk el Khemis est plus complexe.

Pour pouvoir obtenir des ajustements convenables pour les mois d'octobre, novembre, janvier, février il a fallu utiliser un  $Q_0$  variant entre - 2.000 et + 10.000.

A, correspondant à la moyenne arithmétique des  $\log(Q + Q_0)$ , prend une valeur minimum en juillet - août - (étiage).

B, varie d'une façon irrégulière avec des valeurs faibles en octobre, novembre et décembre et un maximum en janvier et mars.

Il serait prématuré d'en tirer des conclusions précises, mais on peut se demander si l'influence des affluents nord, surtout Raraï et Bou Heurtma, n'est pas prépondérante dans la régularisation des débits de base en hiver et au printemps.

GHARDIMAOU - DEBITS DE BASEAJUSTEMENT LOGARITHMIQUES

--oOo--

Tableau : II-4-1-1

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q <sub>0</sub>	+ 100	+ 200	+ 200	+ 200	- 800	--	--	--	--	+ 200	+ 180	+ 50
A	2,662	2,833	2,997	3,094	3,234	3,590	3,480	3,360	3,130	2,926	2,696	2,400
B	0,318	0,225	0,341	0,372	0,441	0,349	0,305	0,286	0,303	0,319	0,359	0,407

SOUK EL KHEMIS - DEBITS DE BASEAJUSTEMENT LOGARITHMIQUE

--oOo--

Tableau II-4-1-2

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Q <sub>0</sub>		+ 6000	+ 2000		- 2000	+ 10000					- 400	
A	3,234	3,9235	3,830	3,693	4,005	4,410	3,942	3,856	3,622	3,342	3,000	3,166
B	0,304	0,057	0,182	0,188	0,525	0,223	0,456	0,346	0,418	0,272	0,340	0,232

## II-4-2 COURBES DEBITS-FREQUENCES-MOIS

Pour chaque mois les débits de base varient en fonction de la fréquence au dépassement envisagée.

Nous avons choisi 7 périodes de retour comprises entre 1 année sur 10 et 9 années sur 10 (Cf. II-3). Partant de ces valeurs il a été possible de construire une série de courbe dont le paramètre est le mois, avec en ordonnées les logarithmes des débits en  $1/s$  en abscisses la variable de Gauss  $U$  (les périodes de retour choisies ont été inscrites sur un axe parallèle). Avec ces courbes il sera toujours facile de calculer les débits pour toute autre période de retour qui peut paraître utile.

## II-4-2-1 GHARDIMAOU

Les courbes de Ghardiamou portent le numéro II-4-2-1. Pour les mois de février - mars - avril - mai où  $Q_0 = 0$  ont obtenu des droites comme le prévoit leur équation.

$$\log Q = BU + A$$

Quand  $Q_0$  est positif la courbe s'incurve vers le bas, pour  $Q_0$  négatif s'incurve vers le haut.

## II-4-2-2 SOUK EL KHEMIS

Les mêmes courbes à Souk el Khemis montrent la complexité du régime de la Medjerda au fur et à mesure qu'on avance vers l'aval.

## II-4-3 GRAPHIQUE DE SYNTHESE

Tous les résultats sont résumés synthétiquement sur un seul graphique où figure également la salinité qui sera traitée en détail dans le paragraphe IV.

On ordonnées on a porté les logarithmes des débits exprimés en  $1/s$  et en abscisses les mois. L'année hydrologique qui commence en Septembre et se termine en Août est encadrée par le premier mois de l'année qui suit (Septembre) et le dernier mois de l'année qui précède (Août).

Pour simplifier la présentation, le débit de base d'un mois est figuré par un point ayant pour ordonnée ce débit et pour abscisse le 15 de ce mois.



Les différents points correspondant à une période de retour sont reliés par des segments de droite. Ces droites n'ont pas de signification particulière mais contribuent simplement à clarifier le graphique.

### III - S A L I N I T E

#### III - 1 DONNEES UTILISEES

Au cours de chaque jaugeage un échantillon d'eau est prélevé pour être analysé au laboratoire. Ces analyses sont accompagnées de mesure de conductivité et ont été relativement nombreuses jusqu'en , 1956. Malheureusement il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation simple entre la composition chimique des éléments en dissolution et la conductivité. Nous nous sommes contentés d'utiliser le résidu sec, qu'on a coutume de désigner par généralisation sous le nom de "salinité".

#### III - 2 PRESENTATION DES RESULTATS

##### III-2-1 TRACE DES COURBES DE SALINITE

Chaque jaugeage est représenté sur un graphique par un point: les logarithmique des débits sont en ordonnées, et l'époque où il a eu lieu en abscisse. Chaque points est caractérisé par un paramètre la salinité exprimée en gramme par litre (g/l).

A partir de ce nuage de points il est aisé de tracer une courbe qui sépare deux classes successives de valeurs.

Nous avons choisi comme valeurs caractéristiques.

1 g/l , 1,5 g/l , 2 g/l , 3 g/l

A tous les points sur la courbe limite et audessus correspond une salinité égale ou inférieure à la valeur indiquée.

La réciproque n'est pas vraie ; tous les points à salinité égale ou inférieure à la valeur indiquée ne sont pas forcément dans ce domaine. Par contre pour une salinité plus forte le points représentatif est obligatoirement en dessous.

Insistons sur le fait que les valeurs inscrites sur ces courbes diminuent de bas en haut et qu'elles constituent donc des limites supérieures de sécurité en admettant que le nombre d'échantillons utilisés soit suffisant.

Pour les fortes salinités la limite se compose de deux courbes interrompues. Effectivement on n'observe pas de débits inférieurs à  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , par exemple à Souk el Khemis au mois de Janvier. Par voie de conséquence la salure de l'eau ne peut pas atteindre des valeurs élevées ( $3 \text{ g/l}$ ) à cette époque.

Il existe évidemment des points anormaux = début d'une crue à la fin de l'étiage (gros débit et salinité élevée) ou jaugeages douteux, mais leur nombre est très faible.

### III-2-1-1 Courbes de salinité à Ghardimaou

Les prélèvements ont été assez nombreux à cette station environ 100. Tous les chiffres au-dessus de la courbe  $0,5 \text{ g/l}$  sont inférieurs à  $0,5 \text{ g/l}$  suivant la définition, le minimum étant  $0,23 \text{ g/l}$ . Un seul chiffre ( $0,46$ ) au-dessous de la courbe est inférieur à  $0,50$ .

Un point est anormal au-dessus de la courbe  $1 \text{ g/l}$  :  $1,03 \text{ g/l}$  au 11 avril. La différence est cependant très faible.

Entre les courbes  $1 \text{ g/l}$  et  $1,5 \text{ g/l}$  il n'y a aucune anomalie.

Entre les courbes  $1,5 \text{ g/l}$  et  $2,0 \text{ g/l}$  un seul chiffre est anormal  $2,06 \text{ g/l}$  le 23 Août ; il correspond à une crue exceptionnelle à la fin de l'étiage d'une année exceptionnellement sèche (1954-55).

Le maximum porté sur le graphique est de  $2,30 \text{ g/l}$ . Il en existe de plus élevé mais dont on ne peut garantir le débit correspondant déjà très faible.

Nous voyons que ces courbes de salinité ont une valeur indiscutable à Ghardimaou.

### III-2-1-2 Courbe de salinité à Souk el Khemis

Les prélèvements utilisés sont moins nombreux 50 environ, et portent essentiellement sur les années suivantes: 1946-47 / 1947-48 / 1950-51 / 1952-53.

De toute façon à partir de 1956-57 les débits de la Medjerda en aval de Souk el Arba ont été régularisés avec la retenue du Nèbeur et l'influence de la salinité des eaux du barrage n'est pas négligeable, quoique non étudiée.

Les courbes de Souk el Khemis sont moins bonnes que celles de Ghardimaou mais nous semblent présenter une garantie aussi indiscutable pour les utilisateurs.

Bien qu'il existe des points inférieurs à 0,5 g/l il n'est pas possible de tracer la courbe de 0;5 g/l. De toute façon il doit lui correspondre un débit très élevé (100 m<sup>3</sup>/s) n'intéressant pas les débits de base.

Il existe deux points aberrants au-dessus de la courbe 1,0 g/l : 1,07 en février et en mars mais la différence est très faible et les débits sont surestimés à cette époque au-dessus de 50 m<sup>3</sup>/s.

Pour toutes les autres courbes on ne déplore aucune anomalie.

.. / ..

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

Les courbes de salinité définies dans le § III ont été également tracées sur le graphique de synthèse, qui rassemble donc d'une manière synoptique les données suivantes:

- 1 - Mois de l'année envisagé
- 2 - Débits de base susceptibles d'utilisation
- 3 - Probabilité à affecter à ce débit
- 4 - Maximum de salinité à redouter.

Prenons comme exemple le pompage des eaux de la Medjerda à Ghardimaou au mois de Septembre.

Pour une période de retour 4 années sur 5 ou peut miser sur un débit de 150 l/s pendant 25 jours et chargé au maximum à 1,8 g/l. Autrement dit au cours d'une campagne échelonnée sur 5 ans:

le débit sera supérieur ou égal à 150 l/s pendant 5 années successives ou non.

le débit sera inférieur ou égal à 150 l/s pour une année.

La salinité variera en sens inverse:

elle sera inférieure ou égale à 1,8 g/l pendant 4 ans

elle sera supérieure ou égale à 1,8 g/l pour une année seulement, correspondant précisément à l'année défavorable au point de vue débit.

Il est évident en effet que pour une année quelconque quand le débit est favorable (c'est-à-dire élevé) la salinité est aussi favorable (c'est-à-dire faible) et inversement.

J. CRUETTE

Ingénieur Hydrologue au B.I.R.H  
Chargé de recherche à l'ORSTOM

RAMANANTOANDRO

Ingénieur Hydrologue au B.I.RH  
Ingénieur à la S.C.E.T-Coopération