

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida  
Département de Génie Rural



Mémoire de Magister

Thème

## ETUDE HYDRAULIQUE DE LA FOGGARA D'AMREIR ( Timimoun )

Présenté par : **BENSAADA Mohamed**

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Génie Rural

*Option* : Sciences de l'eau

Soutenu publiquement le 16 Avril 2001 devant le Jury

M <sup>me</sup> <b>TOUAIBIA. B</b>	Maître de conférence	ENSH	Président
M <sup>r</sup> <b>REMINI. B</b>	Maître de conférence	U.S.T.B	Rapporteur
M <sup>r</sup> <b>HAMMOUDI. S</b>	Maître de conférence	C.U.Chlef	Examineur
M <sup>r</sup> <b>ZELLA. L</b>	Chargé de cours	U.S.T.B	Examineur
M <sup>r</sup> <b>BENSLAMA. L</b>	Chargé de cours	USTHB	Examineur



## Remerciements

*A*vant de présenter les résultats de cette étude, je voudrais remercier Monsieur REMINI Boualem pour l'enseignement qu'il m'a dispensé et pour la sollicitude bienveillante qu'il a toujours manifesté à mon égard.

*J'exprime ma sincère gratitude à M<sup>me</sup> TOUABIA .B. qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le jury.*

*Je remercie Monsieur HAMMOUDI.S. d'avoir accepté de faire partie du jury*

*Je remercie Monsieur ZELLA. L. d'avoir accepté de faire partie du jury*

*Je voudrais également exprimer toute ma gratitude à Monsieur BENSLAMA. L de m'avoir aidé dans les analyses granulométriques et de faire partie du jury.*

*Je remercie les personnels de L'ANRH d'Alger -Soumaa et Adrar, ainsi que les responsables de l'association de la foggara d'Amreir.*

*C'est un plaisir et un devoir pour moi d'exprimer toute ma reconnaissance à mon ami EL HADJ DASSIDI Abdesslam et ses fils Abdelkader et Ahmed qui m'ont aidé à la reconnaissance du terrain, ainsi que toute la population de Timimoun pour leur hospitalité.*

*Par ailleurs, je tiens à remercier vivement Monsieur DJANE-HAMED Mohamed pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté pour la réalisation de ce mémoire.*

*Mes remerciements vont enfin à toutes les autres personnes, qui ont participé, d'une façon ou d'une autre, à l'élaboration de ce travail.*



## ملخص

في الجنوب الغربي الجزائري، الفقارة تلعب دورا هاما في ميدان استغلال المياه الجوفية. وطريقة الري هذه، ساعدت الحضارات على التطور اجتماعيا وسياسيا لكن حاليا هذه الأخيرة مهددة بالاندثار و الزوال. إن تخطيط خريطة المياه الجوفية تبين لنا أن السبب الرئيسي لذلك يعود لآبار التنقيب المتوضعة بجوانب الفقارة.

الدراسة التحليلية لحبيبات الرمل تظهر لنا أن القصرية الكبيرة تلعب دور ترسب التربة الآتية من داخل الفقارة ثم إعادة توزيعها بشكل منتظم نحو القصريات المتعاقبة وذلك حفاظا عن التربة الفلاحية. أما الدراسة الهيدروكيميائية لمياه الفقارة صنفت بالمياه الثقيلة الصالحة للزراعة فقط.

---

## Résumé

Au sud Ouest Algérien, la foggara joue un rôle prépondérant dans le domaine de l'exploitation de l'eau souterraine. La pratique de l'irrigation a favorisé chez ces civilisations une évolution particulière, tant sur le plan social que politique. Actuellement cette dernière est en voie de disparition. L'établissement de la carte piézométrique a révélé que ce tarissement est dû aux forages implantés au voisinage de la foggara.

L'étude granulométrique montre que la « *Kasria principale* » joue un rôle de bassin de décantation pour les sédiments provenant de l'amont et un rôle de régulateur pour la redistribution en aval des sédiments.

L'étude hydrochimique met en évidence que les eaux de la région sont très dures.

---

## Abstract

In the south west Algerian, the foggara plays a major role in the field of the exploitation of the underground water. The practice of the irrigation encouraged at these civilizations a particular evolution, so much on the social plan that politics. Currently this last is in way of disappearance. The establishment of a piesometry

card revealed that this tarissement is provocated by the borings implanted à the ncarby of the foggara.

The size analysis shows that it « *principal Kasria* » plays a role of sedimentation basin for the come sediments of the uphill and a role of regulator for the downstream redistribution of the sediments.

The survey hydrochimique puts in evidence that the waters of the region are very hard.

# S O M M A I R E

Introduction générale	6
<b>Chapitre I : GENERALITE SUR LES FOGGARAS</b>	<b>7</b>
1 - Historique	8
2 - Description	9
3 - Réalisation	10
4 - le principe de fonctionnement	10
5 - Les facteurs influençant le fonctionnement des foggaras	12
<b>Chapitre II : PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE ET CLIMAT</b>	<b>13</b>
1 - Présentation du secteur	14
2 - Hydroclimatologie	16
3 - Analyse socio-économique	22
<b>Chapitre III : GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE</b>	<b>24</b>
1 - Géologie	25
2 - Hydrogéologie	33
<b>Chapitre IV : HYDRAULIQUE DE LA FOGGARA D'AMREIR</b>	<b>39</b>
1 - Inventaire	40
2 - Piézométrie	40
3 - Hydrométrie traditionnelle	42
4 - Technique de distribution de l'eau	55
5 - Le jaugeage de la foggara	57
6 - Sédimentologie	59

<b>Chapitre V : HYDROCHIMIE</b>	<b>62</b>
1 - Introduction	63
2 - Classification géochimique des eaux	63
3 - Indice d'échange de base	67
4 - Qualité chimique des eaux	67
5 - Qualité des eaux d'irrigation	68
6 - Conclusion	69
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	<b>70</b>
<b>REFERÉNCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>72</b>
<b>NOTATIONS</b>	<b>75</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>76</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>77</b>
<b>LISTE DES PHOTOS</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>79</b>

# Introduction générale

Les civilisations, partout où elles se trouvent dans le monde, possèdent des réalisations géniales adaptées aux conditions climatiques que leur impose la nature.

Les espaces occupés par la population en bordure du Sahara ont été à l'origine des installations de systèmes de galeries souterraines qui drainent l'eau de la nappe au moyen d'une pente régulière inférieure à la pente générale du sol, connues sous le nom de **Foggaras** en Algérie, *Khettara* au Maroc et *kariz ou kanat* en Iran.

Les terrains affleurant, constituent l'immense réservoir aquifère Albien du Sahara septentrional formé de grès perméable du continental intercalaire.

La région du Touat et du Gourara constitue, comme en témoigne un chapelet de sebkha qui s'étend du Nord au Sud, un exutoire naturel de la nappe à faible profondeur.

D'ailleurs, ces conditions hydrogéologiques favorables alliées à de faibles pentes du terrain, ont permis aux foggaras de se généraliser.

La construction d'une foggara est une œuvre collective ; la mise en place de ce système de distribution a conduit les populations locales à développer à travers les siècles, un système juridique, organisationnel et technique très élaboré de gestion des eaux et des ouvrages.

Le système de gestion a été fortement influencé par les fractions sociales, culturelles et géographiques de la région. Chaque individu devient propriétaire d'une part d'eau, soit aux frais financiers qu'occasionne cette construction, soit en participant à la construction ou l'extension d'une foggara.

Les travaux concernant les régions du Gourara et Touat sont très nombreux, tant sur le plan géologique et hydrogéologiques que sur le plan de la recherche pétrolière.

Les foggaras ont donné une physionomie particulière à la vie économique des palmeraies, c'est un moyen d'irrigation difficile et coûteux.

L'économie du Touat et Gourara repose essentiellement sur l'agriculture et celle-ci, évidemment, se trouve conditionnée par l'eau.

La région subit une urbanisation rapide qui va se manifester tôt ou tard par une dégradation de ces eaux.

Notre travail consiste à analyser et étudier les différents concepts scientifiques et techniques du captage et de la gestion des ressources en eau souterraine, mettre au point les méthodes et moyens de leur perfectionnement, sauvegarder et préserver l'héritage traditionnel qui sont les Foggaras ainsi que le tissu social et économique de la région.

Ces concepts et procédés se sont développés sur une période très longue au fil des siècles, ce qui a permis à l'homme de vivre dans ces régions hostiles en développant et en améliorant ces techniques traditionnelles de captage et de gestion.

# Chapitre I

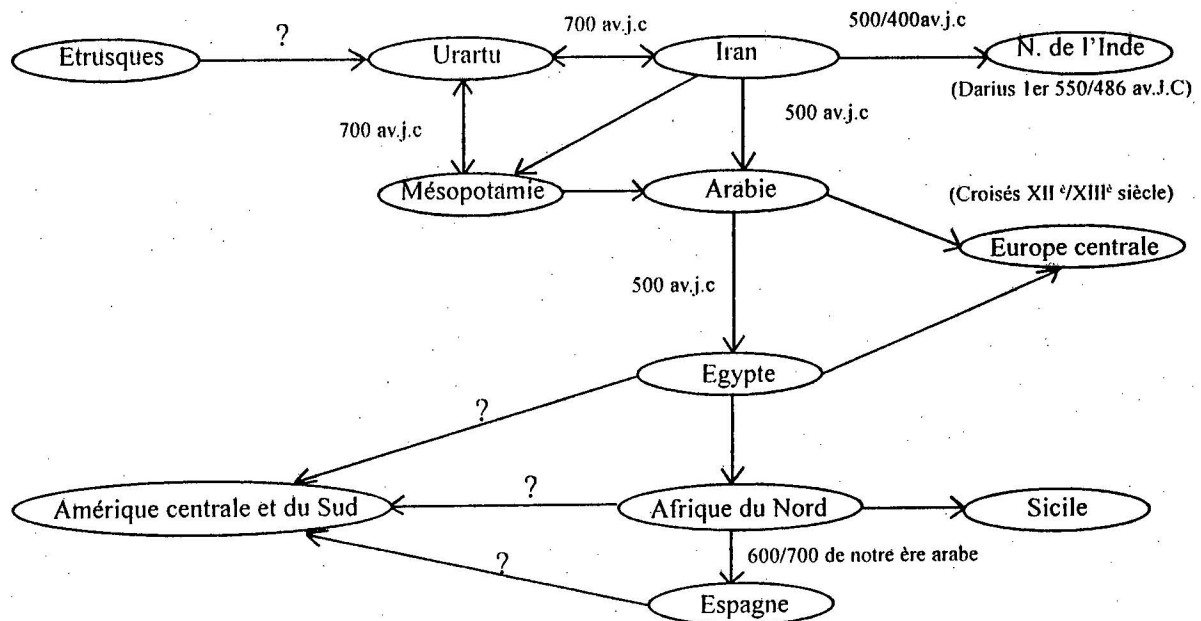
## GENERALITES SUR LES FOGGARAS



## 1 - Historique

Il est difficile de situer avec précision un point de départ dans le temps, on sait que l'homme depuis son existence, a été lié à la terre et plus précisément à l'eau. Dans le Sahara, l'eau est très rare et l'évapotranspiration importante a mené l'homme à chercher l'eau dans les profondeurs du sol. La population des zones arides a établi des règles de gestion de l'eau d'autant plus stricte et précise que celle-ci était rare et précieuse. Les moyens techniques mis en œuvre pour l'exhaure et la distribution, les règles de partages de l'eau, les aspects juridiques sont révélateurs de la place centrale que joue l'eau, ressource vitale, dans ces sociétés mais aussi dans leur capacité d'adaptation à des situations très variées : oasis de dépression, de montagnes, fluviales ou artificielles donc l'eau a diverses origines. Dans le sud ouest Algérien, l'eau est exploitée par un système de conduites souterraines appelées **Foggara** qui acheminent l'eau vers les palmeraies.

Au fil de l'histoire, l'usage des foggaras, d'abord connu dans les royaumes d'Urartu (Turquie) et en Perse, s'est répandu vers l'est jusqu'en Inde, vers le sud jusqu'en Arabie, l'Egypte et l'Afrique du Nord, vers l'ouest jusqu'en Espagne, et enfin dans le Nouveau Monde (Fig 1).



**Fig. 1 : Diffusion des foggaras depuis les montagnes Irano-Arméniennes jusqu'à la Méditerranée et le Moyen-Orient (GUNTHER et GARBRECHT 1983)**

Le premier document témoignant l'existence et l'emploi des foggaras est celui du roi d'Assyrie Sargon II (721-705 av.J.C.) qui a envahit Urartu.

Dans ce document ressort un récit de la victoire à savoir :

<< *Ursa, leur roi et seigneur....révéla les points d'eau. Il creusa une conduite principale qui acheminait l'écoulement des eaux...Il fit dériver d'innombrables rigoles....et en arrosa les champs..>>*

Par contre celle d'Amreir est la plus grande foggara de la région de Timimoun, elle a été forée à une époque qu'on ne peut plus préciser, elle aurait été développée par le marabout Sidi-Othmane et son fils qui vivait au 9ème siècle de l'hégire, il y a 450 ans. Cette foggara a subi un développement pendant l'époque coloniale qui fait passer son débit de 900 L/mn à 1200 L/mn en 1900 puis à 2173 L/mn jusqu'à 2376 L/mn en 1962. Actuellement la foggara compte une longueur de 9 Km et de 380 puits, elle fournit un débit de 1380 L/mn pour une superficie à irriguer de 590 ha, le nombre d'actionnaires est de 600 fellahs.

## 2 - Description

La foggara tire son nom du mot arabe «*fakara*» qui veut dire : creuser. D'autres estiment que ce mot provient du mot arabe «*el fokr*» la pauvreté, c'est à dire celui qui creuse une foggara, se trouve dans l'obligation d'y investir tellement qu'il finit par tomber dans le besoin avant d'en bénéficier, mais certains pensent que le nom de foggara est relatif à «*fakra*» qui veut dire : Vertèbre en arabe (*fig. 2*). La foggara est en fait un conduit souterrain très légèrement incliné qui amène l'eau à la surface sous l'effet de la gravité, de la zone aquifère située sous les reliefs en amont vers les terrains les plus secs situés en aval, en direction de la palmeraie. Elle se compose d'une galerie drainante de section variable en général de 50 à 80 cm de large et de 90 à 150 cm de hauteur, et d'une succession de puits espacés de 3 à 12 m. Les puits n'ont aucune fonction hydraulique, ils permettent de creuser la foggara et de l'entretenir ultérieurement, la longueur de la galerie peut varier de 1 à 70 km et son débit de 1l/s à 500l/s. Une foggara peut atteindre cinq cents à six cents puits environ, les puits profonds de trois à quatre mètres au départ du village, atteignent trente à trente cinq mètres sur les hauteurs de certaines foggaras. Toutes les foggaras vont à peu près dans une même direction, elles gardent une distance parallèle, cela est fait, selon les règles, pour éviter tout drainage exagéré au détriment des foggaras plus anciennes et voisines, on peut ajouter une branche à une foggara (*fig. 2*) ce bras qui quitte la partie mère dans un sens de 45° environ par rapport à celle-ci, s'appelle «*kraa*» jambe. La distance respectée entre deux foggaras ne doit pas être inférieure à 200 m environ. Ainsi, il n'y a aucune règle qui exige une norme sur la profondeur autorisée. L'intervalle qui sépare deux puits s'appelle «*Nfad*» ce nom provient du mot arabe «*Nafada*» qui veut dire communiquer en joignant deux puits sous la terre, ce passage souterrain, qui joint les puits entre eux, suit à peu près le niveau de la nappe superficielle.

*Dans une foggara on distingue deux parties:*

Une partie drainante là où l'alimentation en eau s'effectue.

Une partie non drainante dont le rôle est d'acheminer l'eau vers la palmeraie

Cette partie se trouve au-dessus du niveau piézométrique, elle entraîne des pertes d'eau par infiltration.

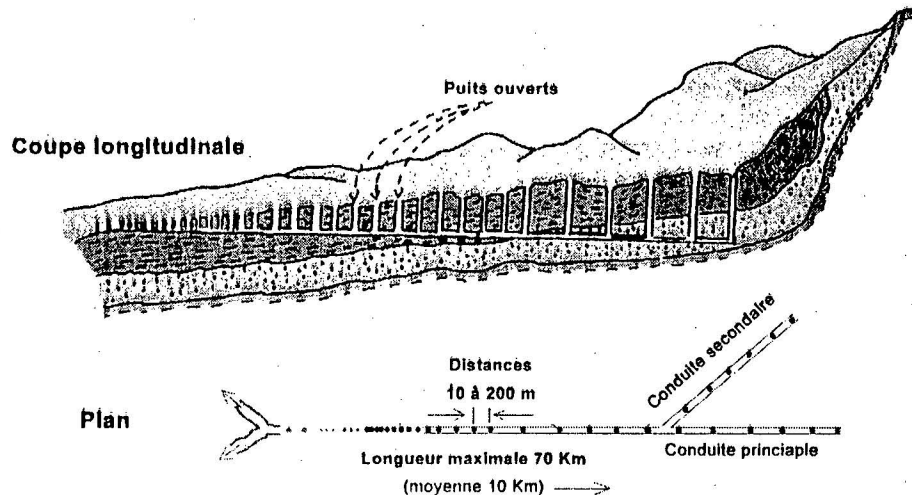


Fig. 2 : Coupe schématique d'une foggara  
(GUNTHER et GARBRECHT 1983)

### 3 - Réalisation

Au début de la construction, la foggara prend son premier passage à ciel ouvert d'un niveau convenable à la surface à irriguer. Cette partie (ou canal) se trouve entre le premier puits de la foggara dans le village et la *Kasria principale*. Ce canal peut être couvert par des pierres plates ou laissé à l'air libre dans les lieux où il n'y a pas de risque d'ensablement ou d'endommagement. Aussitôt que la profondeur commence à prendre de l'importance, la canalisation devient souterraine en joignant les puits. Le passage du début ainsi que les premiers puits ne produisent pratiquement rien, le drainage prend de l'importance au fur et à mesure que la foggara pénètre la surface de la nappe d'eau souterraine. Au début du creusement, le canal ne dépasse guère, à l'intérieur, un mètre de haut et 0.50 m de large mais petit à petit, le canal ou la galerie finit par avoir une hauteur de la taille d'un homme.

### 4 - Le principe de fonctionnement

Le principe est simple si la topographie de la région présente un relief provoquant une inflexion du profil piézométrique des nappes libres, des aquifères locaux qui ne trouvent d'exutoires que dans les zones dépressionnaires (fig 3).

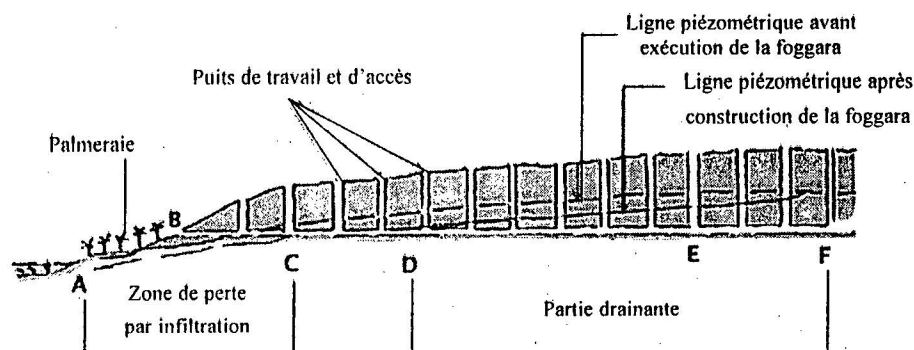
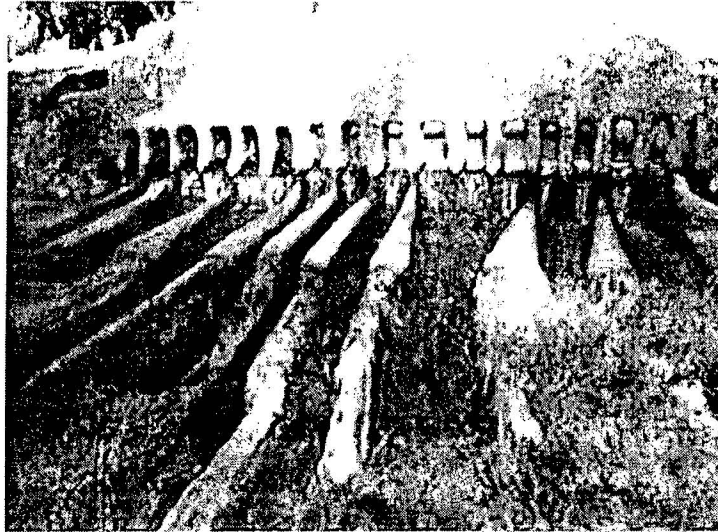


Fig 3 : Schéma de fonctionnement d'une foggara  
(ABDERRAHMANE S. 1980)



La création d'une foggara n'est possible que lorsque le toit de la nappe se situe à une côte supérieure aux zones à alimenter. La partie en amont de la foggara pénètre sous la surface de la nappe, par contre la partie en aval achemine l'eau vers les palmeraies. A la sortie de la foggara, l'eau est canalisée jusqu'à un partiteur en forme de peigne (*photo 1*) construit en pierres et en argile, dont le rôle est de la répartir selon des proportions données, l'eau est divisée et canalisée par une série de canaux en argiles vers les terrains à irriguer.



*Photo 1 : Peigne ou partiteur*

A différents niveaux de la palmeraie, l'eau est à nouveau divisée par d'autres peignes et conduite vers les parcelles par des canaux plus petits (*photo 2*), les canaux parcourent ainsi un réseau de distribution très dense dont les ramifications se terminent dans un bassin de collecte appelé le *madjen* (*Photo 3*).

Le bassin de récupération est utilisé pour régulariser l'eau qui arrive en minces filets liquides et qui est distribuée en quantité suffisante pour l'irrigation.



*Photo 2 : Canaux ou souaguis*

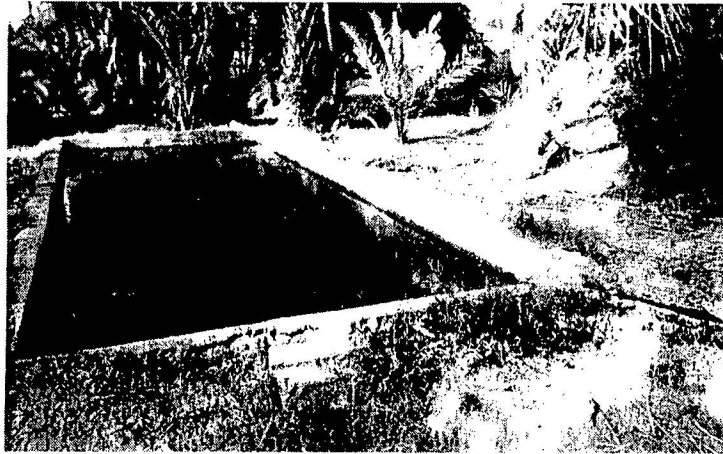


Photo 3 : Le madjen

## 5 -Les facteurs influençant le fonctionnement des foggaras

### a) Pente

La pente de la foggara est estimée entre 0.5% et 0.6% cette pente est insuffisante pour assurer une circulation des eaux assez rapide, entraînant les matériaux étrangers et évitant l'ensablement

### b) Rabattement

Le rabattement est la différence de côte entre l'eau dans la foggara et la surface de la nappe superficielle. La figure 3 montre qu'il varie en chaque point de la foggara : Au point C, il est nul, entre C et B c'est la foggara qui alimente la nappe par perte d'infiltration, de C à F il croit. Ce rabattement est provoqué par le drainage opéré par la galerie et le point D qui aura tendance à se déplacer vers l'amont, lorsque le débit drainé est égal au débit affluent, il s'établit un régime constant et le point D se stabilise à une position donnée.

Le déplacement de ce point vers l'amont provoque un allongement de la zone des pertes par infiltration appelée «tête morte» qui contribue à une baisse de débit.

### c) Position du point D

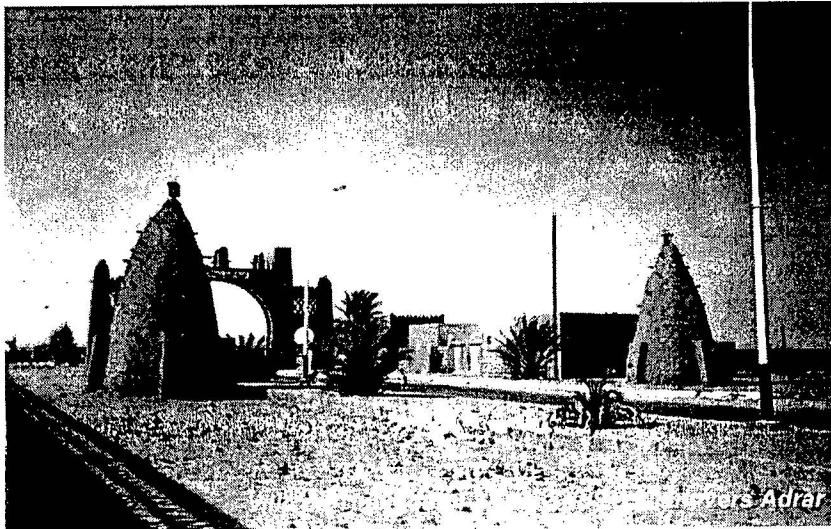
Il est nécessaire de connaître, pour chaque foggara, la position de ce point où la galerie coupe la surface de la nappe, en effet dans la partie avale de la foggara le débit diminue au fur et à mesure qu'il arrive à la sortie vers la palmeraie donc il faudrait l'imperméabiliser si l'on voulait l'aménager rationnellement.

### d) Débit

Lors d'enquête récente, Les pertes d'eau par infiltration dans la partie avale ont été estimées de 10% à 20% du débit total drainé. Une augmentation du débit de la foggara passe nécessairement par un prolongement de la galerie, mais les travaux sont devenus de plus en plus difficiles et problématiques. Du fait de la pente du sol, les puits augmentent en profondeur et rendent les creusements difficiles à réaliser avec les moyens manuels. A titre d'exemple, il faut creuser des puits de 40 m de profondeur pour allonger de 10 m les foggaras de la zone de Timimoun. Le creusement des foggaras et leur développement dans la région de Touat et Gourara n'était possible que grâce aux conditions hydrogéologiques et topographiques favorables.

# Chapitre II

## PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE ET CLIMAT



## 1 - Présentation du secteur

### a) Situation géographique

La région d'étude se situe au sud ouest Algérien entre la latitude  $28^{\circ}$  N et la longitude  $0^{\circ}14'$  W, s'étend sur une superficie  $14000 \text{ km}^2$  environ (fig. 4). La commune de Timimoun dépend administrativement de la wilaya d'Adrar. elle est limitée:

- au Nord — par le Grand Erg Occidental
- au Sud — par le plateau de Tademaït
- à l'Est — par la plaine de M'guiden
- à l'Ouest — par l'Erg Er Raoui.



### b) Morphologie

La morphologie de la région est constituée par des plateaux de grès et de terrasses, les zones les plus basses sont occupées par les sebkhas, par contre au Nord et à l'Est de larges surfaces sont couvertes de dunes (Erg).

#### ■ Les plateaux

Ils couvrent de très vastes surfaces où l'action de l'érosion éolienne est très intense, la géologie de ces plateaux est constituée par le continental intercalaire.

#### ■ Les terrasses

##### - Les terrasses d'érosion

Elles se sont constituées au cours du Quaternaire ancien et moyen. Leur importance varie selon la nature des roches et l'intensité des agents d'érosion. Le secteur étudié est caractérisé par une terrasse d'épaisseur variable : moyenne à l'Est de Timimoun, inexistante au Nord et au Nord Est.

##### - Les terrasses d'apport éolien

Elles se sont formées durant le Quaternaire récent et la période actuelle, elles sont dues à la rupture de pente entre la terrasse d'érosion et la sebkha. Elles correspondent aux implantations de la plupart des palmeraies.

##### - Les sebkhas

Elles représentent les points les plus bas de ces régions, ce sont généralement d'anciens lits d'oueds très larges. La sebkha de Timimoun étant la plus importante (50 km de longueur et 10 km de large). Elles sont formées de dépôts d'argile et gypso-salin.

##### - Les dunes

Ce sont des unités géomorphologiques assez importantes qui se distinguent d'une façon étonnante. Au Nord et à l'Ouest de larges surfaces couvertes de dunes qui constituent les Grands Ergs (Erg occidental et Erg oriental).

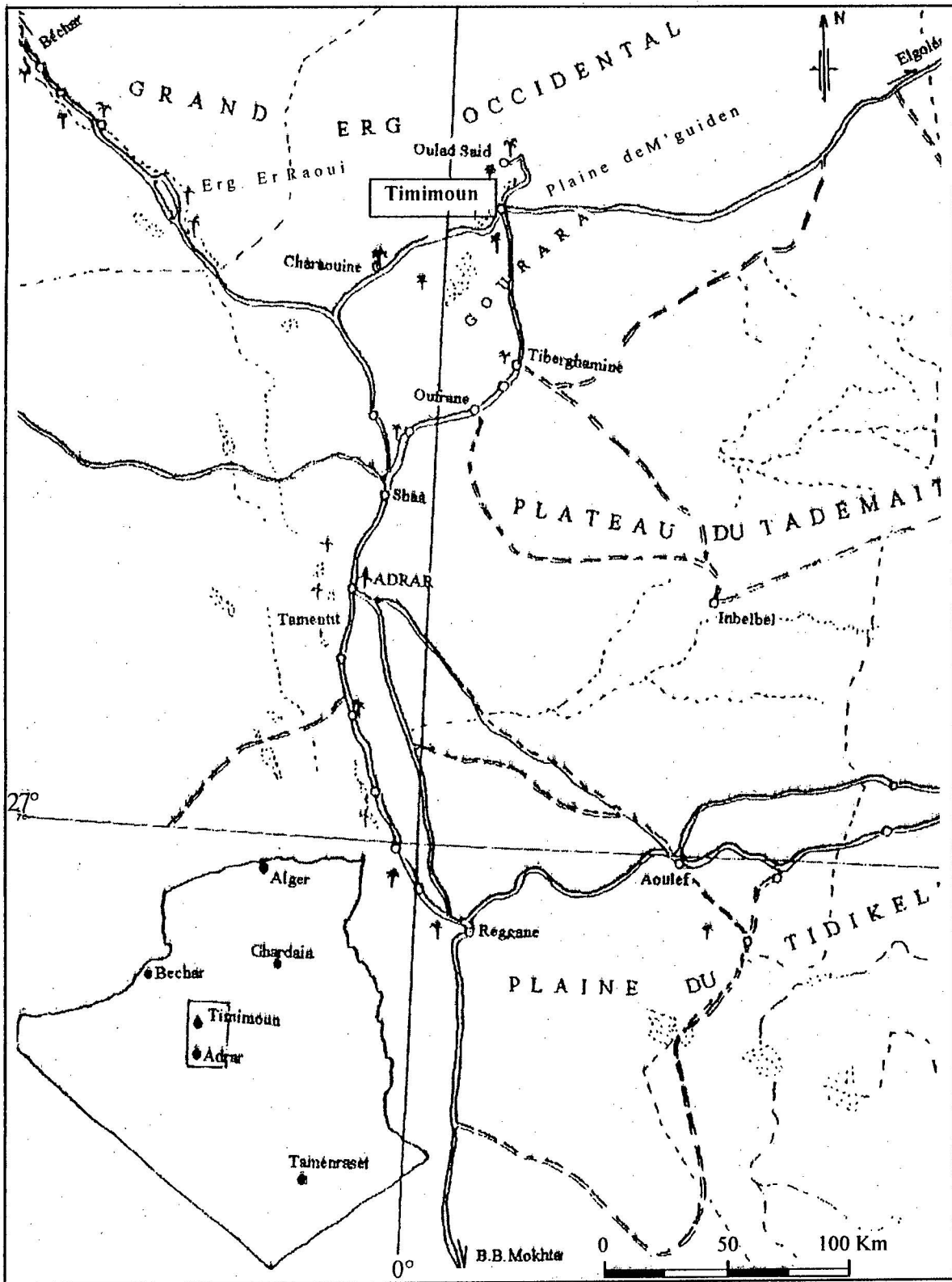


Fig.4 : Situation géographique de la zone d'étude  
(extrait de la carte touristique d'Algérie)

 Secteur d'étude

## 2 - Hydroclimatologie

### a) - Introduction

Toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation de séries de données recueillies pendant les périodes les plus longues et les plus complètes possibles. Nous avons analysé les principaux paramètres telles que: (Evaporation, pluviométrie, Température, vitesse du Vent) pour notre étude hydroclimatologique.

Ces séries de données ont été fournies par l'O.N.M (Office National de Météorologie) de Dar el Beidha. Le bassin versant d'Adrar (Tidikelt, Gourara, Touat) a une superficie de 48160 km<sup>2</sup> et un périmètre de 1147 km (Fig:5). Ce bassin est équipé de deux stations hydroclimatologiques: la station d'Adrar et celle de Timimoun : La période d'observation que nous avons retenue s'étend de 1988 à 1997.

Tableau 1: Les coordonnées des deux stations pluviométriques (données ONM Dar El Beida)

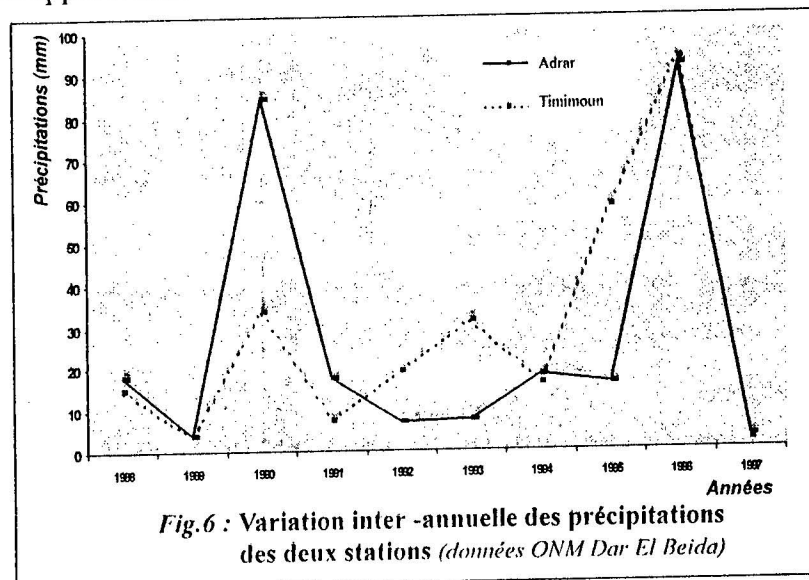
Station	Longitude (w)	Latitude (N)	Altitude (m)	Indicatif
Adrar	00° 11'	27° 49'	263,90	60620
Timimoun	00° 17'	29° 15'	321,00	60607

### b) - Etude de la pluviométrie annuelle

#### ■ Précipitations moyennes annuelles

Les moyennes annuelles nous montrent que la pluviométrie est très faible, elle a une variation inter annuelle irrégulière (coefficient de variation :  $C_v$  supérieur à 50 % pour les deux stations). D'une manière générale, les précipitations sont très faibles avec une moyenne annuelle de 26.79 mm à la station d'Adrar et 28.16 mm à Timimoun.

Les précipitations maximales, durant l'année 1996, enregistrées à la station d'Adrar sont de 91.8 mm et de 93.3 mm à la station de Timimoun. La figure 6 rend compte de l'évolution de la pluviométrie annuelle, sur une période de dix ans. On remarque une grande irrégularité des apports annuels entre les années 1989 et 1991 et la période 1992 à 1995.



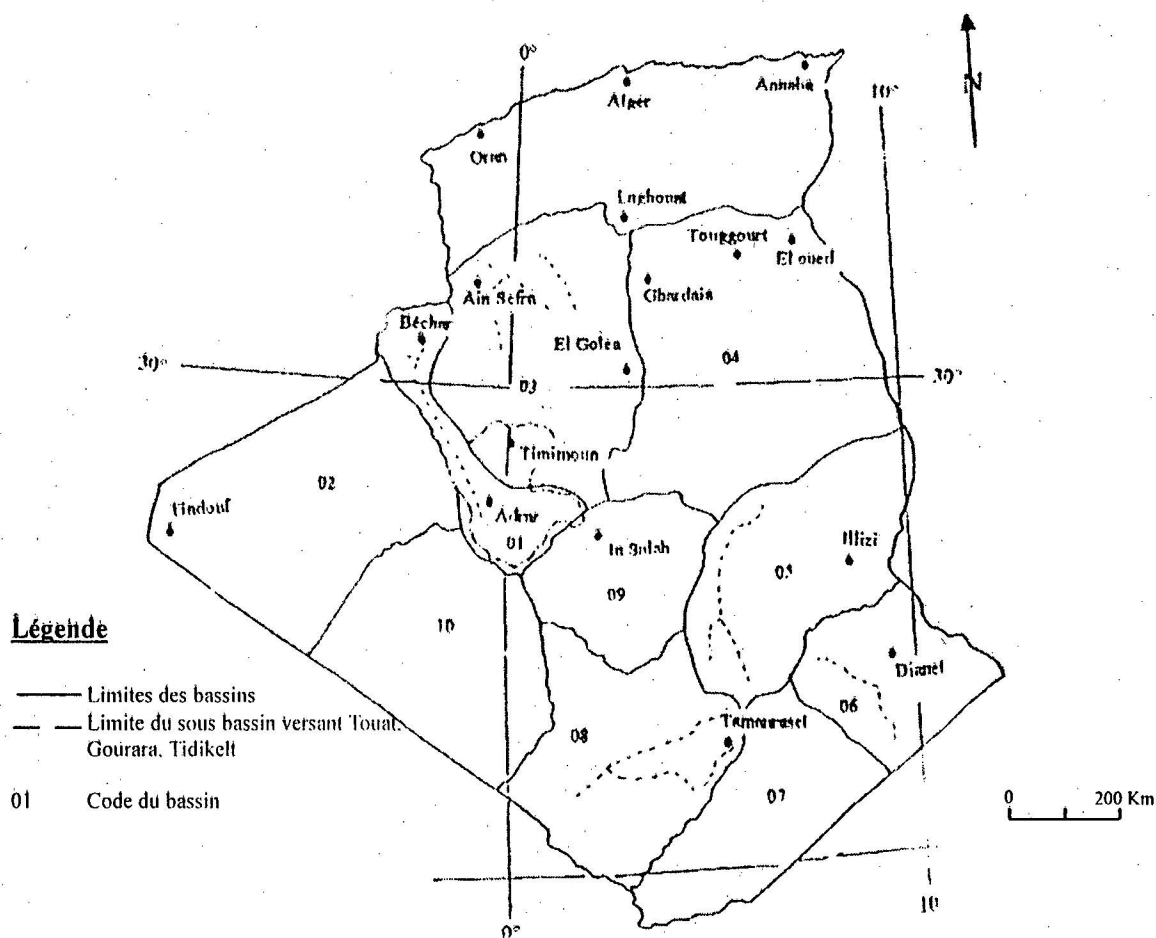


Fig. 5: Carte des sous bassins versants du Sahara  
(MESRATI et OKACI 1996)

■ Pluies exceptionnelles observées

- Station de Timimoun

Les plus fortes précipitations journalières enregistrées à la station de Timimoun sont celles du mois de novembre 1996, estimées à 88.8mm et dépassant largement la moyenne annuelle des précipitations.

- Station d'Adrar

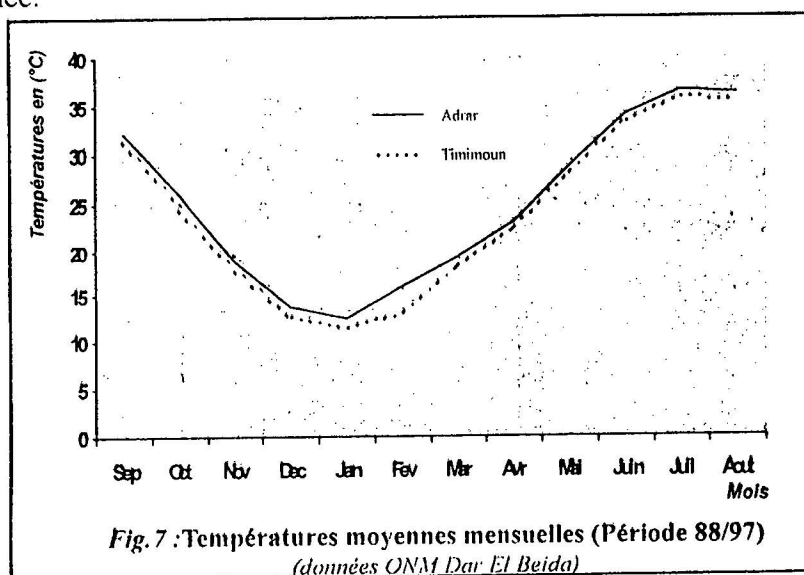
Les pluies torrentielles ont été enregistrées dans la région d'Adrar durant la journée du 11 octobre 1996 estimées à 86.8 mm. Ces pluies ont dépassé la moyenne annuelle des précipitations durant la période 88 à 97.

### C) - Températures

La température est un facteur important conditionnant l'hydroclimatologie d'une région, pour notre étude. Nous avons pu disposer des données moyennes mensuelles de la station d'Adrar et de Timimoun. On constate, dans tous les cas, que le mois de juillet est le plus chaud de l'année, le mois de janvier étant le plus froid. L'écart entre le mois le plus chaud et le plus froid est de même ordre de grandeur soit:

23.98°C à Adrar et 24.44°C à Timimoun

La figure 7 représente la distribution des températures moyennes mensuelles en fonction du temps, nous remarquons que les températures croissent de janvier en juillet et décroissent le reste de l'année.



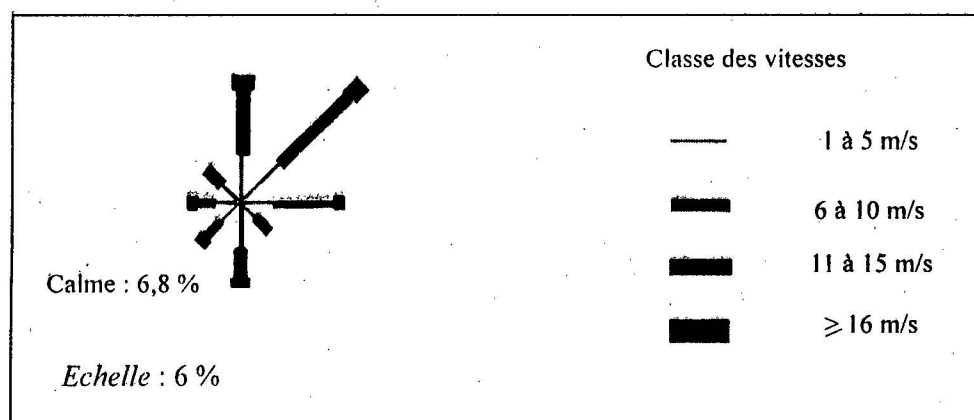
### d) - Vents

A la station d'Adrar les vents de direction nord est et nord sont prédominants sauf en juillet et août, où ils sont de direction est et nord est, avec une fréquence de 25% pour le secteur nord, et de 16 % pour le secteur est (fig. 8). Les vitesses dépassant les 5m/s sont fréquentes (50%) tandis que les vents dont la vitesse est comprise entre 1 et 5m/s sont moins fréquents (37%). On admet, en général, que les vents dont la vitesse est supérieure à 5m/s peuvent engendrer les grains de sable. Le vent de sable a une fréquence de 50% avec un maximum de fréquence pour la période de mai en septembre.

Tableau 2 : Vents moyens mensuels en m/s à la station d'Adrar (données ONM Dar El Beida)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
Vitesse du vent en m/s	6.17	5.78	5.73	5.96	6.24	6.16	6.81	6.47	6.48	6.35	6.93	6.73





Extrait du recueil des données climatiques d'Adrar (1975/1984)

Fig.8 : Répartition par classe et par direction des vents annuels

### e) L'évaporation

Les seules mesures en notre possession sont des relevés d'évaporation mesurée à la station d'Adrar, concernant la période (1988 – 1997) tableau 3 ci-après. Le maximum d'évaporation a lieu au mois de juillet et le minimum au mois de janvier, le total annuel est de 4902.90 mm soit 4.90 mètres.

Tableau 3 : Evaporation mensuelle en mm à la station d'Adrar, période (1988–1997) (données ONM Dar El Beida)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Total
Evaporation	537,3	369,1	244,4	104,4	100,6	248,2	353,8	408	555	592,9	723,8	665,4	4902,9

Les particularités de la zone étudiée ; à savoir l'extrême faiblesse de l'apport pluvial, et les températures très élevées, nous obligent à faire une petite étude comparative entre l'évaporation mensuelle et les moyennes mensuelles des précipitations en mm, soit le tableau 4 suivant:

Tableau 4 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) à la station d'Adrar période (88/97)

(données ONM Dar El Beida)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Année
Précipitation	1,27	7,97	2,56	4,31	1,52	1,34	1,39	7,09	0,75	0,50	0,02	0,16	28,80

Nous remarquons, à partir de ces deux tableaux que l'évaporation mensuelle dépasse et de loin les précipitations moyennes mensuelles.

## f) - Régime climatique

## ■ Indice de DE MARTONNE

En se basant sur le régime des précipitations et des températures, DE MARTONNE a défini un indice d'Aridité A.

$$A = \frac{P}{T + 10} \text{ ou } \left\{ \begin{array}{l} P : \text{précipitations moyennes annuelles (mm)} \\ T : \text{températures moyennes annuelles (°C)} \end{array} \right.$$

Pour	$20 < A < 30$	climat tempéré
	$10 < A < 20$	climat semi-aride
	$7,5 < A < 10$	climat steppique
	$5 < A < 7,5$	climat désertique
	$A < 5$	climat hyper-aride

Pour les deux stations d'Adrar et Timimouni, nous trouvons les valeurs respectives de 0.58 et 0.61 dénotant un climat hyper aride (fig. 9-10)

A l'échelle mensuelle un indice moyen d'aridité a été défini

$$a = \frac{12 p}{t + 10} \text{ ou } \left\{ \begin{array}{l} p : \text{précipitations moyennes mensuelles (mm)} \\ t : \text{températures moyennes mensuelles (°C)} \end{array} \right.$$

Pour la station d'Adrar nous obtenons les valeurs suivantes :

Tableau 5 : Valeurs de l'indice d'aridité

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou
a	0,36	2,7	1,1	2,2	0,81	0,62	0,57	2,59	0,23	0,14	0,005	0,04

On remarque que toute l'année jouissait d'un climat hyper-aride.

## g) - Conclusion

L'ensemble des données climatiques permet d'attribuer que la région du Gourara a un climat hyper aride où la température moyenne annuelle est de 24.7°C pour Timimoun et Adrar. Les précipitations sont rares et généralement de faibles importances quantitatives et variables d'une année à l'autre pour l'ensemble du bassin versant. Les vents sont très désagréables, le nombre maximum des vents dominants sont ceux du nord, ils sont chargés de sable. L'évaporation dépasse largement les précipitations.

Abaque indice d'aridité

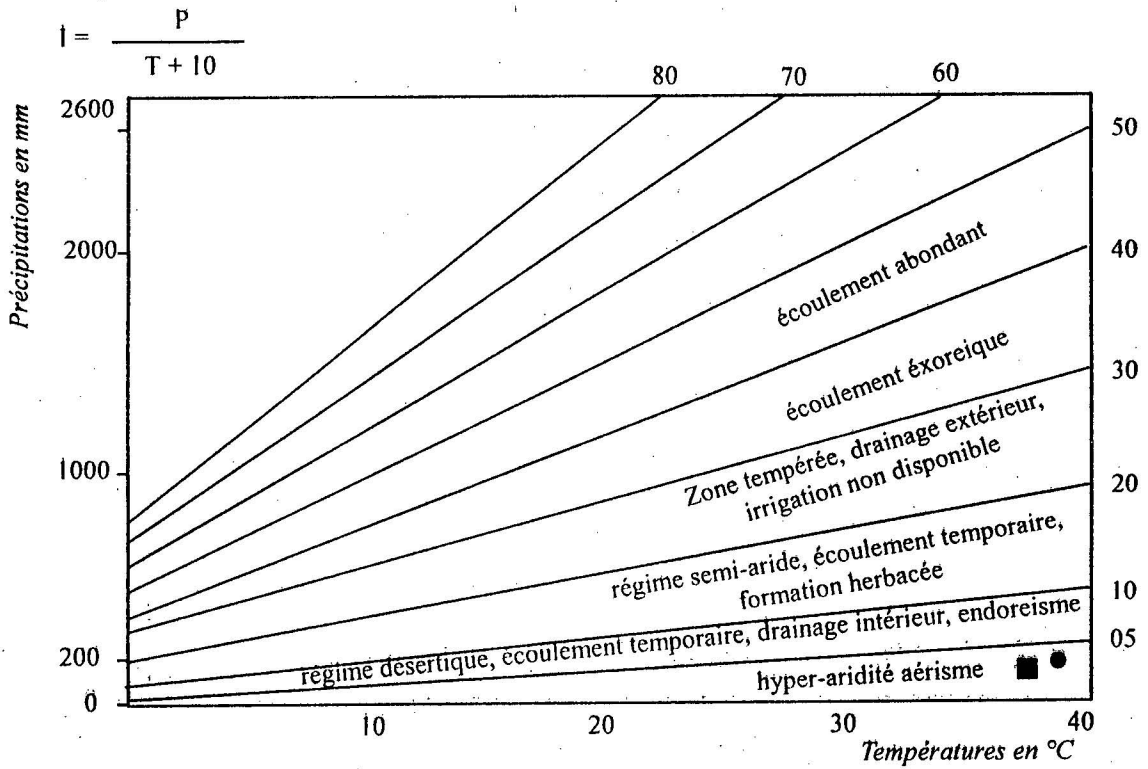


Fig. 9: Indices d'aridité des deux stations

(DE MARTONNE 1962)

Abaque indice d'aridité

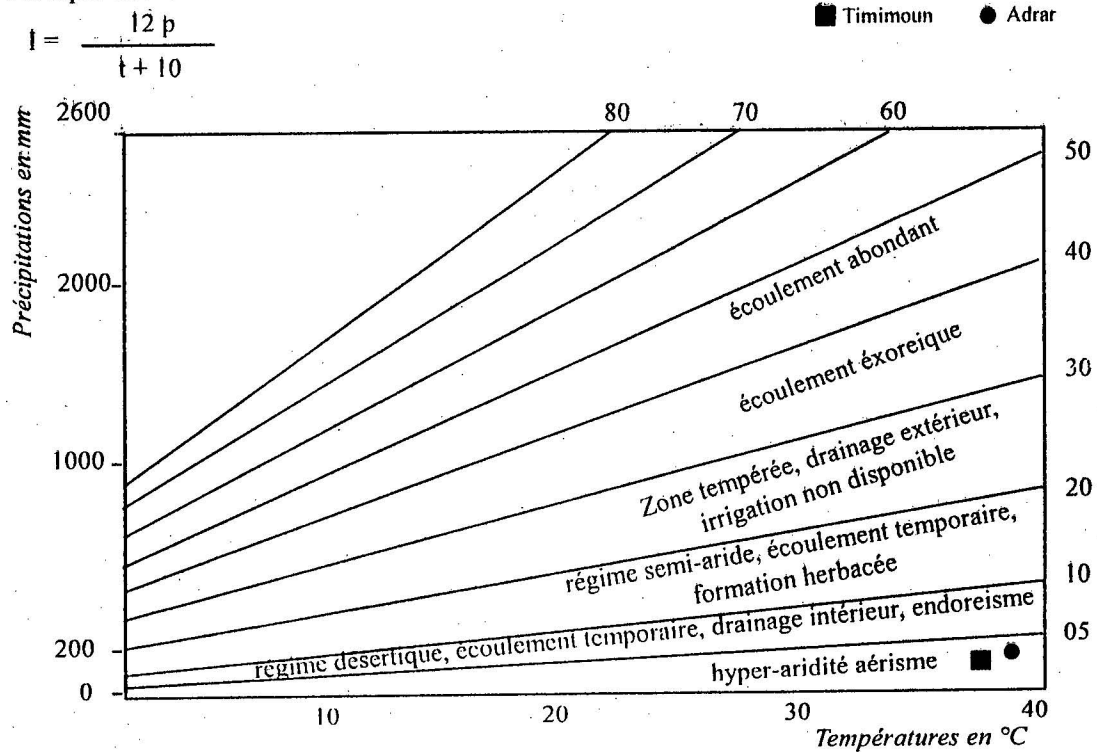


Fig. 10: Indice mensuel

(DE MARTONNE 1962)

### 3 - Analyse socio-économique

L'économie de la région repose essentiellement sur l'agriculture qui se trouve conditionnée par l'eau. Les débits prélevés des foggaras sont insuffisants et ne permettent pas une irrigation correcte et rationnelle de ces quelques hectares sur lesquels doivent vivre les 140.000 habitants. De plus, les frais élevés exigés pour l'entretien des foggaras grèvent fortement le prix du mètre cube d'eau, extrait par ce procédé. Dans l'état actuel, l'agriculture étant la base de toute l'économie de cette région, elle est menacée d'asphyxie si des remèdes et des solutions ne sont pas apportés rapidement. Pour redresser une telle situation, il conviendrait de satisfaire les besoins en eau nécessaires à une irrigation correcte tout en baissant le prix de revient de cette eau.

La caractéristique essentielle du Gourara est la présence d'une dépression sur une longueur ~ de 80 km d'une orientation sud ouest- nord est avec la présence d'une grande sebkha. L'activité dominante demeure l'agriculture avec la coexistence d'un système d'irrigation par foggara. Le poids de la ville de Timimoun par rapport aux autres Daïras est considérable. (Vieux chef lieu, commune, daïra).

L'activité industrielle et commerciale est localisée à Timimoun, le tourisme occupe une place privilégiée. Les principales activités économiques sont :

- L'agriculture.
- L'industrie et le commerce.
- Le tourisme.

#### a) - L'agriculture

L'agriculture, occupe une place centrale qui est caractérisée par :

-Une agriculture traditionnelle avec un système d'irrigation par foggara, appelée aussi agriculture *ksourienne*, c'est le domaine de la palmeraie, arbre adapté aux conditions climatiques du désert.

-Une récolte insuffisante de céréales (blé et orge).

-Des cultures diverses dont le rendement est faible. L'arboriculture est pratiquement inexistante, on trouve quelques arbres fruitiers dont le rendement est très faible (figuiers, grenadiers, abricotiers, pêchers, amandiers...).

Pour l'élevage, l'activité reste secondaire au regard de l'activité agricole, c'est une activité d'appoint des familles, elle est destinée à l'autoconsommation.

#### b) - L'industrie et le commerce

L'activité industrielle se résume actuellement, au bâtiment et travaux publics sauf pour quelques industries, comme la présence d'une carrière d'agrégat de graviers, en plus une centrale électrique à proximité de l'aéroport, elle emploie une vingtaine d'ouvriers.

Le commerce offre très peu d'emploi. (Parc, dépôt, fabrication de matériaux de construction.).

### c) - Le tourisme

Actuellement le tourisme, constitue de plus en plus une préoccupation dans toute réflexion sur la problématique du développement et particulièrement dans le Sahara en raison du manque de devise dû à la situation actuelle que traverse le pays.

La région de Gourara possède des atouts qui lui permettent d'utiliser sa richesse culturelle et historique pour tirer profit et améliorer la condition de vie de la population locale, car l'implantation d'un projet touristique n'exige pas des matières premières particulières et un personnel hautement qualifié pour son exploitation.

Si l'opération de développement du secteur touristique est lancée, la ville va avoir des retombées positives dans le secteur d'activité économique, car le projet de nature touristique permet de dynamiser les moyens de communication, l'artisanat, le commerce de détail, les institutions administratives et financières.

*La ville de Timimoun possède des atouts touristiques telles que :*

-L'architecture locale des vieux *ksour* de la région datant depuis des millénaires.

-Les traditions artisanales et les manifestations culturelles de la région où pratiquement chaque *ksar* a sa propre fête annuelle (*Ziara*).

Timimoun doit sa réputation touristique à son site bien particulier, en effet la proximité du Grand Erg Occidental, la palmeraie et le réseau d'irrigation sont ainsi à l'origine de l'attraction de nombreux visiteurs.

#### ■Aspect architectural

La ville de Timimoun présente deux sortes d'architectures:  
le *ksar* (architecture ancienne) et le *village colonial* (architecture nouvelle).

##### -Ksar

C'est une structure urbaine ancienne réalisée en harmonie avec le climat qui sévit dans les zones sahariennes, les premiers constructeurs des *ksours* ont pris en considération ce paramètre, dans le domaine de la conception architecturale de ces derniers, qui adaptées aux conditions climatiques du Sahara; leur permettaient de construire aisément des habitations très fraîches en été et assez chaudes en hiver.

Les *ksours* en tant que structure urbaine ancienne, contrôlaient les grandes routes d'échanges commerciaux entre les villes côtières du Maghreb et l'Afrique subsaharienne et occidentale. L'origine de l'importance socio-économique remontaient aux siècles passés. Il n'y a pas un seul *ksar* au sud du pays qui ne dispose pas d'une *zaouia*, lieu de repos des voyageurs et centre de rayonnement culturel et religieux.

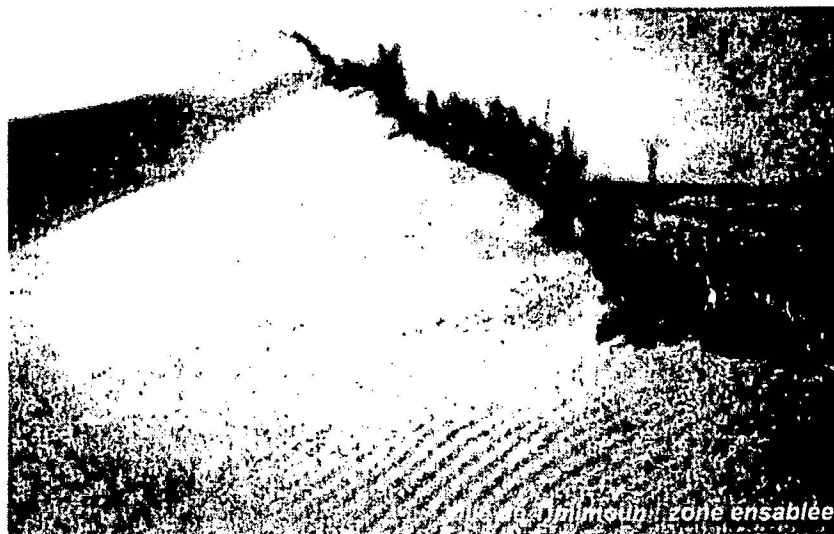
La *zaouia* a sa propre hiérarchie et fonctionne comme une école, car elle dispense un enseignement religieux important, c'est grâce aux *zaouias* que l'islam a pu s'étendre en Afrique subsaharienne et occidentale du fait du nombre d'élèves qui venaient apprendre l'islam comme le cas le plus répandu de la *Zaouia* d'ADRAR. Les *ksour* furent à l'origine de la construction de nombreuses villes dans le sud du pays.

##### -Le village colonial

L'architecture nouvelle ou village colonial, implanté face au *ksar*, il occupe les côtes les plus élevées et matérialise avec le *ksar* une ligne de démarcation. Cette limite abrite aussi des lieux que partageait le village avec le *ksar* tels que le marché et la mairie. Sa structure morphologique reflète la tradition des grands tracés des villes européennes du vingtième siècle.

# Chapitre III

## GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE



## 1 - Géologie

Le Sahara Algérien est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Occidental, Erg Oriental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme (Timimoun, El Oued, Ghardaïa, ...), le massif des Eglabs à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est, forment pratiquement la limite méridionale du Sahara algérien.

### a) - Cadre géologique général

L'histoire géologique de notre pays s'inscrit dans le processus de géodynamique globale de la tectonique des plaques qui a structuré l'Algérie en deux domaines (Fig. 11):

-Au Nord, l'Algérie alpine.

-Au Sud la plate forme saharienne, relativement stable où la tectonique est moins prononcée. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire structurée au paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. On distingue d'ouest en est

#### ■ Les Bassins de Tindouf et de Reggane

Ils sont situés sur les bordures nord et nord ouest du bouclier Reguibat. La couverture sédimentaire atteindrait 8000 m dans le bassin de Tindouf et 6500m dans celui de Reggane.

#### ■ Le bassin de Béchar

Il est limité au nord par le haut atlas, au sud et à l'ouest par la chaîne d'Ougarta, sa couverture sédimentaire atteindrait 8000 m.

#### ■ Le bassin d'Ahnet Timimoun

Il est limité au Nord par le haut fond d'oued Namous, à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta, au Sud par le bouclier Touareg et à l'Est par la dorsale d'Idjerane - M'zab. La couverture serait en moyenne de 4000 m.

#### ■ Les bassins de Mouydir et de l'Aguemour-Oued Mya

Ils sont limités à l'Ouest par la dorsale d'Idjerane M'Zab et à l'Est par la dorsale Amguid-El biod. Au Sud les sédiments paléozoïques affleurent dans le Mouydir. Au Nord, dans la dépression d'Aguemour Oud-Mya, comblée par une puissante série paléozoïque et Mésozoïque (5000 m à Oued Mya).

#### ■ La synclise d'Illizi-Ghadames

Elle est limitée à l'Ouest par la dorsale d'Amguid El-Biod et à l'Est par le môle de Tihemboka. Les épaisseurs des séries de la plate forme saharienne allant de 1000m à 8000m, leur nature, les déformations tectoniques et la subsidence, ont modelé la plate forme saharienne en un certain nombre de bassins répartis dans la province occidentale, la province orientale et la province triasique.

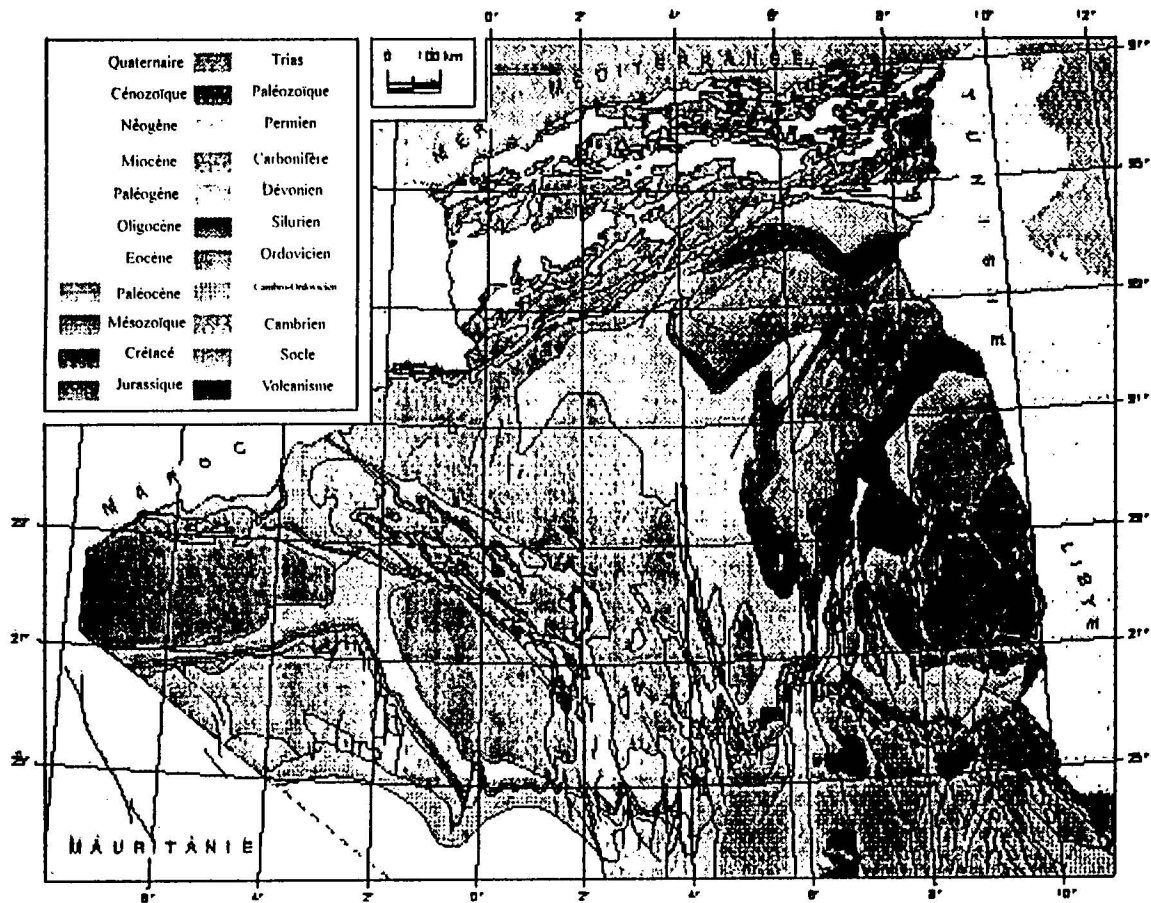


Fig.11: Carte géologique d'Algérie  
(WEC ALGERIE 1995)

#### - La province occidentale

Elle comprend les bassins de Béchar, Tindouf, Reggane, Ahnet, Mouydir, Timimoun. Ces dépressions ont un remplissage paléozoïque, cambrien à Namurien. Le Meso-Cénozoïque y est peu développé (fig. 12a)

#### - La province triasique

Elle est située dans la partie septentrionale de la plate forme saharienne, la province triasique est un anticlinorium de direction Est-Ouest ou les éléments majeurs suivants ont été individualisés :

- La voûte de Tilrhemt et le haut fond de Talemzane
- Le système structural de Djemaa-Touggourt.
- Le système de dislocation d'El Agreb-Messaoud
- Le môle de Dahar.

Ces éléments sont séparés par des dépressions (Oued Mya ) où l'on rencontre les séries types de la province triasique (Fig. 12b). Les dépôts paléozoïques sont souvent très érodés.



- La province orientale

Elle est appelée synclise Est- Algérie, elle se compose des bassins d' Illizi- Ghadamés séparés par le mole d' Ahara. La série sédimentaire type (Fig. 12c) discordante sur le précambrien, présente tous les termes du Cambrien à l'actuel.

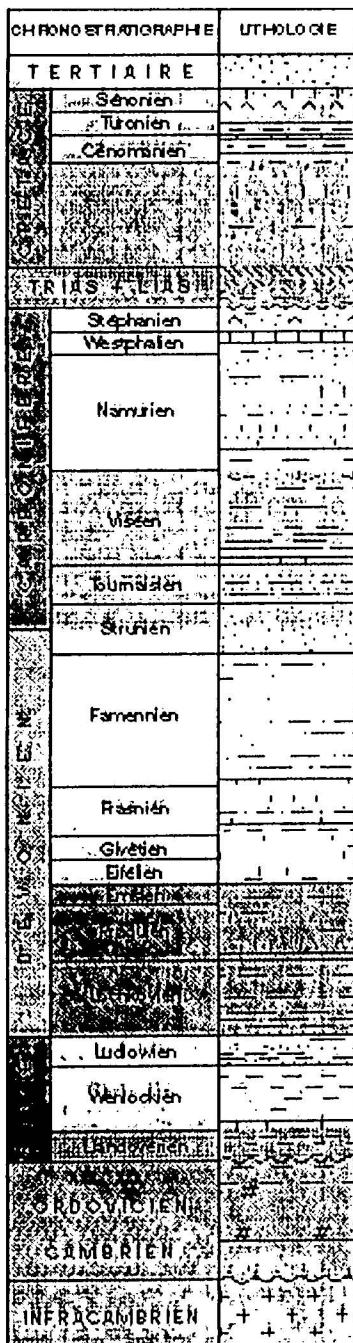


Fig.12a :  
Stratigraphie  
de la province occidentale

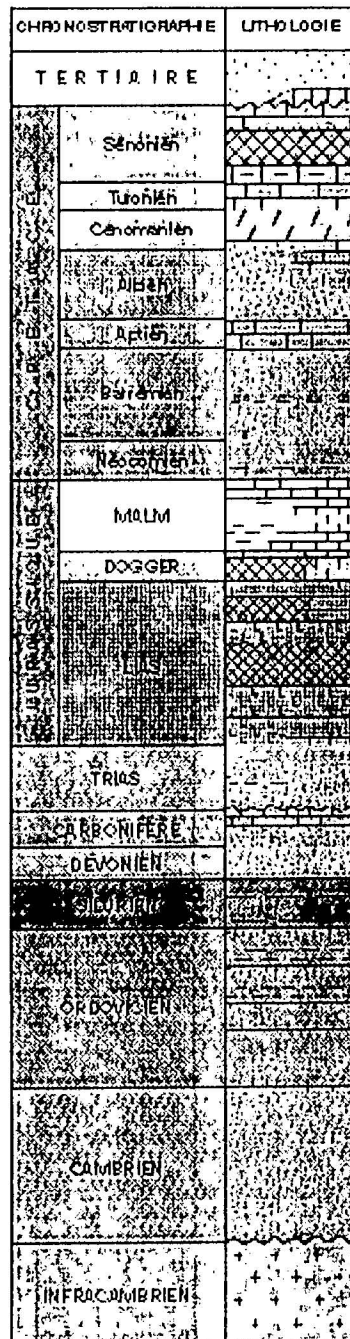


Fig.12b :  
Stratigraphie  
de la province triasique

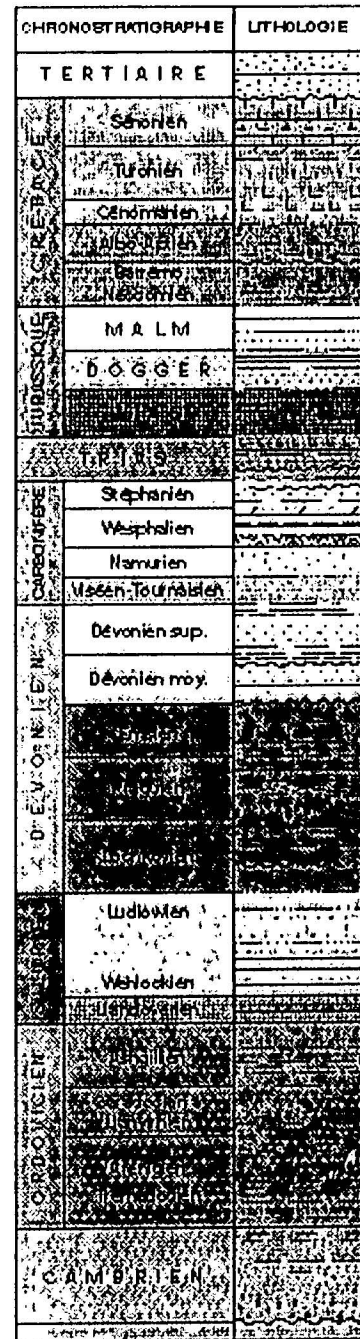


Fig.12c :  
Stratigraphie  
de la province orientale

(WEC ALGERIE 1995)

## b) - Cadre géologique local

Le secteur d'étude est situé entre la dépression du grand erg occidental, la voûte d'Azzen, le sillon de Sbaa et le mole d'Idjerane-M'zab, il se trouve sur le terrain de la plate forme épi - panafricaine, le sous-sol est constitué par des dépôts plissés du Protérozoïque supérieur. La couverture est formée de dépôts terrigènes, calcaires du Paléozoïque et de dépôts continentaux du Mésozoïque et du Cénozoïque. Les formations éoliennes, alluviales du Quaternaire et fluviales du continental intercalaire sont le plus largement développées (fig.13).

### ■ Protérozoïque (Précambrien)

Il est atteint uniquement de deux sondages implantés par la SONATRACH pour la recherche pétrolière dont le premier inscrit sous le N°: (LT-1) est situé sur le bord sud ouest du sillon de Sbaa, il s'agit d'éléments détritiques, le second (ODTH-1) situé au Nord est du bassin de Timimoun, il s'agit d'une roche volcanique de couleur verte. En ce qui concerne l'andésite mise en évidence dans le bassin de Timimoun, elle semble rappeler le volcanisme andésitique du Protérozoïque Terminal.

#### -Primaire

Les séries Paléozoïques dans le bassin de Timimoun sont présentes sans discontinuité importante du Cambrien au Carbonifère, elles sont par contre très souvent, tronquées, dans le sillon de Sbaa, par de fréquentes discordances.

Dans le secteur d'étude, on le rencontre au Nord ouest de la sebkha de Timimoun. Mais en grande partie, il est couvert par le Grand Erg Occidental, et il affleure surtout au sud Ouest de cette sebkha jusqu'au sud de Charaouine.

**Le CAMBRIEN :** Le Cambrien est atteint dans le sondage inscrit sous le N°:(MJB-1) situé dans le bassin de Timimoun. Il est composé de la base au sommet par :

-De grès quartzitiques blanc, fin à moyen mal classé, subarrondi avec de rares inclusions de gros grains de quartz et de grès rose à ciment argileux.

-De grès quartzitiques passant à une quartzite blanc, massif, dur avec de fines passées d'argile noire, silteuses à silts gréseuse micacées.

**L'ORDOVICIEN :** Il est présent sur toute l'étendue de la région, il débute à la base par un complexe argilo-gréseux épais, en moyenne d'une vingtaine de mètres, composé par de grès quartzitiques, gris à gris verdâtre. Au-dessus succède un ensemble constitué, essentiellement d'argile noire, indurée glauconieuse, micacées. Il est surmonté par des quartzites blancs à translucides au sein desquels s'intercalent des niveaux de grès gris clair, très fin quartzitiques.

L'Ordovicien est couronné, au sommet par la succession de trois formations. Ce sont de la base au sommet :

-Les grès d'Elgoléa. Grès gris fin à moyen.

-Les argiles d'Elgoléa. Argiles microconglomératiques.

-Les grès de Ramades. Grès quartzites gris clair à gris blanc.

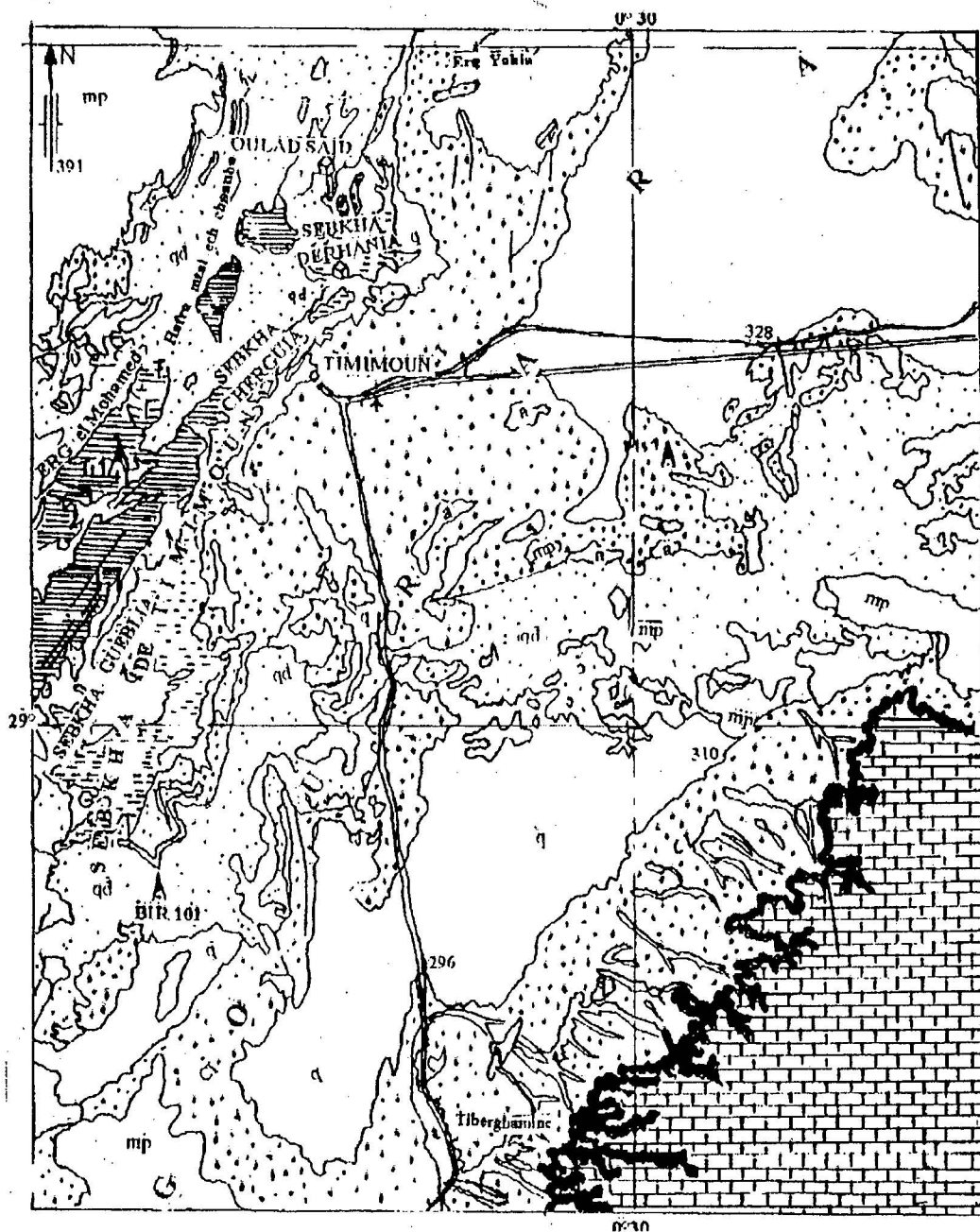










Fig13: Carte géologique du secteur  
(carte géologique de Timimoun)

**Légende :**

	Alluvions		Crétacé supérieur	
	Dunes		Albien	} Crétacé inférieur
	Quaternaire		Cénomanién inférieur	
	Miocène		Terrain Primaire	

**Le SILURIEN:** Il est présent sur toute l'étendue du secteur, la limite inférieure correspond au grès de Ramades (Ashghillien terminal), la limite supérieure est constituée par une formation argilo-gréseuse, datée du Lochkovien. Dans le bassin de Timimoun, les épaisseurs augmentent à peu près du Sud vers le Nord avec néanmoins un moindre écart.

**Le DEVONIEN:**

*Le Dévonien inférieur:* Ces dépôts, essentiellement argilo-gréseux, présentent des faciès très variés:

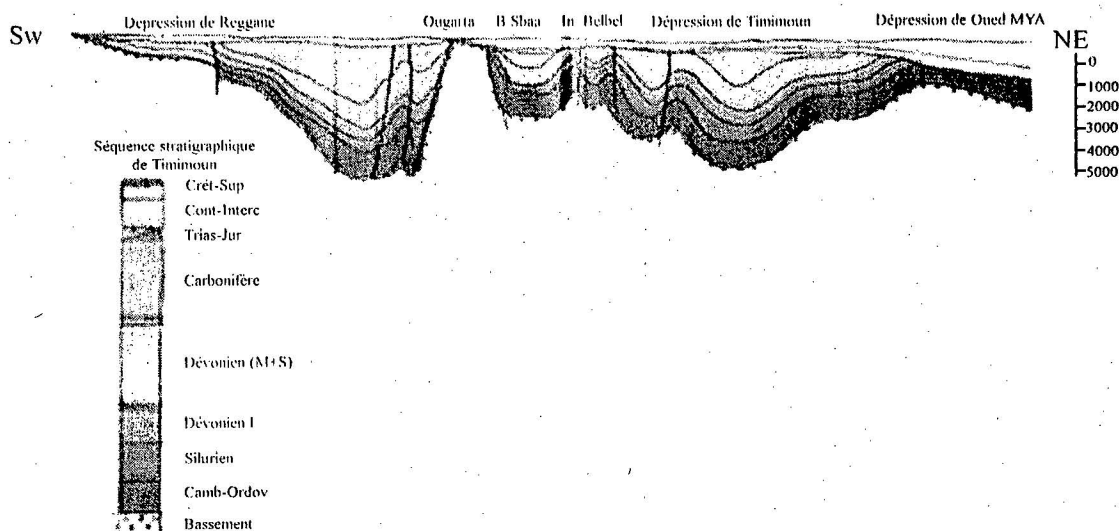
- Le Lochkovien est représenté par des sédiments argilo-gréseux d'une puissance de 200 à 300m

- Le Praguien, plus développé que le Lochkovien, est surtout gréseux, à variation tant latérale que verticale. Les plus fortes épaisseurs ont été enregistrées dans la région Nord de la dépression de Tindouf (340 – 400m)-

- L'Emsien, argilo-calcaire à gréseux, termine le Dévonien inférieur. Dans les régions occidentales, sa limite inférieure est à la base d'un banc calcaire appelé: «Muraille de Chine»

*Le Dévonien moyen et supérieur:* La coupe stratigraphique du Dévonien moyen et supérieur est caractérisée par des lacunes de sédimentation. Les dépôts ont été les plus touchés par l'érosion frasnienne ou faménnienne et pré-mésozoïque (fig.14).

Le Dévonien moyen, dont l'épaisseur varie de 100 à 250m, est moins développé que la série précédente, la coupe type du Dévonien moyen a été relevée dans les affleurements de l'Ougarta. Le Dévonien supérieur est d'extension identique au Dévonien moyen, sa puissance totale est de 1700 m sous un faciès argilo-gréseux.



**Fig.14: Coupe schématique du Sahara Nord central**  
(la Sonatrach 1991)

**Le CARBONIFERE :** Il est très répondu dans la région, Le Carbonifère est très épais dans le bassin de Timimoun sur plus de 1500 m dans sa partie centrale. Au Sud Ouest de la ville, affleurent les formations des grès supérieurs de Kahla, qui débutent à la base par un ensemble essentiellement gréseux, très souvent épais de plus de 30 m. Il est constitué par des grès gris clair, parfois gris-vert, quartzites.

*- Le Secondaire (Mésozoïque)*

Il couvre l'ensemble de la région, les séries mésozoïques se répandent sur une surface élaborée par l'érosion Hercynienne. Les premiers dépôts sont datés soit du Lias (partie orientale de Timimoun), soit du Jurassique moyen ou supérieur.

Le Mésozoïque est représenté par trois ensembles lithostratigraphiques distincts:

- Le Lias anhydritique
- Le Continental Intercalaire
- Le Crétacé supérieur marin.

**Le Lias:** il a une épaisseur très réduite moins de 15 m, il n'est mis en évidence que dans la partie Nord orientale du secteur. Il consiste en une anhydrite massive parfois argilo-dolomitique avec à la base une argile gypseuse et un banc de dolomie.

**Le Continental intercalaire:** Il surmonte le Lias ou repose en discordance angulaire sur le Paléozoïque, le Continental Intercalaire du bassin de Timimoun est assez uniforme, on distingue de bas en haut:

- Un premier niveau composé d'alternance d'argile brun rouge et de grès gris-vert à brun-rouge à ciment dolomitique, localement argilo-carbonaté, on y remarque parfois des traces d'anhydrites, de calcaire et de dolomies.
- Un deuxième niveau constitué de grès, de sables jaune fins, grossiers (graviers) avec de fines passées d'argiles rouges, sableuses parfois dolomitiques.
- Un troisième niveau formé de dépôts argilo-gréseux entrecoupé par des bancs très fins de dolomie et de calcaires dolomitiques.
- Un quatrième niveau constituant presque exclusivement en des bancs de calcaires et de dolomies.

Le Continental Intercalaire est en particulier le Crétacé inférieur, il est mieux connu dans la partie Nord occidentale de la région et ce grâce à sa localisation très proche du bassin de l'Oued Mya et du secteur d'Elgoléa.

**Crétacé supérieur:** *Il est représenté par trois étages :*

**-Cenomanien :** Il débute par des argiles versicolores, silteuses et carbonatées surmontées par une dalle calcaire dont la partie inférieure est essentiellement dolomitique.

**-Turonien :** Il est constitué par des calcaires parfois argileux au sein des quels il y a de nombreuses passées d'argiles et de marnes vertes avec des traces de gypses.

**-Sénonien :** Il est essentiellement argilo-gréseux.

### - Le Tertiaire (Cénozoïque)

Il est représenté par une série de dépôts détritiques, très différenciés et d'âge mio-pliocène. On retrouve les affleurements du Tertiaire à l'ouest de Ouled Said, au Sud Ouest de Tiberghamine et à l'Est d'Adrar jusqu'au Nord d'Ait Messaoud. Ces terrains sont toujours horizontaux, d'épaisseurs et de faciès très variés, ils reposent sur la surface érodée des grès du continental intercalaire, formée de calcaires gréseux, détritiques à bancs de conglomérats calcaire-gréseux, ce complexe a environ 30m de puissance.

### - Quaternaire

Ce sont les dunes des Grands Ergs (Erg Occidental et Erg Oriental) de petits ergs isolés, les dépôts gypso-salin des sebkhas, les sols quaternaires et actuels formés par des dépôts éoliens, éocolluviaux ou éoalluviaux. La subdivision stratigraphique du quaternaire a été adoptée selon G. Conrad (1969-1971) qui a désigné les étapes stratigraphiques suivantes: *le Villafranchien*, dont la partie inférieure renferme probablement aussi la plus haute partie du Pliocène, *le Pléistocène moyen*, *le Pléistocène supérieur* et l'Holocène.

Pendant tout le Quaternaire, l'action de l'érosion fut très importante et elle a modelé les grandes lignes du relief actuel. La nature pétrographique des formations du Crétacé est particulièrement vulnérable (Oued Messaoud, Sebkha de Timimoun). L'érosion a agi plus en étendue qu'en profondeur.

### c) - Aperçu tectonique de la plate forme saharienne

Du point de vue tectonique, le Sahara algérien est localisé au Nord-Ouest de la plaque Africaine. Dans laquelle, le socle cristallin est considérablement affaissé et recouvert d'une puissante couverture de sédiments paléozoïques et mésozoïques. Il est limité au sud par le bouclier Reguibat (massif Yetti-Eglab) et Touareg (massif du Hoggar), et au Nord par l'accident sud-atlasique. Celui-ci sépare une zone relativement stable, depuis la fin du paléozoïque (Plate forme saharienne) et une zone active durant le Méso-Cénozoïque résultant de la formation de chaîne plissée de l'Atlas Tellien et de l'Atlas saharien (*Fig. 14*). Ce sont des formations paléozoïques, transgressives et discordantes sur le socle Précambrien, qui constituent surtout l'épaisse couverture sédimentaire du Sahara algérien, alors que le Méso-Cénozoïque est considérablement moins développé sur ce territoire.

### d) - Conclusion

L'étude géologique a consisté en une synthèse des travaux antérieurs. Le continental intercalaire représente le principal réservoir d'eau, il affleure sur une grande partie de la région. Il est caractérisé par une grande hétérogénéité (grès, sables, conglomérats et argiles) et par une puissance variable, diminuant d'Est en Ouest (680 à 240m biseaute à l'Ouest). A l'Est, il plonge sous le plateau de Tademaït.



## 2 - Hydrogéologie

L'hydrogéologie du Sahara comprend quatre complexes hydrogéologiques profonds présentant des eaux salées situées dans le Cambro-Ordovicien, le Silurien supérieur- Dévonien inférieur, le Dévonien supérieur- carbonifère et le Trias ensuite une série supérieure du Continental Intercalaire qui renferment des eaux souterraines de qualité utilisable .

### a) - L'aquifère du complexe Combro-Ordovicien

Il est divisé en trois domaines hydrodynamiques (hormis les synclises de Tindouf – Reggane et la province triasique). Une large partie du Sahara est caractérisée par des pressions de couches proches des pressions hydrostatiques. Au sud, les courbes iso pièzes reprennent les contours des éléments structuraux majeurs (*fig. 15*). Les aires de charge et de décharge, matérialisées par les zones soulevées et les dépressions avoisinantes, indiquent un régime d'infiltration. Les dépressions (Reggan–Tindouf) sont en régime d'exfiltration avec des pressions anormalement élevées. Même si, dans certaines zones, les eaux sont durcies en profondeur (Illizi sud, Amguid, Mouydir etc.), la minéralisation des eaux chlorurées calciques augmente avec l'enfouissement. Par endroit, dans le bassin de Reggan, des saumures existent à faible profondeur dans la province triasique, la salinité est accentuée par le Trias salifère.

### b) - L'aquifère du complexe Dévonien inférieur

Les tendances sont identiques à celle du Cambro-ordovicien et organisées en trois domaines. L'un au nord du Hoggar avec une succession d'anomalies hydrodynamiques positive et négative correspond aux zones hautes et basses, l'autre lié aux bordures sud de Tindouf et de Reggane où les pressions potentiométriques les plus élevées sont localisées au centre des bassins. Enfin le domaine triasique où l'on assiste à des brusques variations de pression potentiométriques, indice d'une discontinuité hydrodynamique (*fig 16*).

Les eaux du Dévonien inférieur sont caractérisées par une forte minéralisation et un haut degré de métamorphisme (Ghadamès, centre des bassins d'Ahnet et Reggane), «chlorurée calcique». Ce n'est que dans les bassins d'Illizi et du Mouydir que l'on rencontre des eaux douces en provenance des affleurements situés plus au sud.

### c) - L'aquifère du complexe Devonien supérieur-Carbonifère

L'hydrodynamisme est analogue aux précédents dans le bassin de Reggan, les gradients de pressions sont élevés de 1.6 à djebel Heirane. Dans la Syneclise de l'Ahnet – Timimoun, la zonalité hydrodynamique dépend de l'altitude des aires d'alimentations. Les eaux de ce complexes sont saumures à faciès, chlorurées calciques, elles ont une forte minéralisation, en général elle augmente avec la profondeur et les complexes sous – jacents (*fig. 17*)

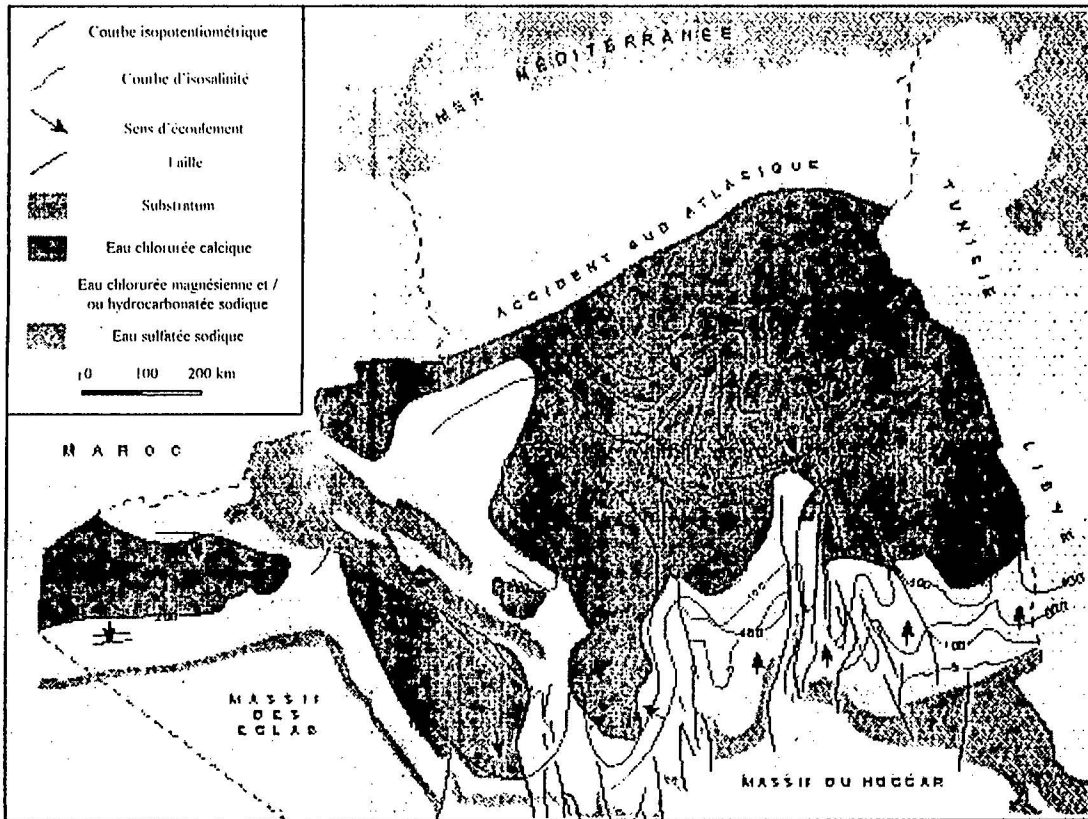


Fig15: La piézométrie du complexe Combro-Ordovicien  
(VEC ALGERIE 1995)

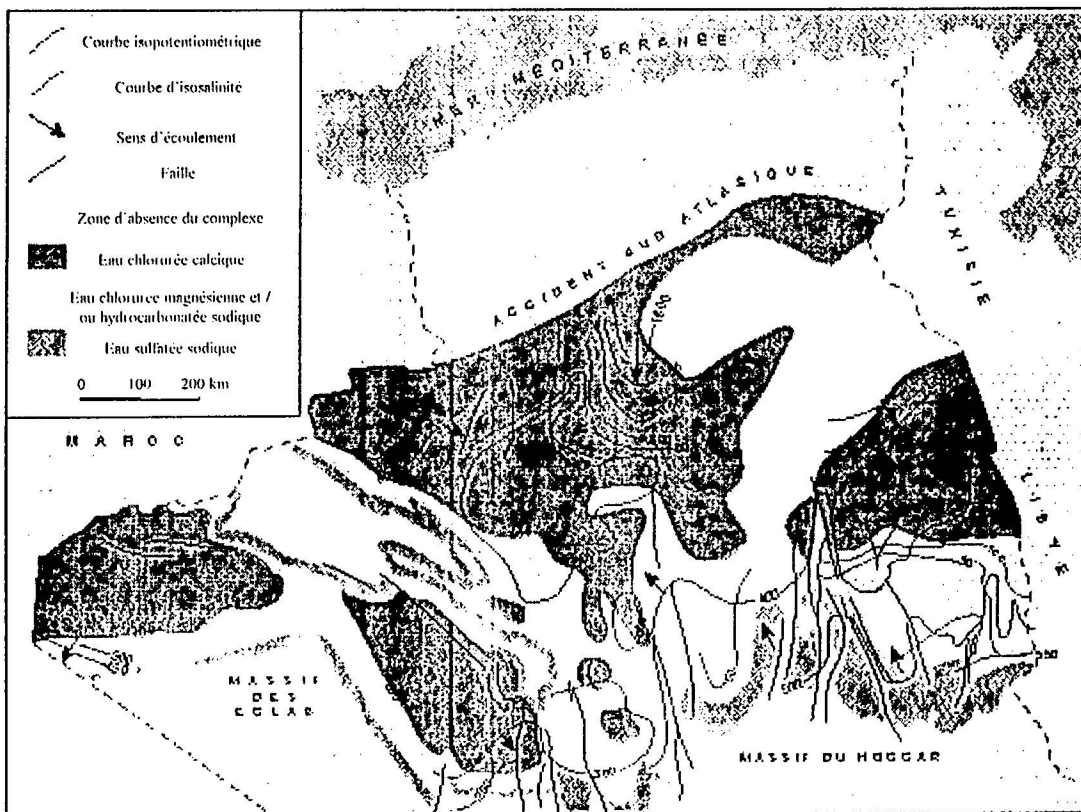


Fig16: La piézométrie du complexe Silurien Supérieur et Dévonien inférieur  
(VEC ALGERIE 1995)



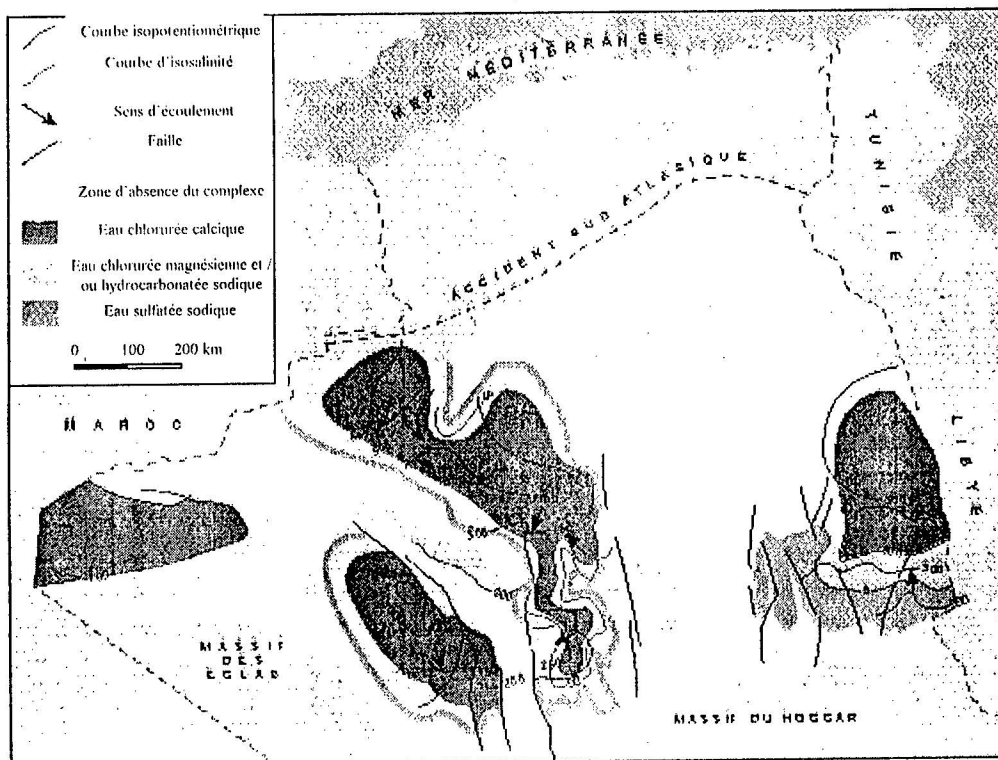


Fig.17: La piézométrie du complexe Dévonien supérieur - Carbonifère (WEC ALGERIE 1995)

d) - L'aquifère du complexe Triasique

Il présente les caractères hydrodynamiques des complexes sous-jacents avec des eaux chlorurées calciques (300 – 380g/l), cette minéralisation est moins forte au sud (fig. 18)

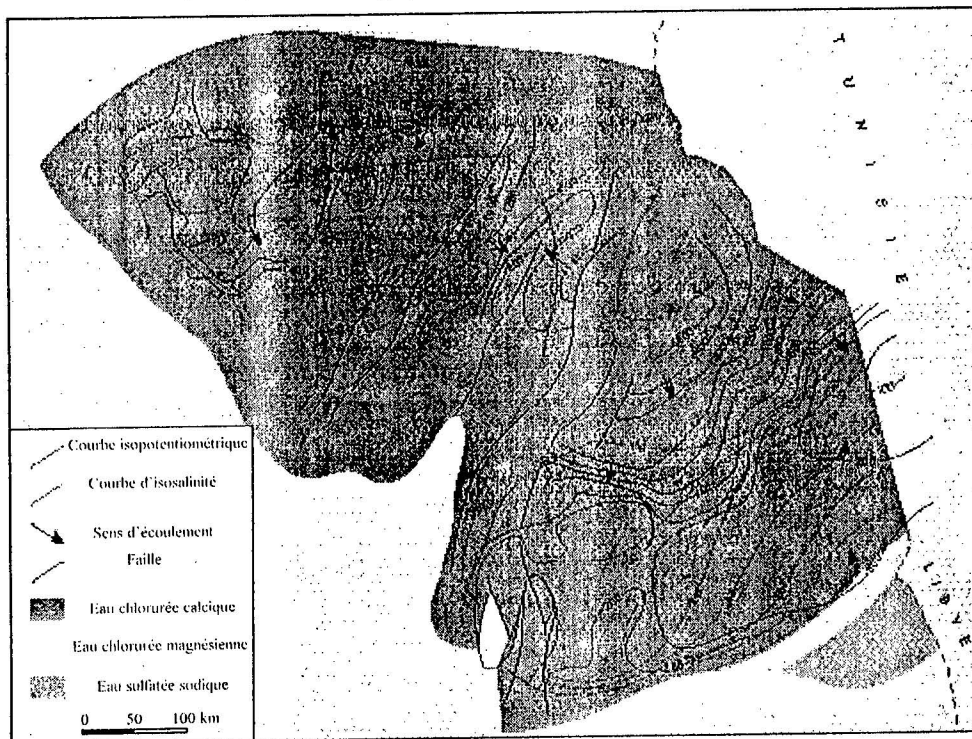


Fig.18: La piézométrie du complexe Triasique (WEC ALGERIE 1995)

### e) - L'aquifère du Continental Intercalaire

C'est la formation hydrogéologique perméable la plus étendue avec des matériaux meubles sablo-gréseux et argilo-sableux d'âge crétacé inférieur. Elle peut comprendre des séries plus anciennes du jurassique et du Trias. Les caractéristiques morphologiques et structurales du Sahara algérien permettent de distinguer trois sous-bassins hydrogéologiques, ils sont délimités par une dorsale subméridienne, Ghardaia-Elgoléa-In Salah et la région côtière du Golf de Gabès (*fig. 19*) :

- Sous-bassin hydrogéologique occidental, de 280.000 km<sup>2</sup>, drainé vers le sud et recouvert partiellement par le grand erg occidental.

- Sous-bassin hydrogéologique oriental, le plus étendu avec 500.000km<sup>2</sup>, drainé vers le Nord Est «dépressions des grands chotts» et occupé en grande partie par le grand erg oriental.

- Sous-bassin hydrogéologique de la Djefara à l'est dans la zone côtière du Golf de Gabès. Les axes du flux de l'écoulement de l'eau souterraine mettent en évidence un écoulement de direction à peu près régulier nord-sud, à partir de l'atlas saharien. Les exutoires de cette nappe sont situés principalement dans la région du bas sahra (El oued, Touggourt) où les eaux sont exploitées par des forages artésiens, et le Touat-Gourara où les eaux sont drainées par les foggaras.

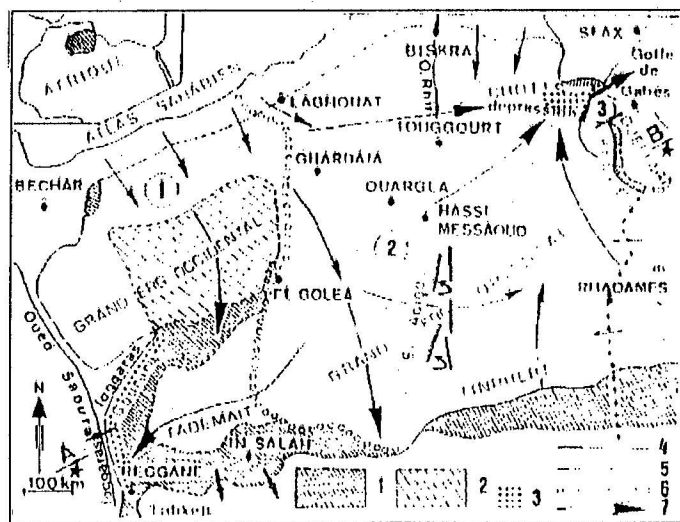


Fig.19 : Aquifère du bassin hydrogéologique du Sahara Algérien  
(CASTANY G 1982 - Unesco 1972)

#### Légende:

- 1 : Affleurement de la formation hydrogéologique perméable du continental intercalaire (CI)
- 2 : Affleurement du CI sous les sables du grand Erg Occidental (alimentation par drainage)
- 3 : Zone d'emergence des Foggaras
- 4 : Limite du bassin hydrologique
- 5 : Limite du bassin hydrogéologique
- 6 : Ligne de partage des eaux souterraines
- 7 : Les grands axes de flux de l'écoulement de l'eau souterraine

Dans la région d'étude, le sillon de drainage est très net, la bordure du bassin Crétacé étant marquée par un nombre de sebkhas qui s'alimentent de la nappe du continental intercalaire.

Tous ces exutoires du sud Ouest du bassin expliqueraient la forme des courbes isopièzes dans cette région, écoulement à partir du plateau de Tademaït, se dirigeant soit vers le sillon du Gourara, soit vers Adrar et Reggan, soit enfin vers le Tidikelt sud.

L'alimentation actuelle de la nappe du Continental Intercalaire s'effectue par l'infiltration des précipitations d'années exceptionnelles sur le Grand Erg Occidental, soit par les ruissellements tout au long des oueds qui descendent des massifs montagneux, notamment de l'Atlas saharien, mais aussi parfois du plateau de Tademaït.

#### f) - Conclusion

L'étude hydrogéologique montre que le Sahara est un des plus grands désert du monde. Le bassin sédimentaire (*Fig.19*) constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 780.000 km<sup>2</sup> avec un maximum d'épaisseur de 400 à 500 m. La carte hydrogéologique a permis d'individualiser un écoulement souterrain d'orientation Nord Est – Sud Ouest qui est le résultat d'une convergence des eaux vers la sebkha de Timimoun et de Adrar vers Reggan, les écoulement se font de l'Est vers l'Ouest (*Fig.20*), le gradient hydraulique varie de  $2 \cdot 10^{-3}$  à  $17 \cdot 10^{-3}$  et atteint  $6 \cdot 10^{-4}$  à  $9 \cdot 10^{-4}$  dans la sebkha. L'alimentation de l'aquifère se fait principalement par infiltration des eaux de ruissellements en provenance du flanc sud de l'Atlas saharien et des bordures du plateau de Tademaït, donc l'ensemble le plus important des formations hydrogéologiques perméables est celui du continental intercalaire qui est le réservoir principal du Sahara au point de vue hydraulique.

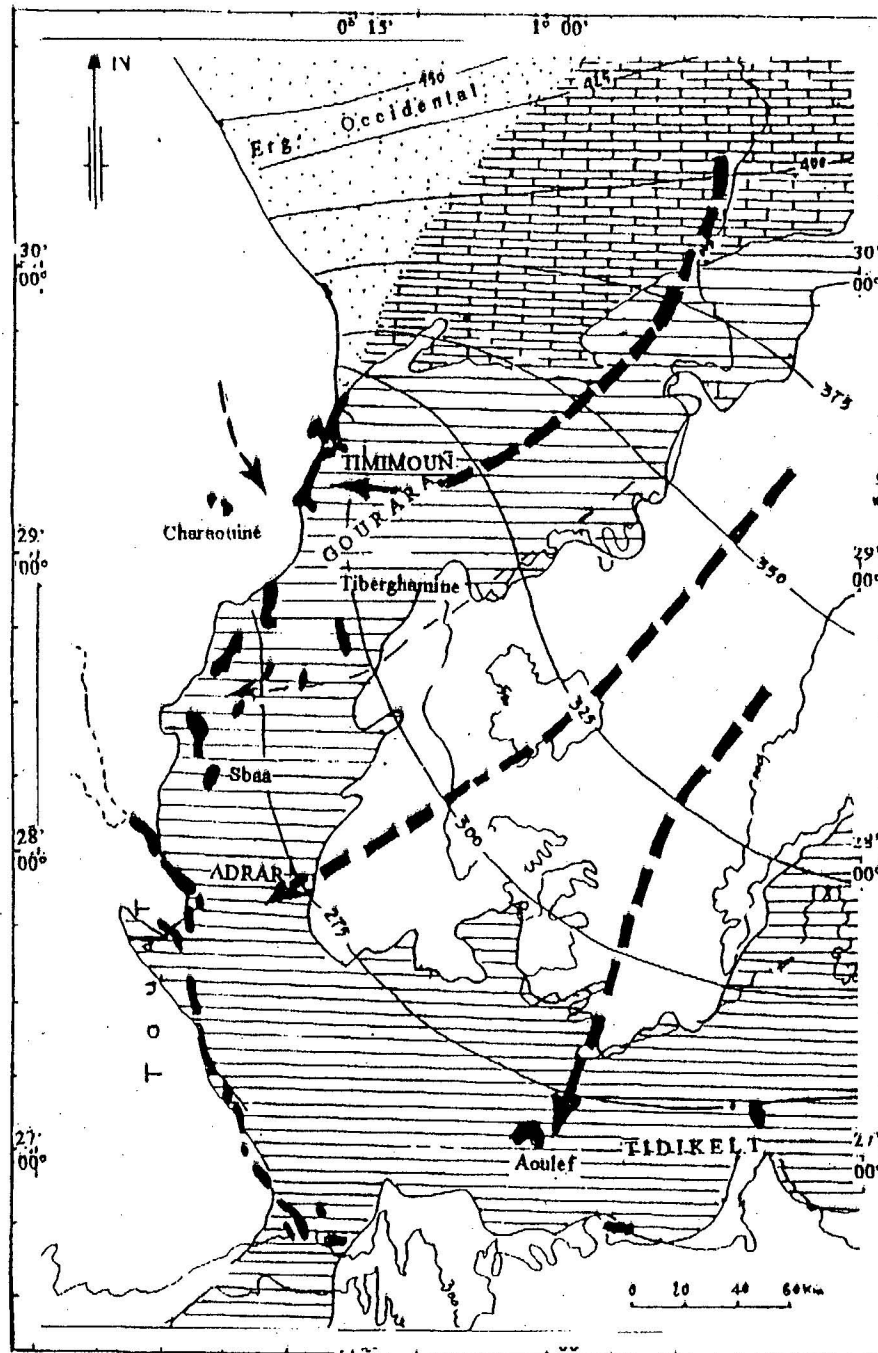








Fig.20 : Carte hydrogéologique du continental intercalaire  
(OULED BELKHIR et HADBAOUI 1995 - ANRH 1983)

**Légende**

- |   |  |  |                               |
|---|--|--|-------------------------------|
|  | Affleurement du continental intercalaire C.I |  | C.I sous recouvrement dunaire |
|  | C.I sous recouvrement miocène                |  | Courbe izopiète               |
|  | Foggara                                      |  | Direction de l'écoulement     |

# Chapitre IV

## HYDRAULIQUE DE LA FOGGARA D'AMREIR



## 1 - Inventaire

D'après l'inventaire fait par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Adrar), le nombre de foggaras actives s'élève à 807, représentant une longueur de 2236.26 km, et s'étendant sur une superficie globale de 6396 hectares. (Cf. annexe2). Le nombre de foggaras inventorié dans la région de Timimoun est de 154 foggaras, 21 forages et un puits. Nous avons choisi un forage qui nous paraissait représentatif pour notre étude hydrochimique et la foggara d'Amreir qui est la plus importante du secteur.

Ensuite nous avons effectué une campagne de mesure physico-chimique et de prélèvements d'échantillons d'eau et de sable dans la foggara. Durant la période juin 98, mai 99 et mai 2000.

L'appareillage utilisé sur le terrain (conductivité, PH mètre, et Thermomètre a été emprunté à l'unité ANRH d'El khemis-Miliana).

Les analyses des échantillons d'eau prélevés ont été effectuées au laboratoire de chimie de L'ANRH de Soumaa, analyses portant : -

- sur les anions :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$
- sur les cations :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$

L'analyse granulométrique a été faite au laboratoire de géologie marine à L'USTHB Bab-ezzouar.

## 2 - Piézométrie

La carte piézométrique a été établie à partir des données de forages fournies par L'A.N.R.H d'Adrar (cf. annexe4) dans le but de :

- Définir le sens de l'écoulement des eaux souterraines
- Déterminer la ou les zones de convergences
- Comparer notre piézométrie avec celle faite par L'A.N.R.H 1983
- D'étudier les interférences entre les puits et la foggara

### a) - Etablissement de la carte piézométrique

Pour le tracé de la carte, nous avons appliqué la méthode de triangulation, l'équidistance adoptée entre deux courbes isopièzes est de 5 m.

Le tracé de la carte piézométrique montre les directions d'écoulement suivantes :

- Un axe de drainage ouest Est au nord de Timimoun (*Fig.21*).
- Dans la partie centrale du secteur, on assiste à une zone de convergence vers l'aérodrome où les derniers puits de la foggara d'Amreir sont implantés, ce qui explique l'importance du débit de la foggara d'une part et d'autre part une zone de divergence vers l'est alimentant certaines foggaras et mettant à sec d'autres.

- Au sud de la région, les écoulements ont une orientation sud ouest –nord est, selon l'alimentation de la nappe par le plateau de Tademaït (*Fig.21*).

Le gradient hydraulique est de  $5.8 \cdot 10^{-3}$  au nord et de  $4 \cdot 10^{-3}$  au sud. Au niveau de l'aéroport de Timimoun la pente est très forte de l'ordre de  $7 \cdot 10^{-3}$  expliquant l'augmentation de la profondeur du dernier puits de la foggara qui est de 40 m.

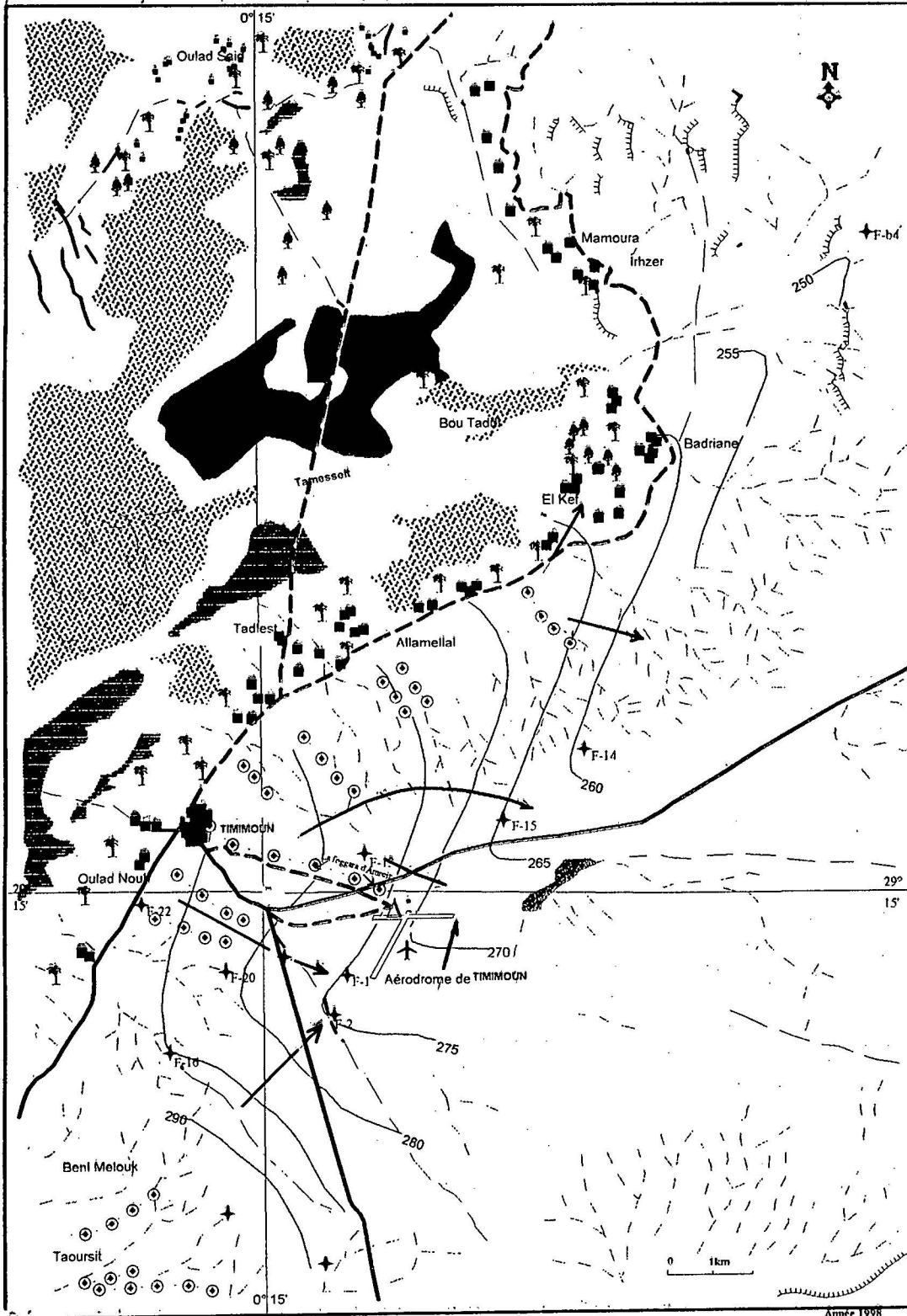
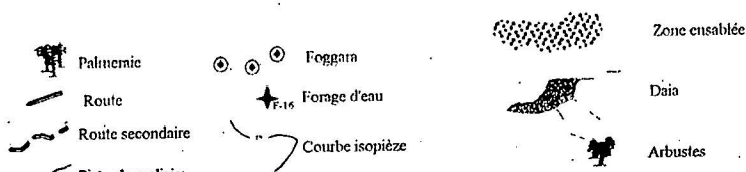


Fig.21 : Carte piézométrique du secteur d'étude





L'alimentation de l'aquifère se fait principalement par infiltration des eaux de ruissellement en provenance du flanc sud de l'atlas saharien et des bordures du plateau de Tademait.

Les foggaras et les forages constituent dans le secteur les exutoires principaux de l'écoulement souterrain du continental intercalaire, une partie des débits non captés par les foggaras est évaporée au niveau des sebkhas.

### b) - Etude comparative des deux cartes

La carte établie par L'A.N.R.H, 1983 montre un écoulement général nord est-sud ouest et est-ouest dans le secteur, montrant un drainage bien net par les foggaras, ce qui est totalement différent pour notre carte, cela est dû à une surexploitation de la nappe par les forages, localisés au centre de la ville, avec un accroissement du gradient hydraulique vers l'amont des foggaras, en changeant toutes les directions des écoulements.

Avant l'implantation des forages, le positionnement des foggaras était perpendiculaire aux courbes isopièzes montrant que la foggara est alimentée par la nappe, le drainage était logique, les directions des écoulements se faisant vers la sebkha en direction de l'amont des foggaras vers l'aval. Dans notre tracé, nous constatons que certaines foggaras situées au sud de la ville de Timimoun se trouvent dans une zone où la direction de l'écoulement est de l'aval vers l'amont ce qui est illogique.

L'établissement de la carte piézométrique affirme que le tarissement de ce patrimoine n'est pas dû uniquement à l'entretien mais aussi et surtout à l'implantation des forages situés en amont des foggaras. Le problème primordial de la foggara est bien le forage qui a fait changer l'allure de toute la piézométrie de la région.

## 3 - Hydrométrie traditionnelle

L'hydrométrie traditionnelle est basée sur des lois strictement employées par les propriétaires des foggaras dans un organisme social très attaché à ses héritages. L'eau appartient à une tribu ou un groupe appelé *djemaa*, chaque groupe ou tribu possède un registre des parts de chaque copropriétaire, la part de chacun étant très précisément mesurée et calculée.

### a) - Les méthodes de calcul et de partage

Le partage de l'eau se fait suivant des règles précises et strictes. Tous ceux qui ont participé à l'établissement de la foggara, soit par leur travail, soit par leurs capitaux. Tout cela contribue à une première répartition, purement théorique.

On fixe pour chacun une part proportionnelle à son apport, au début l'eau est divisée en partie appelée "*Guesma*". Chaque "*Guesma*" (part d'eau) se divise en "*madjen*" qui se subdivise elle même en unités plus petites appelée "*Habba*" ou "*Habba cerira*".

Les parts d'eau de chaque copropriétaire sont déterminées, parfois, avant même l'achèvement des travaux, selon un mode de calcul original qui ne tient pas compte du débit réel de la foggara. Chaque foggara possède un registre dans lequel sont inscrits les nombres de parts revenant aux différents propriétaires (*photo 5*).

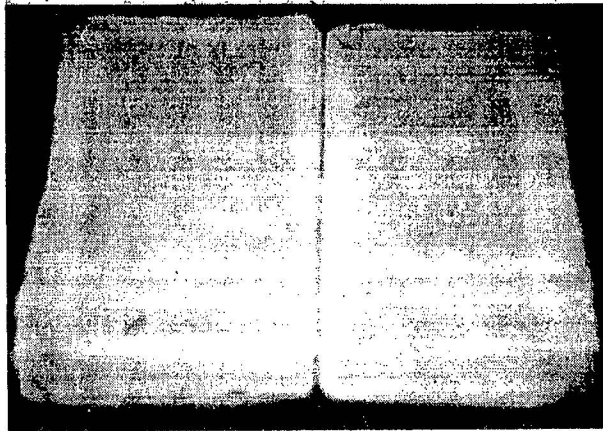


Photo 4: Régistre de la foggara



### ■ La mesure de l'eau

Dans la région de Touat et Gourara l'eau est répartie en volume, selon ce système, chaque bénéficiaire reçoit continuellement le débit qui lui revient.

La mesure des débits est réalisée par un mesureur d'eau constitué par une plaque en cuivre, cet instrument de mesure est différent d'une région à l'autre et il porte le nom de "Luh" ou "Louh". Il est de forme rectangulaire dans la région de Touat et cylindrique dans la région de Tidikelt. Il est ouvert de chaque côté et percé de trous de plusieurs dimensions.

Ces trous matérialisent l'unité de débit avec ses multiples et ses sous multiples. Le *Louh* est percé soit d'une seule rangée soit de trois rangées (photo n° 6,7,8):

- La rangée supérieure est perforée de trous égaux dont le débit est un(1/8)huitième.
- La deuxième rangée ou la rangée du milieu de fraction de(1/8) "*thmane*": 1/2, 1/4, 1/6.
- La rangée du bas de multiple *de thmane*, 10, 15, 20,...

Les mesures se font par une série de jaugeages successifs pour évaluer la totalité du débit d'une foggara ou d'un grand canal.

### ■ L'unité de mesure

L'unité de mesure employée est la *Habba* ou *Habba Zrig*. Selon les régions, appelée aussi "*Nouba*" qui est égale à un huitième (1/8). Elle correspond en moyenne au débit fourni par une ouverture de 1 à 1,5 cm, la *habba* est égale a peu près à 2.6 l/min., son nombre est variable.

A noter, que l'unité de mesure est différente d'une région à l'autre de même pour la plaque de jauge suivant le tableau :

Tableau 6 : les unités de mesures pour la Daira de Timimoun

Région	Unité	l/m n
Timimoun	Thmane (1/8)	1.36 à 1.57
Deldoul	Madjen	1
Charaouine	Doigt (s'baa)	5
Tinerkouk	El-oud	3.8
Aougrouit	Khorga	4.1
Ouled-Saïd	Habba	2.6

(HAMDADI AHMED EL-HADJ et KOBORI 1982)

Ces unités de calcul sont reliées à l'unité de mesure de la plaque de jauge (*luh*) et permettent de réaliser les calculs dans une arithmétique particulière ayant pour base 24.

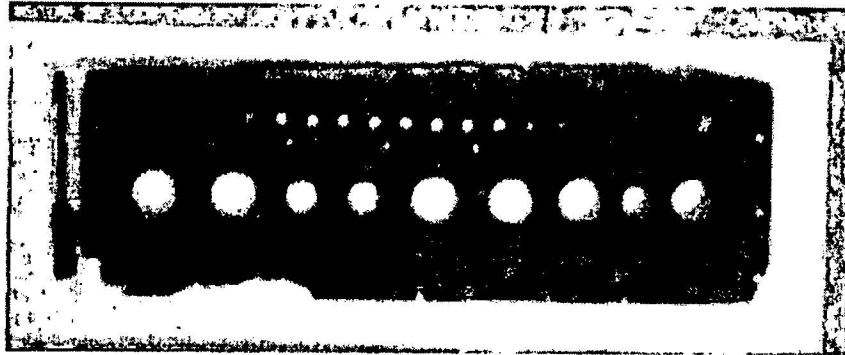


Photo 5: Mesureur à trois rangées de trous pour les petites Kasrias

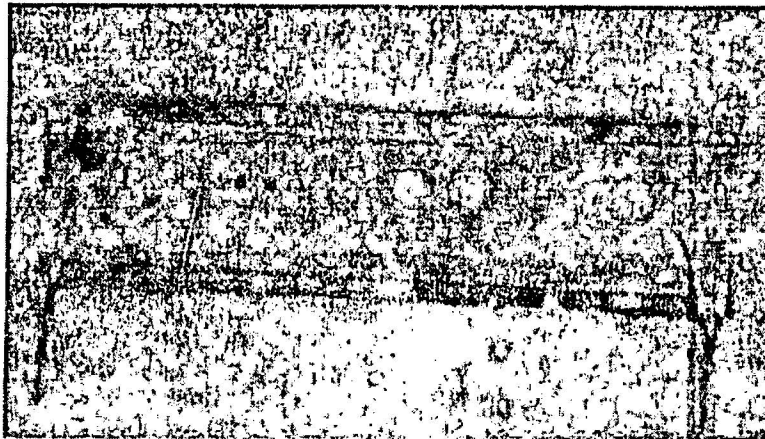


Photo 6: Mesureur à une seule rangée de trous pour les Kasrias moyennes



Photo 7: Mesureur à deux rangées de trous pour les grandes Kasrias

## ■ L'arithmétique et le droit

### - L'arithmétique

Chaque foggara a un registre propre à elle où est notée les parts juridiques de chaque propriétaire. Il est tenu régulièrement à jour, aucune modification ne peut s'y faire sans la présentation d'un acte d'achat signé par le vendeur et deux témoins au moins connus. Chaque foggara est caractérisée juridiquement par un débit fictif invariable qui correspond au débit qu'elle avait lors de sa création. Ce débit fictif invariable peut être à un moment donné supérieur, inférieur ou égal au débit d'eau réel. La part juridique de chacun est notée dans ce registre en eau fictive. Bien sur, seul le débit réel peut être mesuré par la plaque de jauge (*Louh*). La part juridique est calculée ainsi:

**( Part juridique : débit réel de la foggara / débit juridique de la foggara)**

**NB:** il ne faut pas confondre la mesure et le calcul.

La plaque de jauge est un instrument de mesure au service d'une arithmétique particulière, les calculs sont effectués en numération de base 24.

Un débit s'écrit comme suit:

$$\begin{array}{l} X Hb \pm Y k \\ X Hb \pm Y kk \end{array} \quad \text{ou} \quad \left\{ \begin{array}{l} X, Y \text{ sont des variables et} \\ Hb : \text{Habba, } k : \text{kirat et } kk : \text{kirat du kirat} \end{array} \right.$$

Le *kirat* et le *kirat du kirat* sont des unités de calcul, le *louh* ne matérialise que leurs multiples. La plus petite unité matérialisée est le *thmène* (1/8) soit 3 *kirats*. Le débit d'un *kirat du kirat* (*khararib*) est négligeable. La précision dans le calcul est nécessaire lors d'opération complexe de vente, de location ou de travaux sur la foggara:

Nous choisissons de présenter l'exemple de travaux sur une foggara qui permettra de mieux comprendre le système de foggara, à la fois dans ses aspects techniques, juridiques et économiques :

#### **Exemple n°1:**

Si une personne désire entreprendre des travaux d'allongements sur une foggara de quelques centaines de mètres, qu'il soit déjà copropriétaire ou non, il doit obtenir le consentement du groupe (*djemaa*). Si l'accord est obtenu, on mesure le débit de la foggara puis il est noté sur le registre. Il fait effectuer les travaux durant un an par exemple, une fois les travaux achevés, il avise la *djemaa* et il coupe la foggara au niveau du premier puits qu'il a fait forer, il faut attendre dix jours afin que le débit se stabilise.

Le groupe (*djemaa*) se réunit pour une première mesure. Si la foggara a un débit inférieur à celui du débit avant les travaux, le groupe procède à un curage de l'ancien tronçon afin de retrouver le débit antérieur aux travaux. Cinq jours après le curage, délai nécessaire à la stabilisation du débit, une nouvelle mesure est effectuée pour s'assurer que la foggara a retrouvé son débit initial. Par contre, celui qui a causé ce déficit fait sauter le bouchon qu'il a mis au niveau de son premier puits. Dix jours après, une dernière mesure est effectuée mettant en évidence l'amélioration du débit. Si dans le cas contraire, le niveau d'eau est supérieur à celui de la première mesure enregistrée avant les travaux, il devient alors propriétaire de 50% de l'eau nouvelle, les 50% restants vont être attribués aux autres copropriétaires.

La technique de mesure laisse la place à la technique de calcul : Le ou les calculateurs (*El hassab*) évaluent à combien *le kirat et le kirat de kirat* donne le droit à la possession par chaque propriétaire d'un *thmène* réel. Une fois la mesure en eau réelle effectuée, un nouveau peigne est mis en place, pour la concrétiser. Il reste à présent de mettre à jour le registre de la foggara, en calculant la nouvelle répartition juridique sachant que la somme des parts doit rester égale au débit fictif total. Tous les propriétaires bénéficient en eau réelle de l'initiative de ce dernier, par contre leur part juridique diminue du fait de l'augmentation de la part de l'usage participé.

#### - Le droit de l'eau

La propriété de l'eau est acquise à celui qui par son travail ou par ses dépenses, a contribué à la faire circuler ou couler vers la palmeraie. Ce principe fondamental de la région semble être à l'origine du concept de propriété de l'eau. La propriété des eaux individuelles ou collectives et les droits d'eau peuvent être abandonnés dans le temps. La population de la région considère l'eau comme une propriété privée. Celui qui possède une part, il peut l'utiliser ou pas suivant ses besoins ou la vendre s'il le désire, le cas le plus répandu, est la location. Donc la terre ne constitue pas le vrai capital, elle n'a de la valeur que par les droits d'irrigation qui lui sont rattachés.

#### Exemple n°2 :

Le partage d'eau d'une foggara d'un débit moyen de 113 *habbas* (débit réel) et de 2500 *habbas* (débit juridique) : -La répartition est faite par une *kasria principale* de 11 ouvertures réparties en 06 canaux (*majaras ou souaguis*) :

-Le 1 <sup>er</sup> canal (segua) a : 342	} Parts juridiques de tous les propriétaires
-Le 2 <sup>ème</sup> canal (segua) a : 203	
-Le 3 <sup>ème</sup> canal (segua) a : 713.5	
-Le 4 <sup>ème</sup> canal (segua) a : 531	
-Le 5 <sup>ème</sup> canal (segua) a : 570	
-Le 6 <sup>ème</sup> canal (segua) a : 140.5	
<b>Total = 2500 habbas</b>	

#### \* La mesure du débit réel :

Comme *le louh* n'a pas la capacité de recevoir à la fois, tout ce qui est débité par la foggara ou *la kasria principale* ; la mesure se fait par tranche ; le mesureur (*kial*) marque au fur et à mesure que l'opération avance, la codification se fait sur une planchette en argile tendre :

1 <sup>ère</sup> tranche de la mesure	02 ouvertures de la Kasria	18 Hb, 1/6, 1/4	} débit réel total de la foggara
2 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	01 ouvertures de la Kasria	12 Hb, 1/8, 1/6	
3 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	01 ouvertures de la Kasria	12 Hb, 1/3, 1K	
4 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	01 ouvertures de la Kasria	10 Hb, 1/3, 1/2	
5 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	02 ouvertures de la Kasria	18 Hb, 1/4, 2K	
6 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	02 ouvertures de la Kasria	18 Hb, 1/3,	
7 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	01 ouvertures de la Kasria	13 Hb, 1/4	
8 <sup>ème</sup> tranche de la mesure	01 ouvertures de la Kasria	09 Hb, 1/8	

Voici la codification que le Comptable (*hassab*) et le mesureur (*kiel*) emploient pour faire la mesure et la répartition des eaux de la foggara:

Tableau N° 7 : La habba et les nombres fractionnaires de la habba

Désignation	Symbole	Equivalent en Habba
Habba	●	24 Kirats = Habba
Un Kirat de Habba	●	1/24
Deux Kirat de Habba	● ●	2/24
1/8 de Habba	● ● ●	3/24
1/6 de Habba		4/24
1/4 de Habba	 ●	6/24
1/3 de Habba		8/24
1/2 de Habba		12/24
24 Kirat de Habba		24/24

(HAMDADI AHMED EL-HADJ et KOBORI 1982)

**NB :** le 1/24 porte le nom *de kirat* qui correspond au poids d'une graine de caroubier et elle est la vingt-quatrième partie de l'unité. Comme en français le carat c'est une quantité d'or fin contenue dans un alliage de ce métal, exprimé en vingt-quatrième de la masse totale. Comme toute unité de mesure la *Habba* présente un certain nombre fractionnaire suivant le tableau :

Tableau N° 8 : Le nombre fractionnaire du Kirat

Désignation	Symbole	Equivalent en Kirat
Un Kirat du Kirat	•	1/24
Deux Kirat du Kirat	••	2/24
1/8 Kirat du Kirat	•••	3/24 ou 3 Kirats du Kirat
1/6 Kirat du Kirat	—	4/24
1/4 Kirat du Kirat	•• —	6/24
1/3 Kirat du Kirat	===	8/24
1/2 Kirat du Kirat	====	12/24
Un Kirat	==== ====	24/24

(HAMDADI AHMED EL-HADJ et KOBORI 1982)

**Le calcul de la part juridique :**

Une fois la mesure est faite correctement sous l'œil vigilant des propriétaires présents, le comptable (*el Hassab*) fait l'addition suivant les nombres gravés dans la tablette pour obtenir le débit réel : *le chahed* annonce le débit juridique de tous les propriétaires, dans notre exemple est de 2500 Hb. *El hassab* pratique sa comptabilité en faisant des opérations avec des points et des tirets ; cette comptabilité compliquée prend sa base sur les nombres complexes : en multipliant par 24 le nombres réel de *Habbas* donné par la foggara, on obtient le nombre de *kirat*, on divise ce résultat par la part juridique de tous les propriétaires, le quotient est égal à la valeur de la part juridique suivant le calcul :

**NB :** Si la division ne tombe pas juste et s'il y a un reliquat important, on multiplie ce reste des *kirats* par 24, résultat est le *kirat du kirat*

Conversion des *habbas en kirat* :

$$113 \times 24 = 2712 \text{ k}$$

Comment trouver la part juridique :

$$\frac{2712}{2500} = 1 \text{ k} \text{ et il reste } 212 \text{ k}$$

Conversion du *kirat en kirat du kirat* :

$$212 \text{ k} \times 24 = 5088 \text{ kk}$$

Chaque part juridique reçoit :

$$\frac{5088}{2500} = 2.0352 \longrightarrow \text{on arrondi à } \mathbf{2kk}. \text{ Ce qui donnera, si on vérifie après la répartition, un total inférieur à } \mathbf{113 Hb}, \text{ donc, la valeur}$$

de la part juridique est égale à **1k de la habba et 2kk.**



**\*Le calcul des parts de chaque canal (segua) :**

- Le premier canal à partir de la droite reçoit :

$$\frac{342k + (342 \times 2kk)/24}{24} = 15.43Hb. = 15Hb,10k,7kk,16kkk \text{ Par défaut}$$

**NB !** Pour convertir en *kirat* ou en *kirat* du *kirat*, le nombre qui se trouve après la virgule, on le multiplie par 24 puis on le divise par 100.

Exemple : 15.43Hb

$$(43 \times 24)/100 = 10.32k$$

$$(32 \times 24)/100 = 7.68kk$$

$$(68 \times 24)/100 = 16.32kkk$$

le résultat final est de : 15 Hb      10k      7kk      16kkk

- Le deuxième canal reçoit :

$$\frac{203k + (203 \times 2kk)/24}{24} = 9.16Hb. = 9Hb,3k,20kk,3kkk \text{ Par défaut}$$

- Le troisième canal reçoit :

$$\frac{713.5k + (713.5 \times 2kk)/24}{24} = 32.20Hb = 32Hb,4k,19kk,5kkk \text{ Par défaut}$$

- Le quatrième canal reçoit :

$$\frac{531k + (531 \times 2kk)/24}{24} = 23.96Hb. = 23Hb.,23k \text{ Par défaut}$$

- Le cinquième canal reçoit :

$$\frac{570k + (570 \times 2kk)/24}{24} = 25.72Hb. = 25Hb.,17k,7kk \text{ par excès}$$

- Le sixième canal reçoit :

$$\frac{140.5k + (140.5 \times 2kk)/24}{24} = 6.34Hb. = 6Hb.,8k,4kk \text{ par excès}$$

Tableau 9 : Vérification des calculs

	Hb	K	kk	kkk	Observation
	2,80	2,41	1		
1° canal	15	10	07	16	par défaut
2° canal	09	03	20	03	"
3° canal	32	04	19	05	"
4° canal	23	23	-	-	"
5° canal	25	17	07	-	par excès
6° canal	06	08	04	-	"
Total conversion	112,80 *	67,41	58	24	

(HAMDADI AHMED EL-HADJ et KOBORI 1982)

\*Ce qui est inférieur à 113 *Habbas*, à cause de la valeur de *kirat du kirat* 2.0352 arrondi à 2 seulement au début de l'opération. En calculant au *kirat du kirat* seulement, la répartition est considérée juste à quelques-uns de *kirat* près.

Un reste minime est sans grande importance pour la totalité du débit. On peut exiger une répartition très précise mais *le louh* ne peut assurer une telle précision.

**Représentons le résultat de cette répartition par la codification:**

-Avant de passer à l'application, *le kial* marque sur une planchette en argile ce que *le Hassab* lui dicte :

Tableau 10 : Les principaux codifications pour le calcul

1° canal	15 Hb		●	●●	●		
		1/3	2K	1/4K	1KK	1/2KKK	1/6 ou 4KKK
2° canal	9 Hb	●	≡	●●	●●	●●●	
		1/8	1/2K	1/4K	2KK	3KKK	
3° canal	32 Hb		≡	●●	●		●
		1/6	1/2K	1/4K	1KK	1/6KK	1KKK
4° canal	23 Hb		●		●		
		1/2	1/4K	1/6K	1K		
5° canal	25 Hb			●	●●	●	
		1/2	1/6K	1K	1/4K	1KK	
6° canal	6 hb	●●●		≡			
		1/3	1/6K				

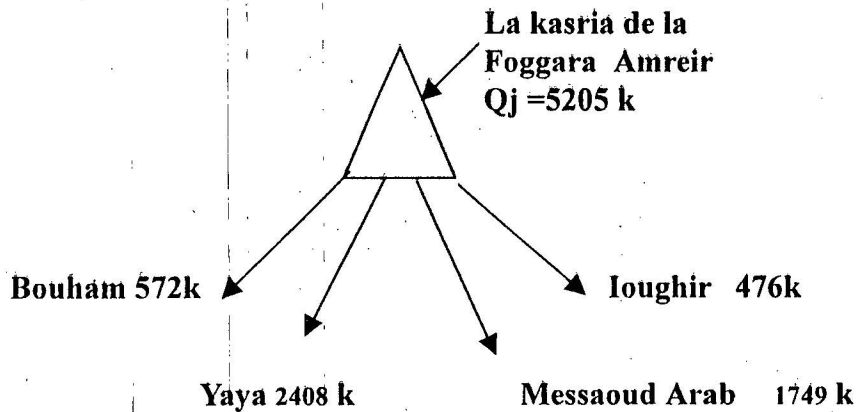
(HAMDADI AHMED EL-HADJ et KOBORI 1982)

**NB:** Le *hassab* n'emploie pas les chiffres arabes pour sa comptabilité. Il marque des points et des tirets sur le sable.



Exemple n°3 :

Appliquons l'exemple précédent à la foggara d'Amreir : ayant le débit réel ( $Q = 23 \text{ l/s}$ ) et le débit juridique de tous les propriétaires (281) qui a été calculé lors de la création de la foggara  $Q_j = 5205 \text{ k}$  réparti en quatre sougoui ou canaux :



Calcul de la part juridique ?

$Q_{\text{total réel}} = 23 \text{ l/s} = 1380 \text{ l/mn}$ , soit  $1 \text{ Tm} = 1.57 \text{ l/mn}$

D'où le débit réel est de 879 Tm

-Conversion des *Thmène en Kirat* :  
 $879 \times 24 = 21096 \text{ k}$

-Comment trouver la valeur de la part juridique ?  
 $\frac{21096}{5205} = 4 \text{ k}$  et il reste 276 k

-Conversion du *kirat en kirat du kirat* :  
 $276 \text{ k} \times 24 = 6624 \text{ kk}$

-Chaque part juridique reçoit :  
 $\frac{6624}{5205} = 1.273 \rightarrow$  on arrondit à 1kk

Donc la valeur de la part juridique est égale à 4 k et 1 kk

\*Le calcul des parts de chaque canal (seguaia):

- Le premier canal à partir de la droite reçoit :

$$\frac{476k \times 4k + (476k \times 1kk) / 24}{24} = 80.16Tm. = 80Tm.,3k,20kk,3kkk$$

- Le deuxième canal reçoit :

$$\frac{1749 \times 4k + (1749 \times 1k) / 24}{24} = 294.54Tm.,12k,23kk,1kkk$$

- Le troisième canal reçoit :

$$\frac{2408 \times 4k + (2408 \times 1kk)/24}{24} = 405.51Tm. = 405Tm.,12k,5kk,18kkk$$

- Le quatrième canal reçoit :

$$\frac{572 \times 4k + (572 \times 1kk)/24}{24} = 96.33Tm. = 96Tm.,7k,22kk,2kkk$$



Le tableau suivant nous permet de vérifier l'exactitude des mesures :

Tableau 11 : Vérification des calculs

	Tm	K	kk	kkk
	1,53	2,95	1	
1° canal	80	3	20	3
2° canal	294	12	23	1
3° canal	405	12	05	18
4° canal	96	7	22	2
Total conversion	876,53	36,95	71	24

3/1. Si le débit diminue par exemple de 8 l/s :  
soit un débit de 15 l/s = 900 l/mn = 573 Tm

Quelle est la part juridique ?

$$Q_{\text{total réel}} = 573Tm$$

- Conversion des Thmène en Kirat :

$$573 \times 24 = 13752 k$$

- Comment trouver la valeur de la part juridique ?

$$\frac{13752}{5205} = 2k \text{ et il reste } 3342 k$$

- Conversion du kirat en kirat du kirat :

$$3342 k \times 24 = 80208 kk$$

- Chaque part juridique reçoit

$$\frac{80208}{5205} = 15.40kk \longrightarrow \text{on arrondit à } 15kk$$

Donc la valeur de la part juridique est égale à 2 k et 15 kk

**\*Le calcul des parts de chaque canal (seguia)**

- Le premier canal à partir de la droite reçoit :

$$\frac{476 \times 2k + (476k \times 15kk) / 24}{24} = 52.06Tm. = 52Tm.,17k,10kk,13kkk$$

- Le deuxième canal reçoit :

$$\frac{1749 \times 2k + (1749 \times 15kk) / 24}{24} = 191.30Tm. = 191Tm.,7k,11kk$$

- Le troisième canal reçoit :

$$\frac{2408 \times 2k + (2408 \times 15kk) / 24}{24} = 263.37Tm. = 263Tm.,8k,21kk,2kkk$$

- Le quatrième canal reçoit :

$$\frac{572 \times 2k + (572 \times 15kk) / 24}{24} = 62.56Tm. = 62Tm.,13k,10kk,13kkk.$$

Le tableau suivant nous permet de vérifier l'exactitude des mesures

Tableau 12 : Vérification des calculs

	T m	K	k k	k k k
	1.28	1.77	1.62	
1° canal	52	17	10	13
2° canal	191	7	-	11
3° canal	263	8	21	2
4° canal	62	13	10	13
Total conversion	569.28	30.77	42.61	39

3-2 Si au contraire le débit augmente par exemple de 12 l/s :

Ex : soit un débit de 35 l/s = 2100 l/mn ~ 1338 Tm

**Quelle est la part juridique ?**

$$Q_{\text{total réel}} = 1338Tm$$

- Conversion des Tmène en Kirat :

$$1338 \times 24 = 32112 k$$

- Comment trouver la valeur de la part juridique ?

$$\frac{32112}{5205} = 6 k \text{ et il reste } 882 k$$

- Conversion du *kirat en kirat du kirat*

$$828 \text{ k} \times 24 = 21168 \text{ kk}$$

- Chaque part juridique reçoit :

$$\frac{21168}{5205} = 4kk \longrightarrow \text{on arrondit à 4 kk}$$

Donc la valeur de la part juridique est égale à 6 k et 4 kk

- Le calcul des parts de chaque canal (segua)

- Le premier canal à partir de la droite reçoit :

$$\frac{476 \times 6 \text{ K} + (476 \text{ K} \times 4 \text{ KK}) / 24}{24} = 122,3 \text{ Tm} = 122 \text{ Tm}, 3k$$

- Le deuxième canal reçoit :

$$\frac{1749 \times 6k + (1749 \times 4k) / 24}{24} = 449,40 \text{ Tm} = 449 \text{ Tm}, 9k, 1kk, 10kkk$$

- Le troisième canal reçoit :

$$\frac{2408 \times 6k + (2408 \times 4kk) / 24}{24} = 618,72 \text{ Tm} = 618 \text{ Tm}, 17k, 6kk, 17kkk$$

- Le quatrième canal reçoit :

$$\frac{572 \times 6k + (572 \times 4kk) / 24}{24} = 146,97 \text{ Tm} = 146 \text{ Tm}, 23k, 6kk, 17kk$$

Le tableau suivant nous permet de vérifier l'exactitude des mesures.

Tableau 13 : Vérification des calculs

	Tm	K	kk	kkk
1° canal	122	3	-	-
2° canal	449	9	1	10
3° canal	618	17	6	17
4° canal	146	23	6	17
Total conversion	1337,52	52,6	14,8	44

#### 4 -La technique de distribution de l'eau

A la sortie de la foggara, l'eau est divisée par un peigne en pierre tendre et facile à gratter, c'est *la kasria principale*. Cette dernière doit avoir un nombre suffisant d'ouvertures d'où l'eau s'échappe facilement sans faire de retour en arrière. Ces ouvertures permettent à l'eau de couler dans des rigoles ou canaux qui peuvent être à nouveau divisé par un autre peigne et ainsi de suite dans toutes les directions vers les palmeraies (*photo 8*)



Photo 8 : Sortie de la foggara d'Amreir

##### a) - kasria principale

C'est un bassin en forme triangulaire barré par un grand peigne ou partiteur principal, jouant le rôle de stabilisateur d'eau. Cette technique consiste à calmer l'eau avant sa répartition, c'est une sorte d'ouvrage tranquillisant. *La kasria principale* reçoit la totalité du débit de la foggara appelé aussi la *kasria-lak'hira*. Cette dernière répartit le débit de la foggara généralement en trois, quatre ou cinq grandes rigoles qui sont des (*mjara*) au singulier (*majra*). A partir de ce bassin, les canaux vont en éventail dans tous les sens vers les parcelles à irriguer. Au bout de ces *mjara* d'autres *kasria* secondaires répartissent les eaux. (*Photo 9*).



Photo 9 : Kasria principale à la sortie de la foggara d'Amreir



b) - Kasria secondaire

C'est un nouveau bassin aussi important, on le retrouve après le premier, ce bassin est caractérisé par un partage familiale de chaque tribu ou groupe participant à la réalisation de la foggara. (Photo 10).

c) - Multiples de kasria

D'autres *kasria* minimales se trouvent tout le long des différents parcours suivant la nécessité. (Photo 11). Ces *kasria* viennent après la répartition secondaire, ils conduisent l'eau vers les *madjens*.



Photo 10 : Kasria secondaire



Photo 11 : Multiple de Kasria

d) - Madjen

C'est un bassin de récupération et de régularisation peu profond et rectangulaire qui se trouve à l'endroit le plus haut du jardin et où l'eau s'accumule pendant vingt quatre heures. L'irrigation se fait en général le matin de bonne heure en été et dans la grande matinée en hiver. Chaque jardin possède un *madjen* construit en argile ou en béton afin d'éviter une déperdition inutile dans des irrigations en surplus (Photo 12).



Photo 12 : Madjen en argile

## 5 - Le jaugeage de la foggara

La mesure de débit par le *louh* nécessite la présence de tous les membres de l'association de la foggara ainsi que les propriétaires et un investissement très important à savoir la préparation de la pâte d'argile pour boucher les trous du *louh* et la construction du petit bassin de mesure. Ainsi avant toute mesure, on doit faire une plate forme bien nivelée entre la *kasria* et les canaux. Après avoir supprimé une partie suffisante des lits de toutes les *souagui* partant de cette *kasria*, le *louh* doit être placé et maintenu à l'aide de l'argile dans l'axe de la *kasria* et à 80 cm. Pendant la mesure, on ne laisse personne prendre l'eau de la foggara, tout au moins sur 100 m et ce, afin de ne pas gêner l'écoulement constant de l'eau.

Pour cela une surveillance est assurée par un ou deux gardiens pendant l'opération. Le *kial* commence la mesure par l'ouverture la plus à droite de la *kasria*. Pendant la mesure de cette dernière l'eau des autres ouvertures coule librement en désordre dans les canaux. Le mesureur construit avec la pâte d'argile un petit chenal bien étanche, de façon à ce que la totalité de l'eau déversée par l'ouverture se mesure et coule directement vers le *louh* par le portillon. Il laisse certains nombres de trous ouverts sur la paroi. Tous les autres trous sont bouchés par de l'argile. Si l'eau coule par la partie supérieure du *louh* il ouvre d'autres trous. Si au contraire, elle n'arrive pas à ce niveau, il en bouche un ou plusieurs trous.

Quand le niveau de l'eau dans le *louh* se maintient exactement au niveau supérieur de la plaque de jauge, la mesure est comme étant juste. Il marque alors sur une tablette en argiles, préalablement préparée, le nombre de *thmène où habba* obtenues. Il procède ainsi, successivement à toutes les autres ouvertures du peigne. Tout cela a rendu impossible la jauge de la foggara choisie comme étude.

Notre foggara d'Amreir a fait l'objet d'étude hydraulique, à savoir la mesure du débit d'une petite *kasria* (canal) à l'aide du *louh* et d'autre part par le déversoir afin de comparer les calculs après conversion des résultats obtenus. La *kasria* est construite par un peigne de 5 ouvertures réparties en deux canaux (*souagui* ou *majaras*) (*Photo 13*).



Photo 13 : Le jaugeage d'un petit canal (Seguia)

## a) - Application des lois de l'hydraulique

Nous essayons d'appliquer certaines formules d'hydrauliques conformes au type d'écoulement de l'eau dans la foggara, le *louh* représente un écoulement par orifice uniquement. Avant de commencer les démonstrations par la plaque de jauge (*louh*), nous avons procédé à la mesure du débit par le déversoir à la sortie de la foggara et la petite *kasria* choisie par le mesureur (*kial el ma*) pour effectuer les mesures par le *louh* :

Tableau 14 : Résultats de mesure de débits

	Nombre d'orifices	Type d'orifice	Diamètre	Charge d'eau (m)	Débit en (Tm +k)
Kasria	24	2 15 Tm	0,020	0,086	58 Tm + 6k ou (58 Tm, 1/4)
		1 13 Tm	0,019	0,085	
		5 01 Tm	0,010	0,144	
		6 01 k	0,002	0,132	
1° canal	21	2 15 Tm	0,020	0,086	48 Tm + 13 k ou (48 Tm, 1/2, 1 k)
		1 13 Tm	0,019	0,085	
		5 01 Tm	0,010	0,144	
		3 01 k	0,002	0,132	
2° canal	15	9 01 Tm	0,010	0,144	9 Tm + 61 k ou 9 Tm
		6 01 k	0,002	0,132	

Le débit de la foggara mesuré par le déversoir est de 23 l/s. la charge d'eau mesurée lors de l'opération de jaugeage est de 0.25 m. Les débits mesurés par le déversoir et le *louh* se résument dans le Tableau suivant :

Tableau 15 : Comparaison des mesures de débits du Louh et le déversoir

Instrument de mesure canaux	(Louh) Conversion des Tm en l/mn	Déversoir l / mn
Kasria (Canal principal)	78..9	79..2
{ 1er canal 2ème canal	65..3	66
	12. 24	12. 6

On remarque que les mesures du déversoir se rapprochent de ceux du *louh*  
-Le calcul du débit par la relation de l'écoulement de TORRICELLI nous a donné la valeur suivante :

$$Q = C_d S_0 \sqrt{2gh} = = 1.628 \text{ l/s} \quad (1)$$

$Q$  : le débit en m<sup>3</sup>/s

$C_d$  : coefficient de débit

$S_0$  : la section de l'orifice

$g$  : accélération de la pesanteur

$h$  : la hauteur de la charge d'eau

-La vitesse moyenne d'écoulement calculée par la relation de CHEZY donne :

$$V = C \sqrt{R_H \cdot I} \quad (2)$$

C: Coefficient de CHEZY, il dépend des paramètres géométriques de la forme, la section et des parois du canal

$$C = 32.29$$

$$V = 0.27 \text{ m/s}$$

Le régime d'écoulement de l'eau est déterminé par les nombres de Froude et de Reynolds avec :

$$F_r = \frac{Vm}{\sqrt{gRh}} = \text{d'où} \quad F_r = 0.27$$

Ce qui donne un régime d'écoulement fluvial.

## 6 - Sedimentologie

Les particules des roches anciennes arrachées par l'érosion sont transportées et déplacées tant que la vitesse des cours d'eau est suffisamment élevée; dès que cette vitesse diminue ou que la compétence du cour d'eau devient faible, les particules se déposent. La distance à laquelle les débris solides sont entraînés est fonction de la vitesse du courant et de la taille des éléments. On peut donc s'attendre à un granoclassement horizontal dans les zones de sédimentation, les particules les plus fines étant entraînées plus ou moins ainsi que les particules grossières. L'analyse granulométrique a pour but de caractériser les tailles des particules qui composent les dépôts. Pour rendre compte des paramètres sédimentologiques, nous avons prélevé quatre échantillons répartis respectivement à la sortie de la foggara, dans la *kasria principale*, dans la séguia et enfin dans le *madjen*.

Nous avons opéré dans un premier temps à la quantification des éléments fins (lutitiques : inférieurs à 40µm.) qui rendent compte des aires favorables à leur dépôt et de courant plus ou moins faible.

### a) - Les éléments fins inférieurs à 40 µ

Pour ce qui est des sédiments les plus fins, à savoir les taux de lutites exprimés dans les différents échantillons, il est à remarquer que ce taux est de l'ordre du pour-cent dans les sédiments de la foggara, ce taux se trouve dans la *kasria principale* avoisinant les 2.5% c'est à dire multiplié par un facteur ~ 5.

Cet état de fait traduit que la *kasria principale* joue un rôle de rétention par décantation des éléments fins provenant de la foggara.

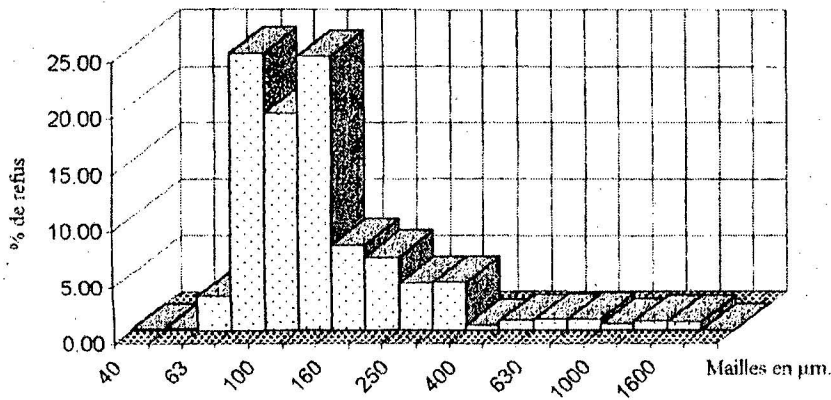
Les sédiments situés dans le *madjen* indiquent un taux de lutites légèrement inférieur à celui de la *kasria principale*, par contre plus important que ceux des sédiments recueillis à la sortie de la foggara. Ces résultats peuvent être interprétés par le fait qu'il y a enrichissement des éléments fins dans la *kasria* par rapport aux sédiments issus de la sortie de la foggara. A la sortie de la *kasria principale* vers le *madjen*, il y a redistribution des matériaux déjà décantés dans cette *kasria*.

**b) - Analyse granulométrique et description sommaire des échantillons**

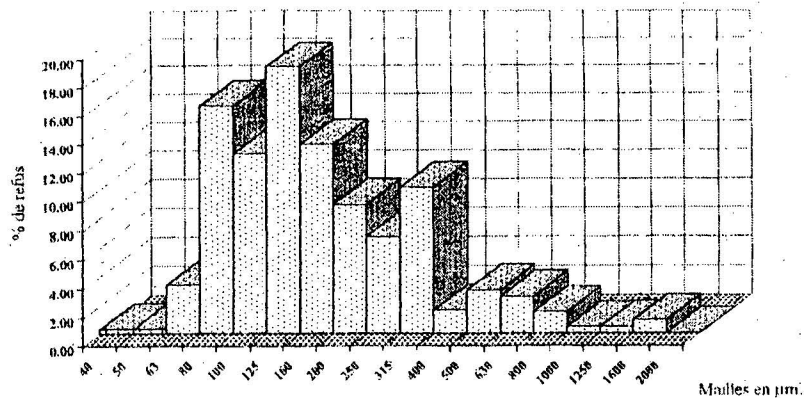
L'étude de la granulométrie a permis de tracer des histogrammes de fréquences (Fig. 22: éch: 1, 2 et 3) Ces histogrammes montrent une distribution unimodale à bimodale des particules pour les échantillons 1 et 3. La répartition granulométrique intéressant les stocks sédimentaires qui composent ces deux échantillons sont presque identiques.

L'histogramme de l'échantillon 2 montre une distribution plurimodale bien exprimée dans les classes fines [80-100] et [125-160], dans les classes grossières [215- 400] et [500- 630].

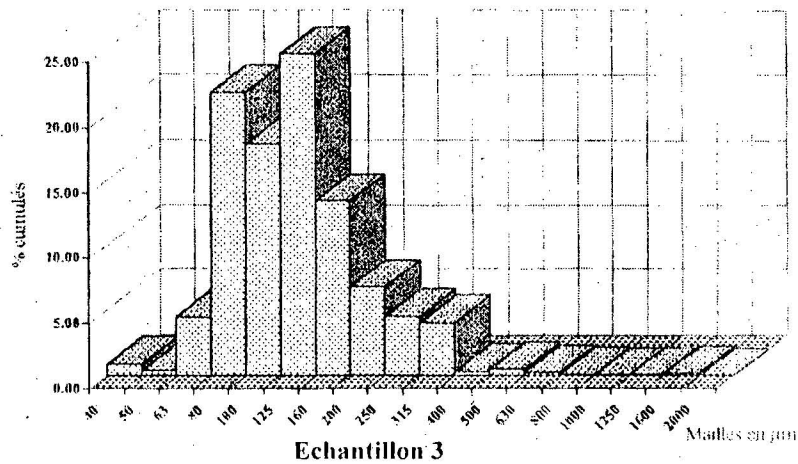
Il est à noter par ailleurs, que les sédiments supérieurs à 400µm, s'ils ne sont que très faiblement exprimés dans l'échantillon 3, ils le sont légèrement mieux dans l'échantillon 1, par contre l'échantillon 2 enregistre une meilleure figuration de ces sédiments grossiers dans cette fraction.



Echantillon 1



Echantillon 2



### c) - Conclusion

La granulométrie hétérogène traduit une concentration des éléments grossiers provenant de l'amont et faiblement redistribué vers l'aval.

Cette dynamique est analogue à celle des fines sauf que dans le cas des fines la redistribution en aval est assez importante, il ressort de cette analyse que la *kasria principale* joue un rôle de bassin de décantation pour les sédiments provenant de l'amont et un rôle de régulateur pour la redistribution des sédiments en aval.

# Chapitre V

## HYDROCHIMIE





## 1 - Introduction

Dans le cadre de notre étude hydrochimique nous avons effectué deux campagnes de prélèvements qui se sont déroulées en juin 98 et mai 99, et dans le souci de bien couvrir notre domaine d'étude, nous avons choisi la foggara d'Amreir et un forage de la région faisant partie du réseau de surveillance de l'ANRH.

Les échantillons d'eau prélevés ont été analysés au laboratoire de l'ANRH de Soumaa, ils ont porté essentiellement sur les teneurs des principaux ions qui sont :

Cations :  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$

Anions :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{NO}_3^-$

L'objectif essentiel de cette étude sera de déterminer les faciès chimiques des eaux, d'apprécier leurs qualités chimiques et d'établir une comparaison entre l'eau de la foggara et l'eau des forages.

## 2 - Classification géochimique des eaux

La représentation graphique des résultats de l'analyse chimique des eaux souterraines est une opération indispensable qui permet une meilleure compréhension des phénomènes qui interviennent dans les nappes. Plusieurs méthodes existent pour ce faire, nous avons choisi le diagramme logarithmique de SCHOELLER qui est plus complet et plus parlant surtout quand il s'agit de préciser le degré de parenté des eaux considérées et l'évolution de la composition en fonction de la concentration, ainsi que le diagramme en losange de PIPER qui a l'avantage de permettre la représentation de l'analyse de l'eau par un point unique.

### a) - Classification des eaux d'après le faciès chimique

Cette classification fait intervenir les ions dominants comme indice de classification : Les différents éléments ont été exprimés en quantités de réaction en pourcentage par rapport aux ions de même signe.

$$r \% = 100 \times r / c \quad \text{ou} \quad r : \text{Quantité en réaction de l'ion considéré en méq/l}$$

$$c : \text{Concentration totale en méq/l}$$

Elle nous a permis de définir deux classes subdivisées en deux sous classes.

Tableau 16 : Classification des eaux selon Stabler

Classes	Sous classes	N° du puits ou foggaras
<i>Sulfatée sodique</i>	Sulfatée sodique fortement calcique $r \text{ Na} > r \text{ Ca} > r \text{ Mg}$ $r \text{ SO}_4 > r \text{ Cl} > r \text{ HCO}_3$	Foggara d'Amreir
<i>Chlorurée Sodique</i>	Chlorurée sodique fortement calcique $r \text{ Na} > r \text{ Ca} > r \text{ Mg}$ $r \text{ Cl} > r \text{ SO}_4 > r \text{ HCO}_3$	Forage

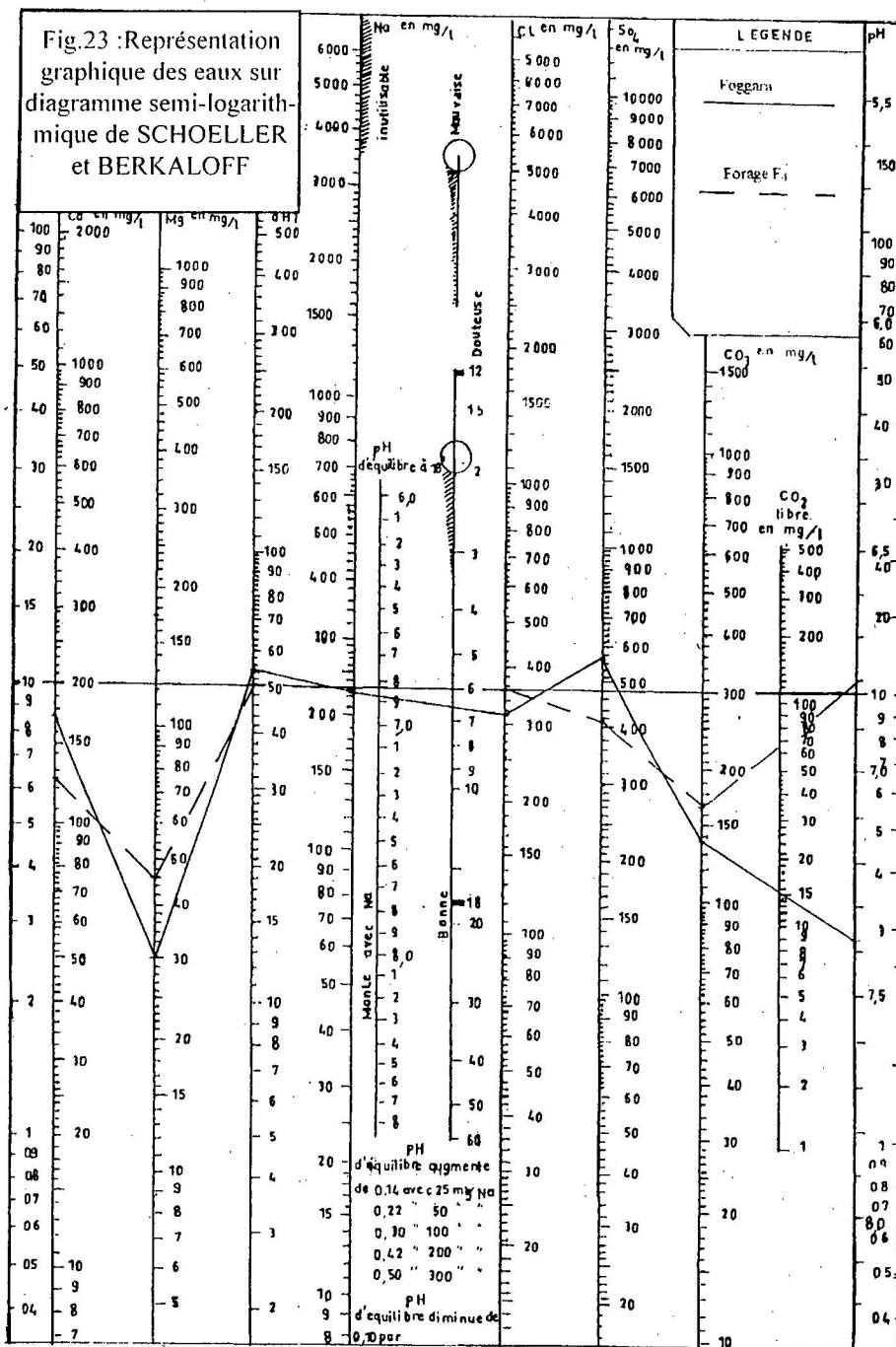
En fait l'eau de la foggara est sulfatée sodique par contre celle du forage est chlorurée sodique.

b) - Représentation sur diagramme semi-logarithmique de Schoeller Berkaloff

Cette représentation tient compte de l'analyse des principaux anions et cations et permet de bien voir le domaine de variation de la composition chimique. Elle confirme celle de Stabler (Fig.23).

Le diagramme de Schoeller Berkaloff fait apparaître les faciès suivants :

- Eau chlorurée sodique pour le forage
- Eau sulfatée sodique pour la foggara



c) - Représentation sur diagramme losangique de Piper

La représentation de la composition chimique par un point, permet de faire figurer un grand nombre d'analyses et de considérer une nappe dans son ensemble ou du moins dans de larges zones. Ainsi, il est possible de suivre l'évolution de l'eau dans une nappe, d'en déceler et d'interpréter les phénomènes modificateurs éventuels. Le diagramme en losange de PIPER, permet une classification facile des eaux, son principal avantage est donc de permettre une comparaison globale d'un grand nombre d'analyses d'eau de façon très aisée (Fig.24).

Classification des eaux naturelles

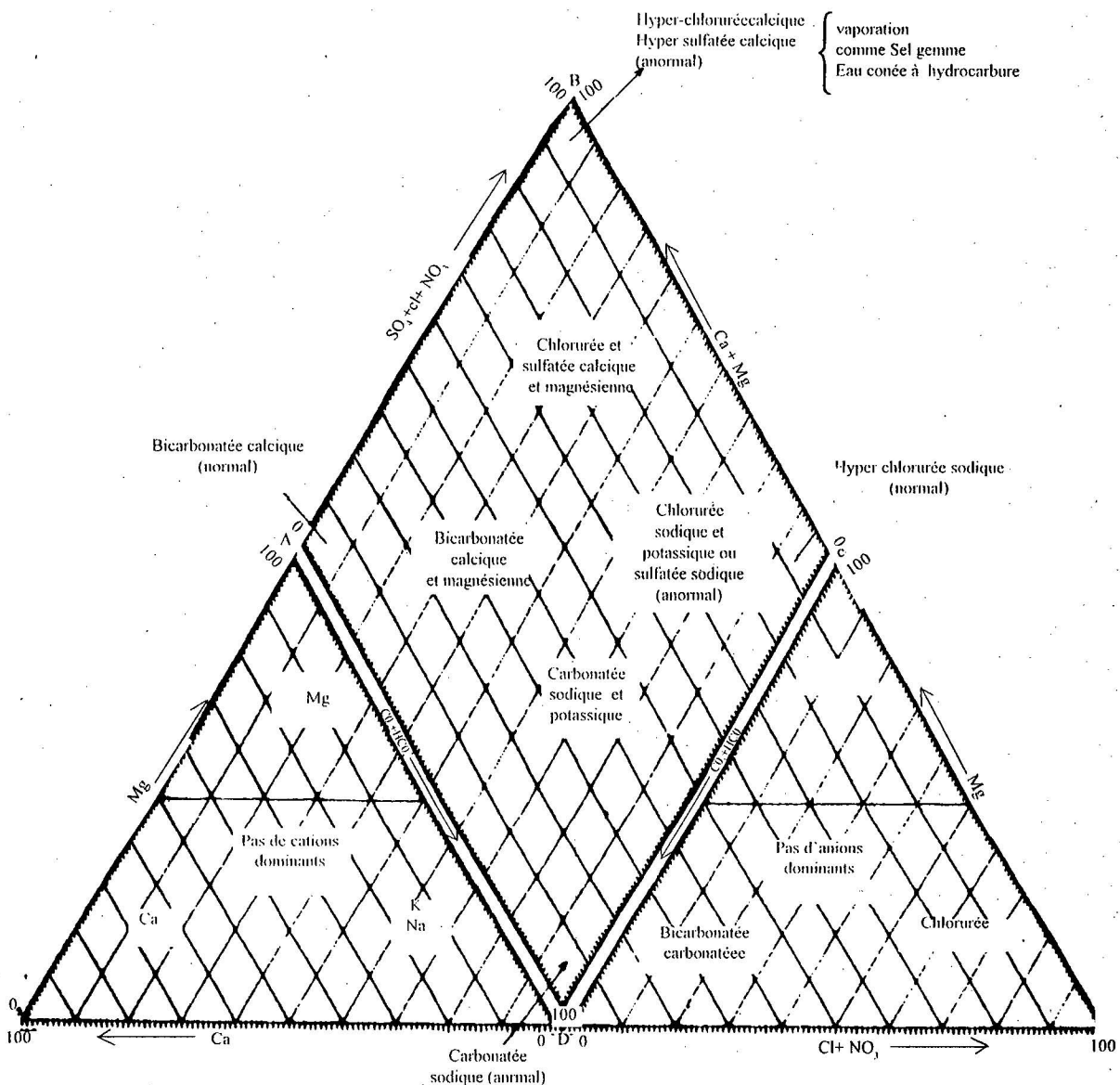


Fig.24 : Diagramme d'analyse d'eau d'après PIPER

Après le calcul des quantités en réactions en pourcentage des cations et anions (Cf. tableau annexe 7), nous avons reporté les différentes analyses sur le diagramme de Piper (Fig. 25). Le graphique losangique de Piper nous permet de classer les eaux comme suit :

- Foggara: Chlorurée et Sulfatée Calcique et magnésienne
- Forage: Chlorurée sodique et sulfatée

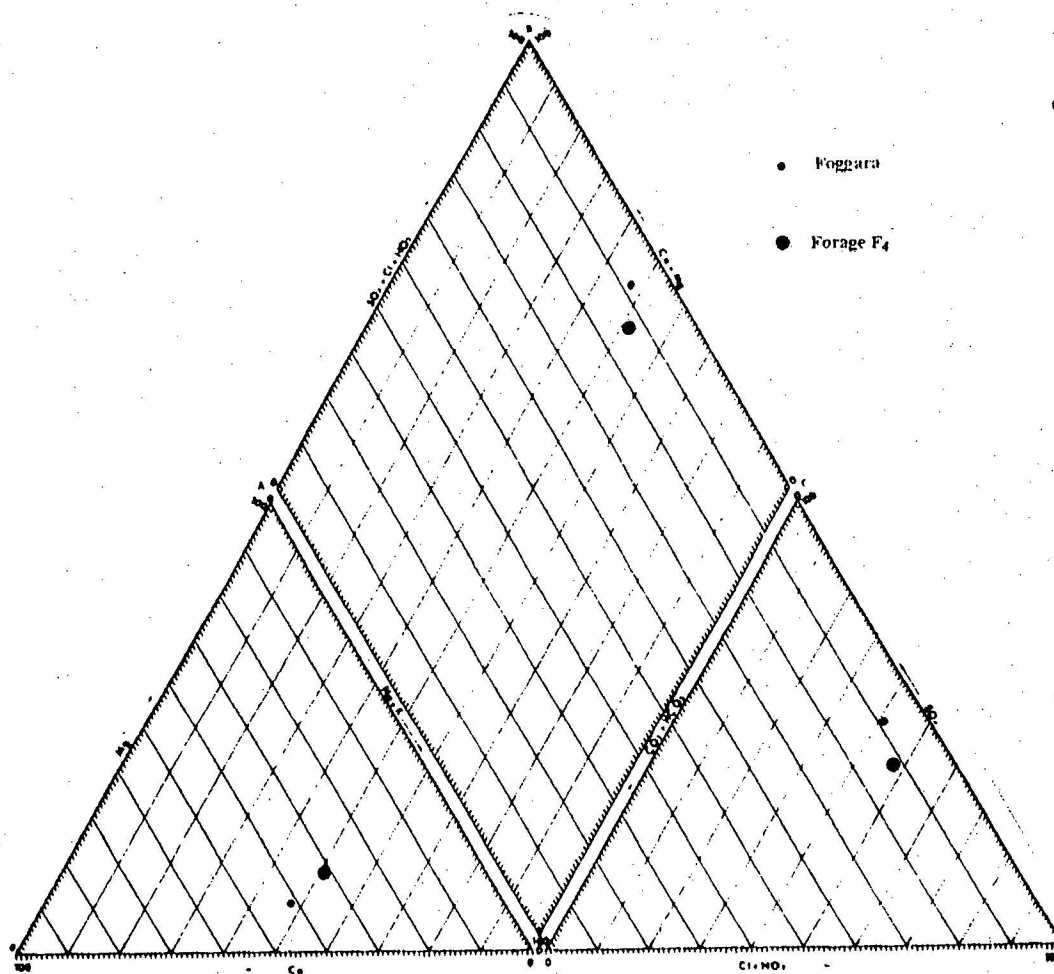


Fig. 25 : Représentation graphique des eaux  
Sur diagramme losangique de PIPER

### 3 - Indice d'échange de base

L'indice d'échange de base a été défini par Schoeller en 1934 par la relation suivante:

$$i.e.b = [rcl - r(Na+K)] / rcl$$

Les teneurs en chlorures, sodium et potassium sont exprimées en milliéquivalents par litres (méq/l).

$$i.e.b \text{ foggara} = - 0.14$$

$$i.e.b \text{ forage} = - 0.031$$

L'i.e.b indique le sens des échanges ioniques qui se font entre l'eau et les terrains encaissants :

- **i.e.b < 0** : les eaux échangent les ions  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  contre les ions Na du terrain encaissant

- **i.e.b > 0** : les eaux échangent les ions  $Na^+$  contre les ions  $Ca^{++}$ , et  $Mg^{++}$  du terrain encaissant

Les résultats obtenus après le calcul de l'i.e.b montrent que les échantillons ont un **i.e.b négatif**. On remarque donc une légère prédominance des échanges contre le  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  de l'eau contre le  $Na^+$  des terrains encaissants. Le faciès chimique obtenu confirme cet échange puisqu'il est chloruré sodique et sulfaté sodique.

Les échanges de base sont facilement reconnaissables sur le graphique logarithmique de SCHÖELLER. Ils sont représentés par des droites joignant  $rcl$  et  $r(Na+K)$ , obliques et descendantes vers la droite pour les échanges négatifs, obliques et descendantes vers la gauche pour les échanges positifs.

### 4- Qualité chimique des eaux

#### a) - Degré hydrotimétrique

Il indique la teneur totale en sels de calcium et de magnésium et exprime la dureté d'une eau, il est calculé en degré français.

$$dH^{\circ} = (r Ca^{++} + r Mg^{++}) \times 5^{\circ}F$$

Tableau 17 : Dureté de l'eau selon la classification Française.

dH°	0-7	7-22	22-32	32-54	> 54
Dureté de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	dure	Très dure

- Le forage F4 a une dureté de  $dH^\circ = 50.5^\circ F$

- La foggara a une dureté de  $dH^\circ = 55.5^\circ F$

On remarque que les eaux de la région sont dures à très dures.

Tableau 18 : Normes de potabilité chimique fixées par la communauté européenne

Qualité	Na+	K+	CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Minéralisation totale (mg/l)
Très bonne	< 60	< 10	< 100	< 150	< 25	< 750
Bonne	60-100	10	100-200	150-250	25-50	750-1000
Médiocre	100-150	12	200-250	250-300	50-100	1000-1500
Mauvaise	> 150	> 12	> 250	> 300	> 100	> 1500

#### b) - Agressivité ou incrustante des eaux

Le caractère agressif ou incrustant d'une eau est déterminé à partir de la comparaison entre le  $pH$  mesuré et celui déduit du diagramme Schoeller Berkloff.

Si le  $pH$  d'équilibre est inférieur au  $pH$  mesuré : l'eau est incrustante

Si le  $pH$  d'équilibre est supérieur au  $pH$  mesuré : l'eau est agressive.

Si le  $pH$  d'équilibre est égal au  $pH$  mesuré : l'eau est neutre.

En ce qui nous concerne nous avons des échantillons présentant un caractère agressif pour le forage et un caractère incrustant pour la foggara.

$$pH \text{ d'équilibre (foggara)} = 7.22$$

$$pH \text{ d'équilibre (forage)} = 7.23$$

## 5 - Qualité des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation apportent avec elles un certain nombre de sels dont les plantes ne prélèvent qu'une partie au niveau des racines. Les sels non utilisés s'accumulent et accroissent ainsi, la salinité propre du sol. Les teneurs en sels des eaux d'irrigation doivent donc être bien inférieures au seuil de salinité du sol considéré comme critique.

L'influence des sels sur la croissance des plantes se manifeste sous plusieurs aspects : participation aux effets osmotiques, perturbation de la nutrition par antagonisme (par exemple entre la nutrition potassique et la nutrition azotée), effets toxiques, modification des propriétés physiques du sol (des teneurs trop élevées en sodium peuvent provoquer une alcalinisation du sol), effets nutritifs (nitrates et phosphates).

Les critères retenus pour estimer la qualité d'une eau destinée à l'irrigation sont physiques et chimiques. En ce qui concerne la conductivité, la limite pratique est de 700 microns (ou 0.7 millimohs) correspondant à une concentration totale de 450 mg/l et à une pression osmotique de 025 bar.

En ce qui concerne le sodium, l'alcalinisation des sols provoque une dégradation de leur structure, cet effet vient s'ajouter à l'effet toxique de cet élément lorsqu'il est en excès.

De façon à déterminer la capacité d'adsorption du sodium par le sol à partir d'une eau d'irrigation donnée, on utilise le taux d'adsorption de sodium (SAR) tel qu'il est donné par le laboratoire Américain de la salinité:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{1/2 (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}} \quad \text{en méq/l}$$

- Si le SAR < 10 L'eau a un faible danger d'alcalinisation des sols
- Si le 10 < SAR < 18 Danger d'alcalinisation assez appréciable
- Si le 18 < SAR < 26 Danger d'alcalinisation important

En plus des effets de la salinité, certains ions ont des effets variables sur la croissance des plantes. Ces critères d'appréciation de la qualité d'une eau à des fins d'irrigation concernant la composition chimique de cette eau, la texture des sols irrigués, les espèces végétales irriguées (tolérance au sel) mais aussi les conditions climatiques. D'après le calcul du SAR les eaux d'irrigation ont un faible danger d'alcalinisation du sol

	SAR
Forage	2,08
Foggara	4,17

## 6 - Conclusion

L'application des méthodes de classification (PIPER et SCHOELLER) aux données des éléments chimiques dominants ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) obtenues par l'analyse hydrochimique met en évidence l'appartenance de ces eaux à deux types de familles (chlorurées, sulfatées).

La représentation de l'eau sur le graphique logarithmique de SCHOELLER montre que l'eau de la foggara est sulfatée sodique par contre l'eau du forage est chlorurée sodique.

La méthode de PIPER montre que l'eau de la foggara est chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne par contre l'eau du forage est chlorurée sodique et sulfatée.

La minéralisation est assez élevée présentant un résidu sec supérieur à 1400 mg/l. L'eau analysée de la foggara est sulfatée sodique et celle du forage est chlorurée sodique. L'examen des échanges de base montre en plus, que ces eaux sont beaucoup plus chlorurées sodiques que chlorurées calciques, ceci est expliqué par la prédominance des échanges de base négatifs par rapport aux échanges de base positifs. Du point de vue dureté les eaux de la région sont très dures.

## CONCLUSION GENERALE

L'eau est l'élément capital et vital, pour toute création et ceci depuis la nuit des temps....

Le Sahara est un espace vide, désert et agressif. L'homme par son génie a élaboré un système de captage et un réseau de distribution de l'eau élémentaire mais efficace, à ce milieu défavorable qui lui permet de s'imposer et d'y vivre.

La construction de la foggara a demandé beaucoup de temps, des milliers d'individus anonymes les ont creusés afin que les habitants de ces zones arides ou hyper arides puissent disposer d'eau. Il est rare qu'on sache à quel point les foggaras ont été indispensables à l'épanouissement de certaines civilisations. Depuis plus de 3000 ans qu'elles existent, les foggaras constituent par exemples l'essentiel du système d'alimentation en eau de l'Iran.

Le secteur d'étude est caractérisé du point de vue climatique par la faiblesse des apports en eau pluviométrique dans une zone hyper aride à température très élevée, 48°C en juillet et évapotranspiration intense 23 mm par jour en août. Le bassin versant présente une forme allongée et un indice de pente très faible (écoulement lent). Les vents dominants proviennent du Nord Nord Est, l'ensablement menace les foggaras et les palmeraies.

La géologie de la région est dominée par l'affleurement du continental intercalaire gréseux qui plonge sous le vaste plateau du Tademaït et se biseaute à l'ouest.

l'écoulement des eaux souterraines est orienté Nord est - Sud ouest de Timimoun vers Adrar.

La demande en eau s'accroît d'année en année par l'usage domestique et l'irrigation, le continental intercalaire unique ressource pour la région du Gourara, n'a cessé de baisser depuis son exploitation par le système de foggara.

La demande en eau enregistrée par rapport à cette demande croissante a nécessité l'exploitation de la nappe du continental intercalaire par forages profonds et une mécanisation de l'exploitation par l'utilisation de l'énergie électrique.

Cependant la foggara ne s'arrête pas à sa fonction technique, une conduite d'amenée de l'eau de la nappe souterraine aux terrains à irriguer grâce à une pente appropriée, mais elle constitue un élément essentiel dans l'organisation sociale de la région.

Le premier avantage des foggaras réside dans le fait qu'elles n'exploitent les réserves d'eau souterraines qu'à un certain point et jamais au-delà du seuil de réapprovisionnement naturel. Par ailleurs les *kasrias* fonctionnant comme de véritables bassins de décantation, permettent de maintenir la qualité agricole des sols. Elles canalisent un écoulement libre qui se régule de lui-même dans des limites fixées par la nature et ne menacent pas ainsi l'équilibre hydrologique et écologique de la région.

L'eau a une minéralisation très élevée, les échantillons analysés présentent un résidu sec supérieur à 1500 mg/l, les deux faciès prédominants sont le chloruré sodique et le sulfaté sodique.

La technologie moderne a permis l'exploitation des eaux souterraines sans se soucier des limites de réalimentation naturelles. On peut augmenter les débits prélevés mais tôt ou tard les réserves s'épuiseront tandis que l'agriculture et toute l'économie risquent de connaître un point de non-retour, causant ainsi de graves incidences socio-économiques.



Aujourd'hui ce procédé hydraulique ; devenu un des principales caractéristiques de la région, est menacé par la disparition et le tarissement. L'absence de creusement de nouvelles foggaras, s'ajoutant à l'inexistence d'entretien de celles qui existent provoquera sans nul doute le déclin du système des foggaras.

Ce phénomène ne fait que s'amplifier d'année en année, et en moins d'un demi-siècle le réseau ancien de plus d'un millier de foggaras a accusé une régression considérable. Si l'on comptait plus de mille foggaras dans la région de Touat- Gourara et Tidikelt au début des années soixante, aujourd'hui on ne recense que quelque 807 foggaras pour toutes ces régions.

Ce déclin est favorisé par l'implantation de forages. La création d'emplois non agricoles, l'urbanisation rapide, l'utilisation généralisée de l'énergie électrique, sont autant de facteurs aggravant dans le sens de la mort programmée du système séculaire des foggaras. Pour sauvegarder ce patrimoine il faut introduire des techniques modernes, tel que l'utilisation des pipes solides ou en logeant dans la galerie une conduite étanche et suffisamment résistante pour éviter l'écrasement. Cette conduite supprimerait également les travaux actuels de dessablages et de curage. Il faut par ailleurs éloigner les forages d'exploitation vers la plaine de M'guiden afin d'éviter toute interférence avec les foggaras. Si le système de pompage par forages permet d'irriguer des surfaces importantes il n'en demeure pas moins qu'il reste onéreux. Par contre le système de foggaras plus rentable, parcequ'il permet d'amener l'eau par gravité, ne permet que l'irrigation d'une surface limitée.

Les besoins grandissants (augmentation de démographie) en eau de la population du Sahara nécessitent des techniques nouvelles qui ont un effet négatif sur la nature. D'où la préservation des foggaras est primordiale pour garder l'équilibre naturel.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABERRAHMENE S. 1980** ; L'eau et le Maghreb. Un aperçu sur le présent. l'héritage et l'avenir (PNUD), pp. 131-137.
- A.N.R.H.ADRAR. 1998** ; Inventaire des foggaras et des forages de la wilaya d'Adrar.  
**A.N.R.H. 1983** ; Foggara du Touat, Gourara et Tidikel. Etude du fonctionnement et des possibilités d'amélioration -Notice Géologique, technique, agronomique. Rapport technique. Alger.
- BISSON j. 1961** ; Le gourara, étude de géographie humaine. Mémoire n°3. I.R.S Université d'Alger, 22p.
- CAPONERA O.A. 1973** ; Le droit des eaux dans les pays musulmans, Bulletin d'irrigation et de drainage n° 20 FAO, Rome.
- CARLIER M. 1980** ; Hydraulique générale et appliquée Edition Eyrolles / Paris, 567p.
- CASTAGNY G. 1980** ; Faire connaissance avec l'eau propre Edition Hachette, Paris.
- CASTAGNY G. 1982** ; Principes et méthodes de l'hydrogéologie Dunod Université, 237p.
- CASTAGNY G. 1982** ; Le bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie-Tunisie) Aquifère du continental intercalaire et complexe Terminal. Bull. du B.R.G.M Hydrogéologie et Géologie de l'ingénieur.
- CONRAD J. 1984** ; Les séries carbonifères du Sahara central Algérien. Stratigraphie, sédimentation, évolution structurale. Thèse Doct.d'état Université Aix Marseille.
- CRS-SOFRETEN. 1963** ; Foggara du Touat et Gourara. Etude de fonctionnement et des possibilités d'amélioration (rapport technique) Alger.
- DE MARTONNE E. 1962** ; Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité La météorologie, pp.440-458.
- DESPOIS.J et RAYNAL R. 1975** ; Géographie de l'Afrique du nord- ouest Edition Payot, Paris, pp. 440-450.
- DETAY M. 1997** ; La gestion active des aquifères. Edition Masson. Paris, 451p.
- DRID M. 1989** ; Quelques aspects de la diagenèse orogénique et minérale dans le bassin de Timimoun et le sillon de Sbaa (Sahara central algérien).Thèse 3° cycles Université de Bordeaux.
- DUBIEF j. 1963** ; Le climat du Sahara.I.R.S .Mémoire hors série tome II Alger 314p.
- DUBOST D. 1992** ; Aridité, Agriculture et développement : le cas des oasis algérien. Revue de la Sécheresse n°2. Vol.3, pp 85-94.
- DUBREUIL p. 1974** ; Initiation à l'analyse hydrologique. Edition.Masson &.Cie./ Paris, 216p.
- GOBLOT H. 1979** ; Les quanats, une technique d'acquisition de l'eau Edition Mouton, école des hautes études en sciences sociales

- GRIOLLET C.1983 ;** Polycopié d'Hydrochimie et pollution. (ENITRTS)  
Ecole nationale des ingénieurs des travaux ruraux et des techniques  
sanitaires Strasbourg, 99p.
- GUILLEMET J.1977 ;** Eléments de Géologie. Publication de l'Institut français du  
pétrole, Société des éditions technip, pp.125-126.
- GUNTHER, GARBRECHT.1983 ;** Les ouvrages hydrauliques des anciens  
Revue science et société n° 1 publié par L'UNESCO pp.5-12.
- HADRI M. 1999 ;** Le système d'irrigation par foggara dans la wilaya d'Adrar.  
Rapport technique D.H.W de Timimoun.
- HASSANI I .1991 ;** Les méthodes traditionnelles de captages des eaux  
souterraines dans le Sahara algérien Revue magrébine  
Techniques et Sciences n° 6.
- JEAN C, HENRI T. 1987 ;** Origine, gestion de l'eau,  
évaluation des aquifères dans les oasis B.R.G.M ( I.R.A.T)
- KOBORI I. 1982;** Case studies of foggara oasis in the Algerian and Syria,  
Collaborating Authors: Khaled Assad - Hammadi Ahmed El  
Hadj, Motoko Katakura- Sachio Kubo - Nobuaki Nutahara -  
Yutaka Takahaasi - Kuji Yagi.The Tokyo university. Scientific-  
Mission for the comparative study of the Foggara Oasis in the  
arid zone of the old continent-report Number one, pp.31-46
- MARGAT J.1996 ;** Contribution au colloque  
(L'eau et la vie des hommes au XXI<sup>e</sup> siècle) MURS-  
UNESCO, Paris.
- MESRATI, OKACI .1996 ;** Contribution à l'étude hydrogéologique d'Adrar  
Mémoire d'ingénieur d'état en géologie U.S.T.H.B.
- M. Mourau, G. Brace.2000 ;** Dictionnaire des sciences de la terre (Anglais-Français,  
Français- Anglais).Edition technip. France.
- MONITON L. 1966 ;** Les graphiques à base trinéaire représentatif de la  
composition chimique de eaux souterraines. Le diagramme  
en »losange». BRGM
- MOULIAS P. 1927;** L'organisation hydraulique des Oasis sahariennes. Edition  
Jules Carbonel Alger.
- OULED BELKHEIR. HADBAOUI, 1995;** Contribution à l'étude hydro-agricole  
des palmeraies à foggaras Touat et Gourara. Mémoire  
d'ingénieur d'état en Génie rural Université de Blida.
- ONM.DAR EL BEIDHA .1997 ;** Données Climatiques de la région d'Adrar (1988-1997)
- RAMDDANI, DEHAMNIA .1995 ;** Contribution à l'étude hydraulique de la foggara de  
Bendraou (Aoulef-Adrar) - Mémoire d'ingénieur d'état en  
Génie rural Université de blida
- REMENIERAS G. 1965 ;** L'hydrologie de l'ingénieur. Edition Eyrolles / Paris.456p.
- SAIDI A .1983 ;** Les systèmes de captage traditionnels dans les oasis  
sahariennes. A.N.R.H Alger, 154p.
- SAVORNIN j. 1948 ;** Le plus grand appareil hydraulique du Sahara.  
Travaux de L'I.R.S tome IV Alger.

- SCHOELLER H. 1955 ;** Géochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de pétrole : revue de l'institut français du pétrole Vol.10 n°3, pp.182-186.
- SCHOELLER H. 1955 ;** Géochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de pétrole. Revue de l'institut français du pétrole Vol.10 n°4, pp.221-227.
- SCHOELLER H. 1955 ;** Géochimie des eaux souterraines. Application aux eaux des gisements de pétrole: revue de l'institut français du pétrole Vol.10 n°7, pp. 671-690.
- SCHOELLER H. 1962 ;** Les eaux souterraines. Edition Masson et Cie, Paris, 642p.
- SONATRACH. 1991 ;** Exploration in Algérie. Sonatrach / Division exploration, 36p.
- UNESCO. 1972 ;** Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport technique Algérie. Tunisie.
- UNESCO. 1983 ;** La gestion de nos ressources en eau douce. Revue n°1: Science et Société.
- WEC ALGERIE 1995 ;** Géologie de l'Algérie. Schlumberger. Wec (Well evaluation Conférence) Sonatrach, pp 1-93.

### **Documents cartographiques utilisés**

- Carte topographique de Timimoun à l'échelle : 1/200 000  
*dressée en 1961, dessinée et publiée par l'I.N.C.*
- Carte touristique d'Algérie à l'échelle : 1/2 300 000  
*I.N.C. (Institut National de Cartographie)*
- Carte géologique de Timimoun à l'échelle : 1/500 000  
*carte publiée en 1974*  
*M.Madjid Oussedik : Directeur des mines et de la géologie au ministère de l'industrie et de l'énergie.*  
*M.Omar Merabet : chef de service géologique de la république Démocratique et Populaire à Alger.*
- Carte géologique du Nord Ouest de l'Afrique à l'échelle 1/5 000 000  
*Carte réalisée sous la direction de J.Fabré. au (CNRS) Centre géologique et géophysique. Montpellier. 1978*

## Notations

<i>A:</i>	Indice d'aridité à l'échelle annuelle	
<i>a:</i>	Indice d'aridité à l'échelle mensuelle	
<i>a:</i>	Alluvions	
<i>C:</i>	coefficient de CHEZY	
<i>E:</i>	Est	
<i>Fr:</i>	Nombre de Froude	
<i>I:</i>	Pente du canal	
<i>KK:</i>	Kirat du Kirat	
<i>KKK:</i>	Kirat en Kirat du Kirat	
<i>LT-1</i> <i>ODTH-1</i> <i>MJB-1</i>	} → Numéro de forage pétrolier	
<i>mp:</i>		Miopliocène
<i>N:</i>		Nord
<i>NE:</i>	Nord-Est	
<i>O:</i>	Ouest	
<i>P:</i>	Précipitations	
<i>S:</i>	Sud	
<i>Sg:</i>	Sagua	
<i>qd:</i>	Dunes	
<i>q:</i>	Quaternaire	
<i>R<sub>H</sub>:</i>	Rayon hydraulique	
<i>SAR:</i>	Taux d'adsorption du sodium	

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1:	Caractéristiques des deux stations (Adrar et TIMIMOUN)	16
Tableau n°2:	Vents mensuels en m/s à la stations d'Adrar période (82-94)	18
Tableau n°3:	Evaporation mensuelle en mm à la station d'Adrar période (88-97)	19
Tableau n°4:	Moyennes mensuelles des précipitations en mm à la stations d'Adrar période (88-97)	19
Tableaux n°5:	Valeurs d'indice d'aridité	20
Tableau n°6:	Les unités de mesure pour la Daira de TIMIMOUN	43
Tableau n°7:	La habba et les nombres fractionnaires de la habba	47
Tableau n°8:	Le nombre fractionnaire du Kirat	48
Tableaux n°9, 11, 12, 13:	Vérification des calculs	50, 52, 53, 54
Tableau n°10:	Les principales codifications pour le calcul	50
Tableau n°14:	Résultats de mesures des débits	58
Tableau n°15:	Comparaison des mesures de débits du Louh et du déversoir	58
Tableau n°16:	Classification des eaux selon Stabler	63
Tableau n°17:	Dureté de l'eau selon la classification française	67
Tableau n°18:	Normes de potabilité chimique fixées par la communauté européenne	68

## LISTE DES FIGURES

<i>Fig.1:</i> Diffusion des foggaras depuis les montagnes Irano-Arménienne	8
<i>Fig.2:</i> Coupe schématique d'une foggara	10
<i>Fig.3:</i> Schéma de fonctionnement d'une foggara	10
<i>Fig.4:</i> Situation géographique de la zone d'étude	15
<i>Fig.5:</i> Carte des sous bassins versants du Sahara	16
<i>Fig.6:</i> Variation inter-annuelle des précipitations des deux stations	17
<i>Fig.7:</i> Températures moyennes mensuelles (période.88-97)	18
<i>Fig.8:</i> Répartition fréquentielle des vents annuels	19
<i>Fig.9:</i> Indice d'aridité des deux stations	21
<i>Fig.10:</i> Indices mensuels	21
<i>Fig.11:</i> Carte géologique d'Algérie	26
<i>Fig.12:</i> Stratigraphie des provinces Occidentale, Orientale et Triasique	27
<i>Fig.13:</i> Carte géologique du secteur	29
<i>Fig.14:</i> Coupe schématique du Sahara Nord centrale	30
<i>Fig.15:</i> L'aquifère du complexe Combro-Ordovicien	34
<i>Fig.16:</i> L'aquifère du complexe Silurien et Dévonien inférieur	34
<i>Fig.17:</i> L'aquifère du complexe Dévonien supérieur-Carbonifère	35
<i>Fig.18:</i> L'aquifère du complexe Triasique	35
<i>Fig.19:</i> L'aquifère du bassin hydrogéologique du Sahara algérien	36
<i>Fig.20:</i> Carte hydrogéologique du Continental Intercalaire	38
<i>Fig.21:</i> Carte piézométrique du secteur d'étude	41
<i>Fig.22:</i> Les histogrammes de fréquences	60, 61
<i>Fig.23:</i> Représentation graphique des eaux sur diagramme de SCHOELLER et BERKALOFF	64
<i>Fig.24:</i> Diagramme d'analyse de PIPER	65
<i>Fig.25:</i> Représentation graphique des eaux sur diagramme losangique de PIPER	66

## LISTE DES PHOTOS

photo n° 1:	Peigne partiteur	11
photo n° 2:	Canaux ou souagui	11
photo n° 3:	Madjen en béton	12
photo n° 4:	Régistre de la foggara	43
photo n° 5:	Mesureur à trois rangées de trous pour les petites kasria	44
photo n° 6:	Mesureur à une seule rangée de trous pour les kasrias moyennes	44
photo n° 7:	Mesureur à deux rangées de trous pour les grandes kasria	44
photo n° 8:	Sortie de la foggara	55
photo n° 9:	Kasria principale à la sortie de foggara	55
photo n° 10:	Kasria secondaire	56
photo n° 11:	Multiples de kasria	56
photo n° 12:	Madjen en argile	56
photo n° 13:	Le jaugeage d'un petit canal	57





# ANNEXES



**ANNEXE N° : 1**

**Précipitations moyennes annuelles en (mm) et leurs paramètres statistiques (Période 1988-1997)**

*Données ONM DAR EL BEIDHA*

Années	Stations	ADRAR	TIMIMOUN
1988		18.00	15.00
1989		4.10	3.80
1990		84.40	33.80
1991		17.60	7.80
1992		7.30	19.10
1993		7.60	31.40
1994		18.00	16.40
1995		16.30	58.80
1996		91.80	93.30
1997		2.80	2.20
<b>Moyenne X (mm)</b>		26.79	28.16
<b>Ecart type <math>\sigma</math></b>		31.20	27.02
<b>Coefficient de variation Cv</b>		116.42	95.95
<b>Variance</b>		97.327	72.998
$\sum x_i$		267.90	281.60

**Températures moyennes annuelles des deux stations périodes (1988-1997)**

*Données ONM DAR EL BEIDHA*

Années	Stations	ADRAR	TIMIMOUN
Septembre		32.150	31.580
Octobre		25.838	24.440
Novembre		19.040	17.810
Décembre		13.980	12.920
Janvier		12.510	11.570
Février		16.000	13.120
Mars		19.190	18.180
Avril		22.890	22.490
Mai		28.640	27.890
Juin		33.880	33.430
Juillet		36.490	36.010
AOÛT		36.080	35.700
<b>T° Moyennes Annuelles en °C</b>		24.723	23.762

## ANNEXE N° : 2

## Inventaire des Foggaras de la wilaya d'Adrar

D'après ANRH.ADRAR

Daira	Commune	Nb de Foggara en Service	Nb de Foggara tarifiées	Q ancien L/s	Q Actuel L/s	Q M3/an	Long Ancienne Km	Long Actuelle Km	Nb de Puits	Différence de Q l/s	Date de jaugeage
Aouelef	Timokten	18		179.9	196.6	6199977.6	63.584	76.28	5539	18.3	
	Aoulef	8		108	78.3	2469268.8	32.72	57.5	4459	-29.7	Avril 98
	Tit	2		3	20.5	646488	2.7	4	1160	0.15	
	Akabli	13		64.5	49.1	19484117.6	35.256	51.62	4974	-16.2	
	Total	41		353.4	344.5	10864152	134.26	189.4	16132	-27	
Reggane	Reggane	43		128.95	158.6	5000032.8	54.15	167.5	12721	8.05	
	Sali	16		40.6	86.05	2713672.8	81.5	81.5	3184	14.95	
	Total	59		169.55	244.6	7713705.6	54.15	249	15905	23	Mai 98
Zt Kounta	Inzegmir	67	16	65.66	272.5	8594506.01		201.466	11696	13.76	
	Zt kounta	71	34	140.37	182.2	5745859.2		123.93	7736	-18.776	Juillet 98
	Total	138	50	206.03	454.7	14340365.28		324.996	19432	-32.536	
Fennoughil	Taoust	52	20	125.47	93.9	2961230.4		135.1	10036	-44.71	
	Fennoughil	41	13	88.25	162.3	5118292.8		103.95	9546	-24.45	Juillet 98
	Tamentit	39	26	222.3	104.6	3298665.6		149.9	8019	-128.2	
	Total	132	59	436.02	360.8	11378188.8		388.95	27701	-197.36	
Adrar	Timi	37	26	248.7	151.6	4779280.8		141.9	9591	-132.9	
	Bouda	23	9		95.05	2997496.8		32.4	8365		Acut 98
	Adrar	10	8		76.26	2404935.36		37	3845		
	Total	70	43	248.7	322.9	10181712.96		261.3	21801	-132.9	
Tsabit		49	34	269.2	203.3	6411269		180.5	15614	-65.9	Sept. 98
						6411268.8					
Aougrout	Deldoul	21	4		136.8	4314124.8		94	9396		
	Metarifa	30	16		130	4099680		106.1	11168		Décembre 98
	Total	51	20		266.8	8413804.8		200.1	20564		
Timimoun		154	14	311.08	244.7	7716575.376	173.6	216.15	17192	-96.56	Juillet 98
Culed Said		34	1	76.609	56.84	1792474.704	35.1	35.1	8492	-26.3	Juillet 98
Charaouine	Talmine	6	8		52.96	1670146.56		6.587	267		
	Charaouine	50	11	45.46	13.4	422582.4		96.08	6687	-37.5	
	Ouled	23	19	14.65	131.4	4142568.95		88.1	3775	42.63	Avril 98
	Total	79	40	60.11	197.7	62234625.15		190.767	10729	5.13	
	Totaux	807	240	2130.7	2697	85046916	397.11	2236.25	173562	-550.520	

## Inventaire des palmeraies et des foggaras de la Daira de Timimoun

Nom et N° de la Palmeraie	Nom et N° de la Foggara	Q ancien l/s	Q actuel l/s	Q en m³/an	Long.anc/ km	Long.act/K m	Nb de Puits	Diff. Débits	Caract. l/s/Km	D'après ANRH-ADRAR	
										Date de Jaugeage	05/0798
"	1-REGH	0.9	0.6	18921.6	1.5	1.5	200	-0.3	0.4	"	"
"	2-FELFEL	7.2	4	126144	4.2	4.2	366	-3.2	0.95	"	"
"	3-BOURABAH	0.1	1.2	37843.2	0.7	0.7	90	1.1	1.71	"	"
"	4-YAHIA	0	1.6	50457.6	1.1	1.1	120	1.5	1.45	"	"
"	5-ASSAMAM	0	0.4	12614.4	1.5	1.5	200		0.27	"	"
"	6-AKHABI	0.9	3	94608	7	7	366		0.43	"	"
"	7-TCHACH	0	0.4	12614.4			95	-0.5		07/0798	"
"	8-F.GABLIA	0.01	0.4	12614.4		2.6	200		0.16	"	"
"	9-MAHDI	0	0.6	16768	0.9	2.5	140	0.49	0.2	"	"
"	10-BA/AMAR	0.03	0.3	9460.8		0.4	87		0.75	"	"
"	11-GUELAFI KEBIRA	1.9	0.4	12614.4	1.5	1.5	180	0.37	0.27	"	"
"	12-GUELAFI BAAKOUIM	1.26	0.9	26382.4	2.6	2.6	260	-1	0.36	"	"
2-TLALT	13-BOURKANE	0.016	1.5	47304	1.3	1.3	80	0.24	1.15	"	"
"	14-KEBIRA	8.8	6	167680	4.8	4.8	300	4.984	1.04	"	"
"	15-DJEDIDA OUALI	1.3	0.4	12614.4	2.8	2.8		-8.4	0.14	"	"
"	16-BOUIDOU	7.6	1.11	36005	1.3	1.3	120	-0.19	0.85	"	"
3-EL KEF	17-MENKISIS	1.6	7	220752	3	4.6	80	-0.5	1.56	"	"
"	18-BENI AISSA	0.76	1.26	38420	2	2	366	-0.36	0.63	"	"
"	19-SI HADJ BAGHIOUL	0.43	0.83	26174.9	2	2	200300	0.08	0.42	"	"
"	20-BOUGHIAH	0.96	0.41	12929.8	0.6	0.6	35	-0.02	0.82	"	"
"	21-CHERGUJA	0.2	0.66	20813.8	1	1.25	160	-0.29	0.53	"	"
"	22-MELAH	7.2	0.2	6307.2	0.5	0.5	30	0	0.4	"	"
4-EL GUESBA	23-HOUDI	1.3	4.6	141912	1.5	3	300	-2.7	1.6	08/0798	"
"	24-TIOUCHENT	0.26	1.26	38420	0.9	0.9	300	-0.05	1.39	"	"
"	25-MELHA	0.03	1.19	37527.8	1.6	1	50	0.93	1.19	"	"
"	26-EL KHELFI	0.4	0.338	1198.4	0.6	0.6	66	0.009	0.06	"	"
5-AZZEKOUR	27-ASSAMAM	0	0.43	13560.5			30	0.03		"	"
"	28-OUJDIENNE	0.15	0.13	4099.7			80			"	"
"	29-SIDI MESSAOUD	0.7	0.016	504.5		2	35		0.01	"	"
EL GUESBA	30-LABDAH	6.46	0.142	4478.1	0.4	1.2	40	-0.008	0.12	"	"
6-AZZEKOUR	31-TJANET	0.4	0.769	24251.2	1	1	40	0.069	0.77	09/0798	"
"	32-NACET	2.5	4	126144	1.7	1.7	170	-2.46	2.36	"	"
"	33-AKARAFT	2.6	0.357	11258.4	1.3	1.3	70	-0.043	0.27	"	"
7-TAROUAYA	34-CHERGUJINE	0.2	1.626	51246	1.1	1.1	160	-0.886	1.48	"	"
"	35-OULED MALI	2.6	1.287	40586.8	3.5	3.5	120	-1.213	0.37	09/0798	"
"	36-BENLEGLHI	0.2	0.933	26269.5		1.7	20	0.633	0.49	"	"
"	37-LAGHA	0	0.078	2459.8	1.7	1	160		0.08	"	"

Suite Annexe N°3

8-ALLA MELLAL	38-SAOUD	3.2	2.6	78840		1.6	110	-0.7	1.56	10/07/98
"	39-SOFLANIA	2	1.26	39420	1.6	1.6	200	-0.76	0.78	"
"	40-SAALA	0.3	0.333	10501.5	1.6	0.8	60	0.033	0.42	"
"	41-BASKAT	0.7	0.39	12299	0.8	0.6	70	-0.31	0.65	"
9-GHIAT	42-HANNOU	2.6	2.067	64869.6	0.6	0.9	366	-0.443	2.29	"
"	43-TARNOUT	0.4	0.2	6307.2	0.9	1.5	360	-0.2	0.13	"
"	44-MAZOUZ	0.6	0.1	3163.6	1	1.5	60	-0.4	0.07	"
"	45-SAID	0.7	0.566	17602.5		2	100	-0.145	0.28	"
"	46-OULEDELHADJ	0.9	0.566	17602.5	1.6	1.2	100	-0.345	0.46	"
10-MACINE	47-EL KADI	0.2	0.2	6307.2	1.2		200	0		11/07/98
"	48-FLIAMOKRANE	0.7	0.666	17602.5		?	70	-0.146		"
"	49-TADLEST	0	4.8	15137.8		4	400		1.2	"
"	50-ASSEFSOU	1	1.326	41816.7		1.8	100	0.326	0.74	"
"	51-ASSAMAM	0	0.384	12109.8	1.8	?	10			"
"	52-AKARAFT	0	1.25	39420		?	366			"
"	53-DJOHRA	0	1	31636		0.8	30		1.26	"
11-TIMIMOUN	54-ZEKKOUR	26.23	10.634	332200.2		3.6	400	-14.7	2.93	13/07/98
"	55-ALI BELHADJ	2.58	3.646	114980.3	3.6	3.6	350	1.066	1.04	"
"	56-TAALOU	0	0.1	3153.6	3.6	0.9	60		0.11	"
"	57-LAHSEINE	3.1	0.641	20214.6	0.9	1.5	200	-2.459	0.43	"
"	58-AZRCU	1.1	2.632	83002.8	1.5	0.9	50	1.532	2.92	"
"	59-FLIN BARRA	0.3	0.347	10943	0.9	1.4	50	0.047	0.25	14/07/98
"	60-TIOUGHENT	1.9	2.273	71681.3	1.4	1	70	0.373	2.27	"
"	61-TELMINIA	0	0.006	157.7			?			"
"	62-A.E.K DJILLALI	0	0.016	504.5			?			"
"	63-AMOKRANE	23.4	4.6	141912	3.2	4	260	-18.9	1.13	"
"	64-TIN AISSA	1.4	1.47	46367.9	1.1	0.7	70	0.07	2.1	"
"	65-SIDI ATHMANE	0.8	1.923	60643.7	0.9	0.9	25	1.123	2.14	"
"	66-ASSEMAM BOUH	0.08	0.126	3942	0.8	0.8	6	0.046	0.16	"
"	67-ASSEM/SIDI ATHMANE	0	0.208	6559.5	0.2	0.2	7		1.04	"
"	68-ASSEMAM SAICA	0	0.017	536.1	0.2	0.2	6		0.09	"
"	69-MOULAY TAIB	0.06	0.064	2018.3	0.2	0.2	6	0.014	0.32	"
"	70-BOUYAHIA	3.1	3	94608	1.1	1.1	70	-0.1	2.73	14/07/98
TIMIMOUN	71-AMREIR(M'GHAER)	39.6	18.5	583416	6.6	9	380	-21.1	2.06	14/07/98
12-BOUYAHIA	72-OUZEDDINE	8.8	2.25	70966	2.9	5	260	-1.79	0.45	13/07/98
"	73-AGUEBELLOU	2.2	0.41	12929.8	1.5	1.5	80		0.27	"
"	74-DJENANE BAGHDAD	0.7	0.847	26711		0.6	20	0.147	1.41	14/07/98
13-OULED NOUH	75-TAMGHOUT OULED ALA	0.7	1.316	41501.4	1.1	1.1	40	0.616	1.2	16/07/98
"	76-HAMMOU	10.6	7.5	236520	3.2	3.2	120	-3.1	2.34	"
"	77-TAMGHOUT OULED NOUH	0.8	1	31536	0.8	0.8	80	0.2	1.25	"

## Suite Annexe N°3

14-BENI MEHLAL	78-FIJJ (FIGUIG)	7.63	6.6	173448	2.5	2.5	260	-2.13	2.2	"
*	79-ABDCU	0.6	0.625	19710	1.1	1.1	60	0.126	0.67	"
*	80-TAZROUT	2.9	1.563	49290	1	1	70	-1.337	1.56	"
*	81-TARZOULT	0.06	1.2	37843	1	1	80	1.14	1.2	"
*	82-AFIANE	0	0.159	5014.2		0.3	15		0.63	"
*	83-ASSAMAM OULED ALI	1.9	0.833	26269.5	1.8	1.8	30	-1.067	0.46	"
15-LICHTA	84-HANNOU	0.3	0.362	1100.7	1	1	40	0.052	0.36	"
*	85-MAHIOU	2.1	2.778	87607	1.3	1.3	80	0.678	2.14	"
*	86-N'SAR	0	0.556	17534			40			"
16-RHNET	87-FAZT	1.11	0.694	21886	1.3	1.3	60	-0.416	0.53	"
*	88-HANNELOU ELMAZ	1.9	1.786	56323.3	1.9	1.9	90	-0.114	0.94	"
*	89-TAMEST	1.9	1.667	52570.5	1.9	1.9	70	-0.223	0.88	"
17-Z EL-HADJ BELKACEM	90-EGDINE	0	0.063	1986.8			30			"
*	91-MAZAR	0	0.921	29044.7			50			"
*	92-SANEDJ	4.5	2.7	85147.2	1.2	1.2	86	-1.8	2.25	"
*	93-GUIR	0.6	0.243	7663.2	1	1	50	-0.357	0.24	"
18-BENI MELOUK	94-HENNI	2.9	2.8	88300.8	2.4	2.4	160	-0.1	1.17	17/07/98
*	95-BOJADOU	1.4	0.781	24629.6			30	-0.619		"
*	96-ABOU	0.3	0.123	3878.9	0.4	0.4	16	-0.177	0.31	"
*	97-AMEROJ (El Mebrouk)	0.8	0.769	24251.2	1	1	50	-0.031	0.77	"
*	98-OULID (Oujlid)	0.6	0.568	17912.4	1.5	1.5	100	-0.032	0.38	"
*	99-SAFERTAS	1	1.2	37843.2	1.1	1.1	30	0.2	1.09	"
*	100-IGGANE	0.2	0.024	756.9	0.9	0.9	20	-0.176	0.03	"
*	101-AICHA BI MOUSSA	0.06	0.345	10879.9			15	0.285		"
19-OULED TAHAR	102-DJABER	0.06	1	31536	1	1	20	0.94	1	"
*	103-AIN	1.4	1	31536	1.8	1.8	35	-0.4	0.56	17/07/98
*	104-HADJ YAHIA	0.3	0.037	1166.8		0.4	15	-0.263	0.09	"
*	105-CHAIB	4.4	4	126144	3.4	3.4	366	-0.4	1.18	"
20-MESSAHLA	106-MEKHALTINE	1.9	0.532	16777.2	3.3	3.3	45	-1.368	0.16	"
21-TSAMANA	107-N'SAR cooperative	0	0.833	26269.5		3	60		0.28	18/07/98
*	108-BA MAKHLOUF	0	0.053	1671.4		0.3	15		0.18	"
*	109-TSMANA	7.3	7.9	249134.4	1.6	1.6	300	0.6	4.94	"
22-TAOURSIT	110-YALA	0	3	94608			110	3		"
*	111-TASAMAT	0	0.186	6834.2			6			"
*	112-BOUBOU	1.4	0.926	29202.3		2	100	-0.474	0.46	"
*	113-LAOULID	8.6	4.2	132451.2	3.7	3.7	400	-4.4	1.14	"
*	114-AKBOU	3.2	0.909	28666.2	2.6	2.6	320	-2.291	0.36	"
*	115-AHMAED ALAA	3	3.1	97761.6	1.3	2	120	0.1	1.55	"
*	116-ZOUNIT	7.06	3.2	100916.2	3.2	3.2	360	-3.86	1	"



	2	0.333	10501.6	7	7	30	-1.667	0.05	"
23-EL OUAJDA 117-KARAFI									
"	10	7.6	238620	1.9	1.9	120	-2.5	3.95	19/07/98
"	0	0.4	12614.4		50	50			"
"	6.2	3.2	100915.2		2.4	60	-3	1.33	"
24-IGHZER	0.15	0.125	3942	2.3	2.3		-0.25	0.05	20/07/98
"	0.75	0.446	14065.1	2.4	2.4		-0.304	0.19	"
"	0.26	0.126	3942	2.3	2.3		-0.135	0.05	"
"	0.016	0.185	5834.2	0.9	0.9		-0.169	0.21	"
"	6	3.909	123274.2	2.3	2.3		-2.091	1.7	"
"	0.2	0.333	10601.5	0.6	0.6		0.133	0.66	"
"	0	0.04	1261.4						"
"	0	0.167	5266.5						"
"	0	0.037	1166.8						"
25-FERAOUN	0.58	2	63072	0.6	0.6	40	1.42	3.33	"
"	1.2	1.389	43803.5	0.4	0.4	300	0.189	3.47	"
"	0	0.37	11668.2		0.3	2		1.23	"
"	1.1	0.841	20214.6	1.4	1.4	40	-0.469	0.46	"
"	2.3	3.4	107222.4	1.4	1.4	360	1.1	2.43	21/07/98
"	0.66	0.526	19710	0.3	0.3	10	-0.036	2.08	"
26-OUMRAD	0.15	0.116	3658.2	0.4	0.4	10	-0.034	0.29	"
"	0.016	0.078	2459.8	0.3	0.3	3	0.062	0.26	"
"	0.16	0.4	12614.4	0.9	0.9	10	0.24	0.44	"
"	0.5	0.556	17534	0.4	0.4	23	0.056	1.39	21/07/98
"	0.016	0.078	2459.8	0.3	0.3	3	0.062	0.26	"
27-TINDJILLET	0.55	0.128	4036.6	0.9	0.9	20	-0.422	0.14	"
"	0.016	0.076	2396.7	0.4	0.4	30	0.06	0.19	"
"	0.28	0.26	7884	0.3	0.3	4	-0.03	0.83	"
"	0.38	0.385	12141.4	0.7	0.7	56	0.005	0.56	"
"	0	0.067	2112.9	0.2	0.2	6		0.34	"
28-HADJ GUELMAN	6.3	7.2	227059.2	1	1	400	0.9	7.2	22/07/98
"	0	3.2	100915.2			80			"
"	0	4	126144						"
"	4.4	4.8	151372.8	4.2	4.2	360	0.4	1.14	"
"	0	1.788	56386.4			200			"
"	0	0.376	23179			30			"
29-SAMOUTA	0	3	94609			120			"
"	0.216	2.5	78840			200	2.284		"
"	0	1.5	47304			75			"
TOTAL	311.076	244.7	7716575.376	173.6		17192	-96.56	moy 0.83	"

ANNEXE N° : 4

Inventaire des Forages de la Daira de Timimoun

D'après ANRH/ADRAR

N° d'ordre	Localité	xE	yN	date real	prof (m)	Q(l/s) mob	Q(l/s) extrait	NS (m)	ND (m)	Usage	Mise en Service	Etat forage	N. pose Pompe	Freq. h/j	de J/m	de pomp m/an	Q/an m <sup>3</sup>	Observation
01	Timimoun I	00 16 15	29 14 00	1984	150	35	35	32	37.5	AEP	1985	Bon	48	4	30	12	181440	Exploité
02	" II	00 16 00	29 13 32	1989	"	25	25	39.7	45.7	"	1998	"	"	24	30	12	777600	"
03	" III	00 15 10	29 13 50	1990	"	44	44	40.5	55.81	"	"	Comblé	"	"	"	"	0	Non Exploité
04	" IV	00 15 20	29 14 15	"	"	50	45	40.1	54.22	"	1992	Bon	70	70	24	30	1399680	Exploité
05	" V	00 16 10	29 14 00	1992	"	35	40	33.4	47.3	"	1994	"	58	58	24	30	1244160	"
06	B.Lahneur	01 37 30	29 45 20	"	125	20	20	4	27.7	"	1992	"	40	40	2	30	51840	"
07	Badriane 1	00 23 30	29 19 30	1984	120	40	"	9.07	38.39	"	1997	"	48	48	4	30	103680	"
08	Badriane 4	00 23 30	29 23 30	1989	136	36	30	24.2	47.32	"	1993	"	68	68	4	30	1555200	"
09	O/Saïd	00 14 00	29 25 00	1987	103	"	"	"	"	"	"	Mauvais	"	"	"	"	0	Abandonné
10	O/Saïd 2	00 23 30	29 23 40	1994	138	6	"	27.1	58	"	"	Bon	"	"	"	"	0	Non Exploité
11	Tindjelet	00 19 45	29 25 00	1979	142	0	"	"	"	"	"	Mauvais	"	"	"	"	0	"
12	Macine 1	00 16 57	29 16 05	1983	150	11.3	10	37.4	43.69	"	1991	Bon	47	24	30	12	311040	Exploité
13	Macine 2	00 16 30	29 15 30	1993	"	35	20	36.5	52.45	"	1997	"	70	10	30	12	259200	"
14	El-Gasba	00 19 50	29 18 30	1991	95	"	"	13	42.22	"	1996	"	52	8	30	12	207360	"
15	ElArnellale	00 18 30	29 17 30	"	120	27	"	17	68.78	"	"	"	"	"	"	"	0	Non Exploité
16	Benim'jouk	00 13 40	29 13 00	"	125	14	"	30.1	74.65	"	"	"	"	"	"	"	0	"
17	Zekkour	00 19 00	29 18 10	"	120	27	"	16.5	65.87	"	"	"	"	"	"	"	0	"
18	Elouacida	00 16 00	29 10 15	"	125	40	20	27	29.86	"	1997	"	72	8	30	12	207360	Exploité
19	Taoursit	00 14 30	29 10 45	1989	135	12	12	19.3	48.37	"	"	"	50	8	30	12	"124416	"
20	ZiBelkacem	00 14 30	29 14 00	1985	142	10	10	25.4	26.52	"	1991	"	45	8	30	12	"103680	"
21	Timeziane	00 13 30	29 25 47	1995	120	6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0	Non Exploité



## Liste des Propriétaires de la Foggara d'Amreir

Kasria	Segula	Nom, Prénom	Débit (XTm ± Yk ± Zkk)
I	01	Mohamed ouled Brahim	14 Tm - 1/6Tm - 1kk
	02	Djenane El Houkouma	33 Tm - 1/3Tm
	03	M'hamed ben el hadj Abderrahmane	05 Tm - 09kh Tm
	04	Da ouelhadj Abderrahmane	03 Tm +1/6 Tm - 1kk
	05	El arbi ben el ghandour	03 Tm +1/6 Tm
	06	Amar ben Mohamed Bben brahim	03 Tm
	07	Ahmed ben Sidi Moussa	03 Tm
	08	El arbi ben el hadj Med Abdallah	15 Tm - 1/6 Tm + 1/2k
	09	Abd el krim ben Med el mebrouk	03 Tm + 1/3 Tm
O	10	Med Essalem Ben Ba Ali et son associé.	80 Tm +1/2 Tm
	11	Amer Ben Med Ben brahim et son frère.	32 Tm
	12	Belbali Ahmed.	05 Tm + 1/6 Tm
	13	M'hamed Leghiati.	26 Tm
	14	Ansari El mekki.	36 Tm - 1/6 Tm - 1/6k
U	15	Snoussi Med.	05 Tm
	16	Héritier Belbali Embarek.	26 Tm +1k +1/2k
	17	Fils de Med Ben Abdelkader et associé	24 Tm +09kh Tm - 1kk
	18	Abdelkader Ben Tahj	80 Tm +1/2 Tm
G	19	Fils Abdelkader Ben El Hadj Youcef	09 Tm +07 kh Tm
	20	Bacha Abdelkader Ben abdelkrim et associé	22 Tm + 1/2Tm +1/2k
	21	Youcef Ben Bessij.	07 Tm - 10 kh Tm.
	22	Selma bent Talcb El Arbi.	07 Tm + 1/4 Tm
	23	Amar Ben Mohamed Ben Brahim.	17 Tm + 1/6 Tm
	24	Brahim Ben Mohamed Ben Brahim	80 Tm
H	25	Abdelaziz ben El Mebrouk.	80 Tm
	26	Mohamed Ben Abdellah El Aissaoui, et associé.	15 Tm +1/2Tm +1k +1/2k
	27	El Arbi Ben El Ghandour.	13 Tm -1/3 Tm-1/8k+1/3kk
	28	Khadija El cherouinia.	07 Tm
	29	El hadj Belkacem Ben Mohamed.	15 Tm + 1/8 Tm - 1kk
I	30	Belbali Brahim.	14 Tm
	31	Abdelkader Ben laadjine.	21 Tm + 1/2 Tm 1k
	32	Kadiri Abdellah Ben Med El salah et associé	80 Tm+1/2 Tm
	33	Abdelkader ben Tahj.	06 Tm + 1k
	34	El Hadj El Tidjani.	03 Tm +1/2 Tm +1/3k
R	35	Héritier abdelkader da essou.	80 Tm + 1/2 Tm
	36	Ibellal Ben Mohamed Ben Berk.	03 Tm
	37	Fils Ba salem Ben ahmed.	80 Tm
	38	El Hadj Abdelkhalcf.	01 Tm + 1/2 Tm
	39	Mohamed El Saleh Ben Baba dadaou.	07 Tm
	40	Fils El Hadj Abderrahmane Ben Abelaziz.	54 Tm + 1/2 Tm
	41	El Taleb Abderrahmane.	1/4 Tm +1k - 1/3k
		Total =	476 Tm - 1/8 Tm+1k - 1/3kk

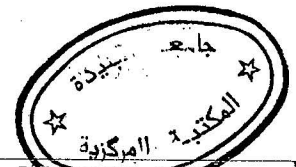
Suite Annexe N° : 5

KASRIA	Sg	kasria	Sg	Nom, Prénom	Débit : XTm ±Yk ± Zkk
M E S S A O U D A Z A O U T A R A B	01	El Hadj Slimane		Temthet Ouled El sassi.	80 Tm - 1/3Tm
	02			Aajdel Ouled El Hamel.	03 Tm
	03			Héritier El Hadj Mahfoudh.	24 Tm - 1/4 Tm + 1/8k
	04			Ouled Eda Oulhadj.	11 Tm - 1/4 Tm
	05			Abdelkader Ben Ahmed Khaled.	05 Tm + 1/4 Tm
	06			Meryem Bent Hamou Ezzine.	08 Tm
	07			Abdelkader Ben El Hassen.	80 Tm
				<b>Total=</b>	<b>49 Tm + 1/4 Tm + 10kk</b>
			01	-El Hadj Slimane.	34 Tm
			02	- Hadja Meryem B/Hamou Ezzine, associé	55 Tm
			03	-Ben Larbi El arbi.	07 Tm + 1/2Tm + 1k
			04	- El Hadj Med Ben Abdelkrim	08 Tm - 07khTm
			01	- Rebiat Ouled Amar Ayoub	10 Tm 09khTm
			02	- Mohamed Ben El Hocine.	13 Tm
			03	- Hadja Meryem Bent Hamou Ezzine.	06 Tm
			04	- Rebiat Sidi Othmane.	03 Tm
			05	- Zeffouri boudjema.	15 Tm
			06	- Hamou Ezzine Mohamed Abdellah.	10 Tm - 10khTm
			07	- Hamou ezzine Selma.	06Tm + 1/2 Tm.
			08	- Coopérative.	25 Tm
		T	09	- Maoula Abdelkader El Djillani.	21 Tm
		A	10	- M'hamed Ben El Hadj Abderrahmane.	05 Tm
		Z	11	- Fatma Bent Hamou Ezzine.	03 Tm + 1/2 Tm
		Z	12	- Fils El Hamel	03 Tm + 07khTm
		A	13	- Aicha Kebr Baroukh	07 Tm
		O	14	- El Hadj Belkacem Ben Mohamed	04 Tm + 1/3 Tm
		U	15	- Mohamed Ben Brahim ben Abdelkrim.	09 Tm + 05khTm - 05 khk
		T	16	- Héritier Salem Ben El Hadj Belkacem.	10 Tm - 1/3Tm
			17	- Messouda Bent Abderrahmane El oujdi.	05 Tm - 05khTm
			18	- mosquée ouled Brahim	06Tm+10khTm + 1/2 k + 10kh
			19	- Sidi Moussa Ben El Messaoud	05 Tm + 1/2Tm + 1k
			20	- Filles El Taleb El Arbi.	07 Tm + 1/4 Tm
			21	- Abderrahmane Ben Mohamed Bousbie	07 Tm + 1/2 Tm
			22	- Khadija Bent Belkacem.	13 Tm
			23	- Messouda Bent Ba Arab.	01 Tm + 05 khTm 10kkh
		24	- M'hamed Leghiati.	07 Tm	
		25	- Fils El Bachireine Laouar.	10 Tm + 1/2 Tm	
		26	- Héritier El Hadj med B/Kaddour, associé	14 Tm + 1/4Tm + - 1/4k	
		27	- Aek Benhadj MedB/kaddour, associé	48 Tm + 05khTm + 1/2k	
		28	- El Hadj Mohamed Ben El Hadj Amar	09 Tm + 10kh Tm	
		29	- Fils El Hadj youcef Ben Aba Youcef	30 Tm	
		30	- Fils El Hadj Belkacem Ben Mahfoudh	32 Tm - 1/8Tm - 1/3kk + 05kh	
		31	- Fatma Ben El hadj Brahim Ba Kassou	09 tm	
		32	- Fils Es saleh Ben Ahmed Tlelt	08 Tm	
		33	- Hamou Ben Abdellah	04 Tm	
		34	- Moussa Ben Mohamed Es-Saleh Da daou	1/6Tm	
		35	- Fils Mohamed Es-Salem el Hadj	35Tm - 1/3Tm - 1/2kk	
				<b>396Tm + 07khTm + 1k - 10kk + 1/6k</b>	

M E S S O U D A R A B	EL Berani de Tazzaout	01	Fils El Hadj A/Rahmane Hamou Ezzine.	269 Tm – 1/3Tm
		02	-Akacem El Hadj Hamou Ezzine.	195Tm + 1/2Tm
		03	-Hassi Beniounif.	25 Tm + 1/2Tm
		04	-Mohamed Benhamou	10 Tm
		05	-Abdekadr Ben Tah	07 Tm
		06	-El Hadj Belkacem Mohamed	45 Tm
		07	-El Arbi Ben El Ghendour	10 Tm
		08	-Mosquée Ouled Daoud	12 Tm
		09	-Dakri Mohamed Es-Salah	53 Tm
		10	-Belbali Mohamedi M'hamed	40 Tm
		11	-Kadiri Moussa Benabderrahmane.	19 Tm + 1k
		12	-Kadiri Elhadj Ahmed Bouabaya.	65 Tm-10khTm-05khk+1/3kk
		13	-Kadiri Elhadj Abdeselam et Neveu Med Es-Salah	31 Tm – 07khTm
		14	-Fils Es-Salah Benahmed Tlalt.	49 Tm
		15	-école El Djillali.	10 Tm
<b>Total =</b>				<b>826Tm +1k –05khk +1/3kk</b>
Es-Sassi	01	-Mosquée Ouled Amar Ayoub	80 Tm –1/3 Tm – 1/3k	
	02	-Fils Ouled Khaled	23 Tm +1/6Tm – 1/4k	
	03	-Eddaoulhadj Abderrahmane	04 Tm + 09khTm	
	04	-Abdellah Benabdelkrim Elfassi	03 Tm + 1/3Tm	
	05	-Fils Elhadj A/Rahmane A/Azziz.	05 Tm	
	06	-Moussa Benhadj Youcef.	05 Tm + 1/2Tm	
	07	-Mohamed Ben Aek Benhadj A/rahmane.	05 Tm	
	08	-Elhadj Abdelhay Benhadj Abdrrahmane.	19 Tm	
	09	-Abdellah Benahmed El Mebrouk	09 Tm – 1/4tm + 07khk	
	<b>Total =</b>			
En Nedjar	01	-Mosquée Ouled Daoud et Pv Timimoun.	80 Tm + 1k	
	02	- les souagui aussi .	07 Tm + 1/2TM – 1k	
	03	-Héritier Elhadj Brahim Ben Bakassou	05 Tm	
	04	-Mohamed Belkacem Ben Mohamed Ahmed.	06 Tm	
	05	-Benhakoum Mohamed et Frères.	08 Tm	
	06	-Tombeau Sidi Amar Elouali.	11 Tm + 07khTm	
	07	-Aicha B/ Elhadj Abderr/ne Ben A/Azziz.	09 Tm – 02k	
	08	-M'hamed Benhadj Abderrahmane.	03 Tm	
	09	-Neveu Elhadj Belkacem.	03 Tm	
	10	-Hamou Ezzine Mohamed Es-Salah.	24 Tm	
	11	-Rebeit Ouled El Mehdi	80 Tm + 1/2Tm	
	12	-Dakri Abdellah Mohamed Es-Salah.	06 Tm	
	13	- Ahmed Benrabah.	1/10 Tm	
	14	- Med Es-Salem Ben M'hamed Aala Mella.	05 Tm – 09khTm	
<b>Total =</b>				<b>99 Tm + 1/2Tm + k</b>

Suite Annexe N° : 5

	<b>O</b>	01	- Fils Eltaleb Abdellah ben Med Es-Salah.	02 Tm + 1/2Tm
	<b>U</b>	02	- M'hamed Benhadj Abderrahmane.	04 Tm + 1/2Tm
	<b>A</b>	03	- Mosquée Ouled Amar Benayoub.	14 Tm + 1/2Tm +1k
	<b>G</b>	04	- Hadja Meryem Bent Hamou Ezzine.	02 Tm
	<b>H</b>	05	- Abdellah Benhadj A/kader Hamou Ezzine.	06 Tm
	<b>B</b>	06	- Selma Bent Elhadj A/ rh. Hamou ezzine.	08 Tm
	<b>A</b>	07	- Ahmed Arab Benabèsse et associé.	14 Tm + 1/2Tm – 1k
	<b>D</b>	08	- Tombeau Elhadj M'hed Benhamou Ezzine.	02 Tm + 1/2k
	<b>J</b>	09	- El hadj Belkacem Ben Mohamed.	10 Tm + 1k
			<b>Total =</b>	<b>64 Tm +1k + 1/2k</b>
	<b>T</b>	01	- Meryem bent Hamou Ezzine	55 Tm
	<b>L</b>	02	- Moucla El Bachir.	05 Tm
	<b>E</b>	03	- Temthet Ouled Es-Safi.	80 Tm – 1/3Tm
	<b>G</b>	04	- Ouled El Hamel.	03 Tm
	<b>H</b>	05	- Ouled El Hadj Ieda.	03 Tm
	<b>M</b>	06	- Eddakri.	46 Tm – 1/4Tm
	<b>E</b>	07	- Selma Bent Ahmed Harri.	10 Tm
	<b>T</b>	08	- Ahmida Ben Bigua.	10 Tm
			<b>Total =</b>	<b>196 Tm – 10khTm</b>
			<b><u>Total de la kasria Messaoud ARAB</u></b>	<b>1749 Tm+1k –10khk+1/3kk</b>



KASRIA	kasria	Sg	Nom, Prénom	Débit : X Tm + Yk + Zkk
	<b>B</b>			
	<b>E</b>			
	<b>N</b>	01	-Mosquée Ouled Daoud.	03 Tm + 1/2Tm -k
	<b>N</b>	02	-Abdellah El Fassi.	45 Tm + 1/4Tm + 1/6k
	<b>A</b>	03	-Brahim Ben M'hamed yahia Leghiati..	08 Tm
	<b>C</b>	04	-Elhadj Belkacem Bousbaa.	07 Tm
	<b>E</b>	05	-Abderrahmane Bousbaa.	05 Tm - ( 02TmKherrasset)
	<b>R</b>		(herrasset à Youcef Bousbaa)	
			<b>Total =</b>	<b>69 Tm - 07khTm + 1/6k</b>
<b>Y</b>	<b>OULED</b>	01	-Ba Hamou Elhadj Ahmed.	46Tm+1/6Tm +k+1/2kk-k
		02	-Abdelkader Bendahmani	69Tm+1/2Tm+k+1/2k -(15Tm Kherrasset au Far) et
	<b>Ba</b>		Mouna Bent El Habib	- 06Tm
	<b>HAMOU</b>	03	-Héritier Elhadj Youcef.	22 Tm+1/3Tm+09khhk+1/2k-k
<b>A</b>			Achat d'Elhadj Med B/hadiyoucef	( - 03Tm+1/4)
	<b>Et</b>	04	-Salem Benabdelkader Hellaoua.	10Tm+1/4Tm
			Dassidi..	-(06Tmkherrasset) et
	<b>Associé</b>	05	Abdelkader Benabdelkrim.	1/4Tm
			-Mohamed Es-Salem Benbaali.	08Tm-1/4Tm+1/2k
			<b>Total =</b>	<b>247Tm +1/4Tm+1/2k-2kk</b>
<b>Y</b>		01	-Elhadja Meryem BentHamou/zine	91 Tm +1/6Tm
	<b>A</b>	02	-Sidi Othmane.	34 Tm-05khTm-09khhk
	<b>L</b>	03	-Benabdelkader Benamar	13 Tm+10khTm -
	<b>I</b>		Fils Bouhafsse.	(02Tm kherrasset dufoggara) et
<b>A</b>				Tm
	<b>A</b>	04	-Belkacem Med Es-Salah Kadiri.	30Tm -(09Tm/moulay madi)
	<b>B</b>	05	-Hamou Ezzine Mohamed Essalah.	12 Tm
	<b>B</b>	06	-Eddasidi Elhadj Aberrahmane	42 Tm+10khTm+1/4kk et
	<b>A</b>	07	-Ahmed Arab Benabbas et associé.	43 Tm+10khTm+1/4k
	<b>S</b>		Mohamed Aek Benabdelkrim.	23 Tm-1/8Tm+1/3k+1/3kk-
		08	-Meryem B/hadj A/hay Ben Aba	(03Tm+k kherrasset)
			Elhadj Mohamed Benyoucef.	04 Tm +1/2k -
			Mosquée d'ouled daoud.	(02Tm) et
		09	-Fils Mohamed Elaissaoui.	Tm
		10	-Mohamed Elghiathi.	47 Tm 09khTm 07khhk-1/6kk
			Moussa benmessaoud	26 Tm+k+1/2k -
			Ecole	( Tm kherrasset et
			Foggara	06 Tm et
		11	-Abdelkhalek Elhadjem.	05 Tm kherrasset)
			Foggara	05 Tm+1/2Tm -
		12	-Fils Bouhafsse Benkaddour.	(04Tm+1/2Tm kherrasset)
		13	-Ilies Mohamed Benbelkacem.	28 Tm+1/6Tm+1/3k
				05 Tm kherrasset à Sidi Moussa Benmessaoud
			<b>Total =</b>	<b>404 Tm -1/4Tm+1/6kk</b>

KASRIA	Sg	kasria	Sg	Nom, Prénom	Débit : XTm ±Yk ± Zkk
Y A Y A	01	B E N N A C E R	01	-Mosquée Ouled Daoud.	03 Tm + 1/2Tm -k
			02	-Abdellah El Fassi.	45 Tm +1/4tm + 1/6k
			03	-Brahim Ben M'hamed yahia Leghiati.	08 Tm
			04	-Elhadj Belkacem Bousbaa.	07 Tm
			05	-Abderrahmane Bousbaa. (herrasset à Youcef Bousbaa)	05 Tm - ( 02TmKherrasset)
			<b>Total =</b>		<b>69 Tm - 07khTm + 1/6k</b>
	02	OULED Ba HAMOU Et Associé	01	-Ba Hamou Elhadj Ahmed.	46Tm+1/6Tm +k+1/2kk-k
			02	-Abdelkader Bendahmani Mouna Bent El Habib	69Tm+1/2Tm+k+1/2k -(15Tm Kherrasset au Far) et - 06Tm
			03	-Héritier Elhadj Youcef. Achat d'Elhadj Med B/hadjioucef	22 Tm+1/3Tm+09khk+1/2k-k ( - 03Tm+1/4)
			04	-Salem Benabdelkader Hellaoua. Dassidi.	10Tm+1/4Tm -(06Tmkherrasset) et 1/4Tm
			05	-Mohamed Es-Salem Benbaali.	08Tm-1/4Tm+1/2k
			<b>Total =</b>		<b>247Tm +1/4Tm+1/2k-2kk</b>
	03	A L I A B B A S	01	-Elhadja Meryem BentHamou/zine	91 Tm +1/6Tm
02			-Sidi Othmane.	34 Tm-05khTm-09khk	
03			-Benabdelkader Benamar Fils Bouhafsse.	13 Tm+10khTm - (02Tm kherrasset dufoggara) et Tm	
04			-Belkacem Med Es-Salah Kadiri.	30Tm -(09Tm/moulay madi)	
05			-Hamou Ezzine Mohamed Essalah.	12 Tm	
06			-Eddasidi Elhadj Aberrahmane.	42 Tm+10khTm+1/4kk et 43 Tm+10khTm+1/4k	
07			-Ahmed Arab Benabbas et associé. Mohamed Aek Benabdelkrim.	23 Tm-1/8Tm+1/3k+1/3kk- (03Tm+k kherrasset)	
08			-Meryem B/hadj A/hay Ben Aba Elhadj Mohamed Benyoucef. Mosquée d'ouled daoud.	04 Tm + 1/2k - (02Tm) et Tm	
09			-Fils Mohamed Elaissaoui.	47 Tm 09khTm 07khk-1/6kk	
10			-Mohamed Elghiathi. Moussa benmessaoud Ecole Foggara	26 Tm+k+1/2k - ( Tm kherrasset et 06 Tm et 05 Tm kherrasset)	
11			-Abdelkhalek Elhadjem. Foggara	05 Tm+1/2Tm - (04Tm+1/2Tm kherrasset)	
12			-Fils Bouhafsse Benkaddour.	28 Tm+1/6Tm+1/3k	
13			-Ilies Mohamed Benbelkacem.	05 Tm kherrasset à Sidi Moussa Benmessaoud	
		<b>Total =</b>		<b>404 Tm -1/4Tm+1/6kk</b>	

KASRIA	Sg	kasria	Sg	Nom, Prénom	Débit : XTm ±Yk ± Zkk
Y	04	A M A Z T E N	01	- Fils Brahim Elkerzazi et associé	08 Tm - (03Tm / Z. sidimoussa)
			02	- Mohamed A/rahmene Benhadj Ali.	03 Tm-
			03	- Fils Sidi Abderrahmane Benamere	(03 Tm Kherrasset) au foggara
			04	-El Hadj AEK Benamcr	14 Tm
			05	-Tombeau Mohamed Essalah Benothmene	05 Tm + 02 k
			06	-Fatma Bensalem Mouloud	02 Tm +05kh Tm + 02 k
			07	-Fils Elhadj Benelarbi Ennassari	05 Tm - Tm (2Tm) - 1/6 k
			08	- Fils Abdellah Benboudjemaa	13Tm +07 khTm ¼ k + ½ k
			09	-Sidi Emahami Bensidi Youcef	08 Tm + ¼ Tm
			10	- Edhaker et associé	07 Tm +09 kh Tm
			11	-Fils Ba Salem Ben Ahmed	14 Tm
			12	- Messaoud Bent Abdellah Edhakari	17 Tm - 1/6 Tm
			13	-H'bousse Elhadj Belkacem Ben El mahfoudh	11Tm - Tm (2Tm) - (02Tm/ Aicha) Bent Belkacem
			14	-Ahmed Arab et associé	18 Tm
			<b>Total =</b>	<b>168 Tm - 1/3 Tm +1/2 k</b>	
A	05	T L E M S A O U I N E	01	-Eddasidi Abderrahmene	50 Tm +05 khTm + 1/8 k
			02	-Elhadj El Miloud Belbali	02 Tm
			03	- Abdelkader Essebagh Med Benbarek Bensalem/Amokrane	14 Tm - 1/3 Tm - (03 Tm)
			04	- Fils Ahmed Benkhaled	06 Tm
			05	-Mosquée Ouled Daoud El Hadj belkacem BenMohamed	03 Tm - (Tm + ½ Tm)
			<b>Total =</b>	<b>75 Tm - Tm (02Tm) +1/8Tm</b>	
A	06	OUAG- HBADJ	01	-Ougmacine Taib	10 Tm
			02	-Messouda Bendakera	07 Tm
			03	- Moulay AEK BenMoulay A/Rahmene	03Tm -1/2Tm + ( Tm Kherrasset du foggara
			04	-Héritier El Hadj Mohamed BenBrahim Bakassou	03 Tm
			<b>Total =</b>	<b>75 Tm + ½ Tm</b>	
A	07	S A I D A	01	-Elarbi El Hadj Mohamed	100 Tm + 08 Tm - Tm (02Tm) + 10khhk
			02	-Akacem El Hadj Hamou	150 Tm
			03	-Abdelhay Benhadj Med Abdellah Mansour BenBaida	09 Tm- 1/8 Tm - 02 Tm Kherrasset
			04	-Fils Ahmed Benblouk Filles Abdesselam Aba Kadi H'bousse El Hadj Ahmed Doullah	71Tm + 1/6 Tm - 05kh kk - (03 Tm - 1/3 Tm)
			05	- Belkacem BenMohamed	(02 Tm)
			06	- Fatma ben Abdelkrim Provenant de Mesoud Arab	10Tm
			07	- Mohamed Benbarek salem Zaouit Sidi Moussa	15 Tm + 07khTm. Sachant que (Tm -1/3 Tm)
			08	-Brahim Benbarek salem Ouled Essafi	10 Tm
			09	Mosquéc Ouled Yahia - Brahim Mohamed Ben Abdesselam	(08 Tm kherrasset ) 42 Tm + 02 k- (05 Tm -10 kh Tm kherrasset) et 03 Tm
			<b>Total =</b>	<b>440Tm - 02 k - 1/6 k</b>	



Y A Y A	08	B A A I S S A	01	-Fils Elhadj Med Essalah Ba Aissa.	42 Tm - 1/8Tm
			02	-Héritier Belbali Khadidja.	12 Tm
			03	-Elhadja Meryem Bent Hamou /zine.	42 Tm - 10khTm + 12 Tm
			04	-Mosquée Ouled Daoud.	Tm + 1/4Tm
			05	-Elhadj Ali Ben Mohamed .	20 Tm - 1/6Tm
			06	-Mosquée Ouled ElMehdi.	07 Tm - k
			07	-Mosquée Ouled Daoud.	14 Tm - 1/4Tm - 1/2k
			08	-Moulay Taib Elouezzani.	11 Tm + 1/2Tm - k
			09	-Ouled Bakassou.	09 Tm -
				Elhadj Mohamed Benyoucef	( Tm + 1/2Tm )
				10	-Mohamed Abdelkrim Bouellah
	11	-Med Esalem B/Ahmed Lagraa.	15 Tm		
		<b>Total =</b>	<b>97 Tm + 1/3Tm + 2kk</b>		
A	09	H O U R E I R A	01	-A/Hne B/Med EssalahB/Hadjali. Héritier Med Essalah Benhadj Med Essalah.	10 Tm + 05khk - ( 02Tm + 09khTm )
			02	-Fils Moussa Benahmed Youcef.	30Tm + 10khTm
			03	-Fils Brahim Elkerzazi.	23 Tm + 10khTm, sachant que ( 02Tm kherrasset Fog)
			04	-Khadidja B/Elhadj Ahmed Elberdaoui	03 Tm - 1/3Tm, sachant que ( Tm kherrasset du fog )
			05	-Elhadj Abdelkader Hamou Ezzine	11 Tm - 10khTm
				<b>Total =</b>	<b>88 Tm - (2k + 1/2k)</b>
			01	-Abakassou ( Ramenant d'Arab ).	13Tm (Arab vers Amokran)
			02	-Meryem Bent Elhadj Youcef.	23 Tm + 1/2k
			03	- 1/3 Khadidja Benabdelkrim Ezzaoui.	21 Tm - 1/8Tm 1k + 1/2k
			04	-H'b/sse Elhadj Youcef Benabayoucef.	131Tm + 1/2Tm -k + 1/4k - 1/3k
			05	-H'b/sse A/rrahmane benabdeldjebbar.	10 Tm
06	-Fils Abderrahmane Benabackacem.	02 Tm + 1/4Tm - 1/8k + 1/2k			
07	-Salma Bent Abaelkacem.	80 Tm + 1/2Tm			
08	-Fatma Bent Aba Hamou.	03 Tm + k			
09	-1/3 sa fille Rokia Bent Abdelkrim.	80 Tm - 1/4 Tm			
10	-Tombeau Mohamed Benhadj Youcef.	07 Tm - k			
11	-Héritier Belkacem BenMohamed.	1/2 Tm			
12	-H'bousse Mohamed Benahmed.	11 Tm - 1/6Tm - 10khk			
13	-Safia Bent Youcef.	08 Tm - 1/3 Tm + 1/2k			
14	-La Soeur de Fatma.	08 Tm + 1/6Tm + 1/2k			
15	-Sadaket Youcef BenMed B/hadj Y/f	05 Tm			
16	-Si Elhadj Med A/krim Elaouset.	03 Tm			
17	-1/3 Sidi Mohamed Bensidi Youcef.	05 Tm + 1/3Tm			
18	-Fils Sidi Ahmed.	06 Tm - 1/3Tm + 1/2k			
19	-Messaouda Bent Edakara.	06 Tm + 1/3Tm			
20	-Mohamed Bensidi Youcef.	Tm + 1/3Tm			
	<b>Total =</b>	<b>260 Tm + 1/2Tm - k + 1/4k</b>			
A	11	Hamou Ezzine et Associé	01	- Coopérative .	50 Tm
			02	-Hamou Ezzine et sa Soeur.	358 Tm + 1/2Tm
			03	- " " Abdellah BenAek, et Soeur	108 Tm - 1/4 Tm soit : ( 68 Tm non utilizes)
				<b>Total =</b>	<b>536 Tm + 1/4Tm</b>



KASRIA	Sg	Nom, Prénom	Débit (XTm ± Yk ± Zkk)
E L C H E R G U I E T	01	-Mosquée Ouled Daoud.	03 Tm
	02	-Sidi Elhadj Hamou.	14 Tm + 1/2Tm
	03	-Ajdel Eddasidi.	15 Tm
	04	-Sidi Abi Elkacem BenMohamed.	03 Tm
	05	-Ajdel Elmedhkour.	10 Tm
	06	-Ajdel Eltahtani.	03 Tm
	07	-Eltasmamet.	11 Tm
	08	-Sidi Mohamed Elmokadem.	10 Tm et 12Tm
	09	-Sidi Elhadj Abderrahmane Eddasidi	15 Tm
	10	-Elhadja Meryem B/Hamou Ezzine	12 Tm + 1/8Tm
	11	-Tombeau Aicha B/ Med Essalah.	08 Tm
	12	-Elhadj Aek Benyahia Elmaherzi.	27 Tm + 1/8 Tm
	13	-Mohamed A/hne B/Med Essalah.	27 Tm + 05 khTm
	14	-Mohamed Tahar Benmadhi.	16 Tm + 1/2Tm
	15	-Mr Mahfoudh Es-saidi.	04 Tm - 07khTm
	16	-Mr Elhadj Med B/cef et Associé.	03 Tm
	17	-Taleb Abi Elkacem.	80 Tm + 1/2Tm
	18	- Elhadj AbdeAli BenMohamed.	Tm - 1/6Tm
	19	- Bouguema.	06 Tm
	20	- Aicha Bent Selka.	17 Tm
	21	-Sidclhadj Ack Ben A/hnc Benamar	20 Tm
	22	-Elhadja Aicha Bent Ghousrou.	04 Tm + 10khTm + k
	23	-Moulay Med BenMoulayA/hne	05 Tm + k (Tm kherrasset / foggara)
B O U H A M E	24	- Ahmed Benkhaled.	14 Tm + 1/2Tm - 1/2k
	25	-Med Essalah Ben Med BenA/Aziz	07 Tm + 1/2Tm
	26	-Med Benbrahim Benhadj A/krim.	10 Tm
	27	-Ahmed Benrabah. Mr Abdelhay Elmokadem	05 Tm - (03 Tm)
	28	-Ahmed Benhadj ElArbi Djaouane. Mohamed Aek Benhadj Mahfoudh	08 Tm + 10khTm - (02Tm)
	29	-Elhadj Mahfoudh Benelhamel.	04 Tm
	30	-Mohamed Essalah Benhadj Abderrahmane Hamou Ezzine	06 Tm
	31	-Med B/Abdesselam B/Hadj A/hay	05 Tm + 2k
	32	- Mosquée Tazghart.	06 Tm + 1/2Tm
	33	-Tombeau Elhadj Ahmed Ghousrou.	03 Tm
	34	- Fils Mahami Kassou. Mohamed Bacha Elhadj Belkacem Ezzaoui Mr Boudjemaaa Cheikh sidi Moussa et Moulay Taih Eddadjia	20 Tm + 1/3Tm - [ (04Tm) et 1/ 8 Tm et 1/ 8 Tm et (Tm - 1/4Tm) et ( 08 tm - 1/4Tm) ]
	35	-Fils Hakkoum Berrira.	12 Tm
	36	-Eddasidi.	15 Tm
<b>Total =</b>			<b>380 Tm - 1/6 Tm</b>

Suite ANNEXE N°: 5

E L  C H R G U I  E T  B O U H A M E			01	-Mahdharet Esseid ahmed Othmane	10 Tm + 1/3 TM			
			02	-Mohamed Aek Benabderrahmane.	40 Tm + 2kduk			
			03	-Fils Embarek Elouajdaoui.	19 Tm + k + 1/3k			
			04	- Tombeau Sidi Abderrahmane Bensidi Othmane	04 Tm			
			<b>Total =</b>				<b>73 Tm + 09 kh Tm</b>	
			A B A  H A M I D			01	-Elhadj A/Hay Elhadj A/Rahmane	04 Tm
						02	-Fils Taleb Abdelhay.	14 Tm + 1/2Tm
						03	-Elhadj Mohamed Benyoucef.	07 Tm
						04	-Fils Elhadj Mansour.	13 Tm
						05	-Elhadj Abdelali BenMohamed.	03 Tm - 1/6Tm
06	-Abdellah BenAhmed Alikassou. Elhadj Abdelhay Esseid Othmane Achat de son Fils Mohamed	24 Tm - [ (04 Tm) et (03Tm) et (09 Tm) ]						
07	-Rebeit Ouled Hamou Ezzine.	06 Tm + 1/4k						
08	-Fils Sid Ahmed Bensalem.	08 Tm + 1/4Tm						
09	-Esseida Mouna Bent Elhabib.	05 Tm						
10	-Mohamed Aek Benabderrahmane. Elhadj Abdelhay	04 Tm - ( Tm)						
<b>Total =</b>				<b>83 Tm - 10khTm</b>				
T A M L A			01	-H'bousse Mohamed BenMohamed	04 Tm			
			02	-Elhadj Mohamed Benyahia.	04 Tm			
			03	-Fils Edhahbi.	13 Tm			
			04	-Fils Abderrahmane Selka.	11 Tm d'ou (1/3Tm achat)			
			05	-Abdelhay BenOthmane.	04 Tm - (1/8 / Mosquée)			
<b>Total =</b>				<b>36 Tm - 10khTm + 1/2k</b>				

## ANNEXE N° : 6

## Résultats d'analyse granulométrique

Mailles	Echantillon 1		Echantillon 2		Echantillon 3						
	% cumules	% simples	Pds en g.	Mailles	% cumulés	% simples	Pds en g.	% cumulés	% simples	Pds en g.	
40	100	0.13	100.68	40	100	0.28	74.82	40	100	0.88	89.74
50	99.87	0.18	100.55	50	99.71	0.29	74.61	50	99.12	0.40	88.97
63	99.99	3.04	100.37	63	99.42	3.37	74.4	63	98.72	4.45	88.62
80	96.95	24.67	97.31	80	96.05	15.84	71.96	80	94.26	21.72	84.73
100	71.98	19.30	72.47	100	80.22	12.44	60.48	100	72.55	17.79	65.76
125	52.98	24.33	53.04	125	67.77	18.60	51.46	125	54.76	24.64	50.22
160	28.35	7.66	28.54	160	49.18	13.08	37.98	160	30.12	13.39	28.7
200	20.89	6.61	20.83	200	36.10	8.88	28.5	200	16.73	6.71	17
250	14.08	4.32	14.18	250	27.22	6.72	22.06	250	10.02	4.50	11.14
315	9.76	4.35	9.83	315	20.50	10.08	17.19	315	5.52	4.02	7.21
400	5.41	0.47	5.45	400	10.42	1.60	9.88	400	1.50	0.33	3.7
500	4.95	0.90	4.98	500	8.82	2.98	8.72	500	1.17	0.48	3.41
630	4.04	0.94	4.07	630	5.84	2.55	6.56	630	0.69	0.25	2.99
800	3.10	1.00	3.12	800	3.28	1.48	4.71	800	0.44	0.10	2.77
1000	2.10	0.51	2.11	1000	1.81	0.43	3.64	1000	0.33	0.07	2.68
1250	1.59	0.80	1.6	1250	1.38	0.47	3.33	1250	0.26	0.07	2.62
1600	0.78	0.78	0.79	1600	0.91	0.91	2.99	1600	0.19	0.19	2.56
2000	0	0	0	2000	0.00	0.00	2.33	2000	0	0	2.39

ANNEXE N° :7

Résultats d'analyse chimique de l'eau de la foggara d'Amreir et du forage F4

Date du prélèvement	Foggara			Forage		
	31	05	99	01	06	99
Température°C { Air Eau	45			46		
	28.2			30.5		
Conductivité à 25°C en mmhos/cm	2.2			2.15		
Résidu sec à 110°C en mg/l	1708			1470		
P <sup>II</sup>	7.38			6.8		
Débit en l / s	23			45		
	Bilan Ionique					
	mg/l	mé/l	%mé/l	mg/l	mé /l	%mé/l
Ca <sup>++</sup>	172	8.60	19.10	126	6.30	14.82
Mg <sup>++</sup>	30	2.50	5.55	46	3.80	8.94
Na <sup>+</sup>	223	9.70	21.54	228	9.92	23.33
K <sup>+</sup>	20	0.51	1.13	17	0.44	1.03
Somme des cations		21.31	47.32		20.46	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	137	2.24	4.97	168	12.75	6.47
Cl <sup>-</sup>	318	8.69	19.90	357	10.05	23.64
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	563	11.73	26.05	413	8.60	20.23
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	49	0.79	1.75	41	0.66	1.55
Somme des anions		23.72	52.67		22.06	
Total		45.03			42.52	
SAR		2.08			4.17	
DHT=(Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> )×5°F		55.5			50.5	

Tableau résumant les principaux calculs pour la représentation sur diagramme de Piper

Ions	Foggara	Forage F4
	$r\% \text{ cations} = (100 \times r) / \Sigma^-$	
Ca <sup>++</sup>	40.35	30.79
Mg <sup>++</sup>	11.73	18.85
(Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	47.91	50.63
	$r\% \text{ anions} = (100 \times r) / \Sigma^+$	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9.4	57.72
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	49.45	38.98
(Cl <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	39.96	48.55

NB r : Quantité en réaction de l'ion considéré  
 $\Sigma^+$  : Somme des cations  
 $\Sigma^-$  : Somme des anions

ANNEXE N° : 8

Equivalents chimiques des principaux ions  
et composés chimiques en solution.

Ion ou radical	Symboles	Masse atomique	Equivalent chimique
Hydrogène	H <sup>+</sup>	1	1
Sodium	Na <sup>+</sup>	23	23
Potassium	K <sup>+</sup>	39	39
Calcium	Ca <sup>++</sup>	40	20
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	24	12
Aluminium	Al <sup>+++</sup>	27	9
Fer ferrique	Fe <sup>+++</sup>	56.8	18.6
Fer ferreux	Fe <sup>++</sup>	56.8	27.9
Strontium	Sr <sup>++</sup>	87.6	43.8
Baryum	Ba <sup>++</sup>	137	68.7
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	18	18
Hydroxyde	OH <sup>-</sup>	17	17
Chlorure	Cl <sup>-</sup>	35.5	35.5
Bromure	Br <sup>-</sup>	80	80
Iodure	I <sup>-</sup>	126.91	126.91
Fluorure	F <sup>-</sup>	19	19
Sulfure	S <sup>--</sup>	32	16
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	96	48
Carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	60	30
Bicarbonate ou hydrogénocarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61	61
Phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>----</sup>	95	31.7
Silicate	SiO <sub>3</sub> <sup>----</sup>	76	38
Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62	62
Nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	46	46

**ANNEXE N°: 9**

**Proposition de la communauté européenne  
Pour qualifier une eau potable**

Paramètres Ou Substances	Guide	Teneurs ▼	
		Max ( en mg/l)	Min
pH	6.5 à 8.5	9.5	
Conductivité (micro mhos/cm)	400	1250 1500	
Résidu sec	35		
Dureté totale	100		
Calcium Ca <sup>++</sup>	30	50	
Magnésium Mg <sup>++</sup>	< 20	100	
Sodium Na <sup>+</sup>	≤ 10	12	
Potassium K <sup>+</sup>	5	250	
Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	5	200	
Chlorures Cl <sup>-</sup>	5	50	
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.05	0.1	
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.7	0.5	
Ammoniaques NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>		1.5	
Fluor F			
		en µg/l	
Arsenic		50	
Cadmium		5	
Cyanures		50	
Chrome		50	
Cuivre		50	
Mercur		1	
Plomb		50	
Zinc		100	
Hydrocarbures aromatiques		0.2	
Phénols		0.5	
Détergeant		100	
Pesticides		0.5	
Organismes pathogènes		0	