

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Terre et de l'Univers"

Filière : "Géologie"

Spécialité : "Hydrogéologie et Environnement"

**Thème :**

**Contribution à l'étude hydrogéologique de la région d'Aoulef wilaya d'Adrar**

Présentés et soutenus publiquement par :

1- AZZOUG Abdelmadjid

2- BOUCHAREB Abdelhamid

**JURY :**

**-Président :** M<sup>f</sup> KHELFAOUI Hakim, Maitre- conférence B

**-Promoteur :** M<sup>f</sup> ZERARKE Abdelkader, Maitre-conférence A

**-Examineur :** M<sup>f</sup> SABBOUA Toufik, Maitre assistant B

**Année universitaire : 2014 -2015**

# إهداء

إلى من قال فيها الله عز وجل:  
﴿وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا﴾

إلى نور عيني التان أبصر بهما جمال الوجود إلى السيدة الكبيرة،  
إلى أعلى ما ينطق به اللسان إلى النبيلة التي أضاءت حياتي بنورها، إلى نبع الحنان وصاحبة القلب التي اغرورقت  
عينها دموعاً لآلامي وتعبها سهر الليالي،

إلى من أسكنها الرحمان بجواره **أبي الطاهرة رحمها الله**  
إلى اعز إنسان إلى قلبي إلى من وهب لنا عمره، إلى سندي ومثلي في الشجاعة والجد  
**أبي الغالي ياركة الله وحفظه**

إلى من شاروني حبي واعتزازي بكما، إلى من أمضيت برفقته أجمل أيام حياتي إلى رياحين قلبي إلى أخوتي  
إلى سندي وعوني في الحياة إلى اخواتي المصونات.

إلى بركتنا البيت جدتاي الغاليتان، التان لم تبخلا على بالدعاء أطال الله في عمرهما وحفظهما ورعاها.  
إلى كل اخوالي وخلاتي واعمام وعمات الذين سندوني في مشواري الدراسي  
إلى كل من يحمل لقب عزوق "حماددي"

إلى ملك اختي العززة الذي تنتظر نوره عم قريب  
إلى رفيقي عبد الحميد بوشارب

إلى من شاروني همومي وحزاني وكانوا لي نعم الرفيق والسند  
زملاء وصدقاء واحباب

إلى جميع أساتذة وطلبة قسم الجيولوجيا، إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة حمدي وهدىكم هذا العمل  
المتواضع مع تمنياتي لكم بالتوفيق والنجاح.  
إلى من لم تسعهم مذتري أتم في ذاترتي.

عبد المجيد

*Dédicace*

*Au nom d'Allah le clément et le*

*Miséricordieux*

*Ce modeste travail est dédié à : Ma mère et mon père, qui  
m'ont*

*Entouré par leurs soutiens, leurs compassions et leurs*

*Encouragements, ma grande mère et mon grand-père.*

*A mes très chers frères*

*A toutes les familles : bouchareb.*

*A mon biome azzoug Abdelmadjid et sa famille.*

*A mes camarades de chemin .*

*A mon encadrroule: Monsieur zerraka Abdelkader.*

*A tous mes amis du département de sciences de la Terre, et de la citée*

*université et Tout ce que m'ont aidé et m'encourager*

*A tous merci*

*BOUCHAREB*

*ABDELHAMID.*

## REMERCIEMENTS

*Au nom de dieu le clément et miséricordieux, qui par sa seule grâce, nous avons pu réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier Monsieur **zerraka**,*

*Qui nous a fait l'honneur d'encadrer ce travail avec disponibilité et bienveillance,*

*Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et de notre respect les plus sincères.*

*Nous tenons à remercier Monsieur **khelfaoui** et **sabboua** d'avoir accepté d'être membre de jury pour ce mémoire.*

*Nous tenons également à remercier tous les travailleurs de l'Agence nationale des ressources hydrique (ANRH) branche régionale du sud-ouest Adrar qui m'ont ouvert toutes les portes et m'ont aidé à réaliser ce travail.*

*Je remercie également tous les enseignants qui ont contribué à ma formation surtout et Mr BOCHANA NADJM ET ZOUGHTO ADELMADJID pour son soutien et son aide morale, qui m'a été très précieux.*

*Que tous nos enseignants du département de la nutrition et technologie agroalimentaire soient remerciés pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous dispensés.*

*A tous merci .*

***ABDELMAJID & ABDELHAMID***

# Sommaire

acronymes et glossaire	
Liste de figures	
<i>Liste des tableaux</i>	
Introduction générale	
Chapitre I	Présentation de la zone
I-1 _ La situation géographique et limites de région d'étude	2
I- 2_ GEOMORPHOLOGIE	4
I- 2-1_ Géomorphologie générale	4
I- 2-1-a_ Les plateaux	4
I- 2-1-b_ Les regs	4
I- 2-1-c_ Les sebkhas	4
I- 2-2_ Géomorphologie du site	4
I- 2-2-a_ Les terrasses d'érosion	4
I- 2-2-c_ Les terrasses d'apport éolien	4
I- 2-2-d_ Les dunes	4
I- 3_ CLIMATOLOGIE	5
I- 3-1_ Introduction	5
I- 3-2_ Station de référence	5
I- 3-3_ Les températures	5
I- 3-3-a_ température moyenne	5
I- 3-3-b_ température moyenne extrême	6
I- 3-3-c_ l'amplitude annuelle moyenne	6
I-3-4_ L'humidité relative	7
I-3-5_ La pluviométrie	8
I-3-6_ L'insolation	9
I-3-7_ Les vents	9
I-3-8_ L'évaporation	10
I-3-9_ L'évapotranspiration de référence	11
I-4_ QUOTIEN PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER	12
I-5_ METHODE DE STEWART	13
I-6_ INDICE DE DEMARTONNE	13
I-7_ Réseau Hydrographique	14
I-8_ Les variations des facteurs hydro-climatologiques	14
I-9_ Conclusion	14
Chapitre II Cadre Géologique	
II-1_ Géologie	16
II-2_ Stratigraphie	19
II-2-1_ Précambrien	19
II-2-2_ Paléozoïque	19
II-2-2-a_ Cambro-ordovicien	19
II-2-2-b_ Ordovicien	19
II-2-2-c_ Silurien	19



III.1.3.1. Historique et origine	34
III.1.3.2. Le foggara	35
III.1.3.4. L'évolution des foggaras	36
III.1.3.5. Le travail de la foggara	38
III.1.3.6. Les forme du travail	39
III.1.3.7. Différents types des foggaras	40
a. Foggaras du Continental Intercalaire	40
b. Foggara du Tertiaire Continental et de la Dalle calcaire	40
c. Foggaras des alluvions quaternaires	40
III.1.3.8. Etude des foggaras de la région de l'Aoulef	41
a. Principe de fonctionnement	42
b. Les facteurs influençant sur le fonctionnement	43
1. La pente	43
1. La forme de la galerie	44
2. Le rabattement	44
3. La position D	44
c. La répartition des eaux de foggara	44
c.1. Techniques et organisation de la mesure des eaux de la foggara	48
C.2. Codification de la mesure	48
C.3. Alors comment on mesure	50
III.2. Unités et Méthode de mesure de débit d'une foggara	51
1- Unités des mesures locaux	51
a- LA Habba Zérig et les nombres fractionnaires de la Habba Zérig	51
b- Nombre fractionnaire du Kirat	52
III.3. Résultat et discussion	54
1_ Les facteurs influençant sur le débit	54
a. <i>Naturels</i>	55
a.1. La sécheresse	55
a.2. l'ensablement	55
b. Humains	56
b.1. Le manque d'entretien	56
b.2. L'influence des forages	57
c. Amélioration des foggaras	57
c-1_ L'Amazar	58

c-2_ Le Tarha ou Ratba	59
c-3_ Le Kraâ	59
III.3. LES SYSTEMES D'IRRIGATION PRATIQUES	60
1. L'irrigation traditionnelle	60
2. L'irrigation localisée	61
3. L'irrigation par aspersion	61
CONCLUSION	61
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

### **ACRONYMES**

**A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ;

**C.T** : Complexe Terminal ;

**C.I** : Continental Intercalaire ;

**ETR** :Évapotranspiration Réelle.

**ONM** :officenationalde météo

**OSS** : Observatoire du Sahara et du Sahel

**S.A.S.S** : Système Aquifère du Sahara Septentrional

**TP** : Température annuelle en(C°)

**UNESCO 2006** : United Nations Éducation Science and Culture Organisation

**ETP** : Evapotranspiration potentiel (mm)

**Pr** : Précipitation annuelle (mm)

**ETR** : Evapotranspiration réelle. (Mm)

OCRSRégions Sahariennes.Culture Organisation.

### **GLOSSAIRE**

**Aghisrou** : Canal qui se trouve entre le peigne répartiteur et le premier puits de la foggara.

**Amazar** : La partie enlevée de la galerie lors de son approfondissement.

**Anfif** : Sortie de l'eau proche du radier du magen.

**Chahed**: Le témoin de la foggara.

**Chegfa** : Outil de mesure du débit de la foggara.

**Djemaâ** : Conseil de la tribu ou du Ksar.

**El Hassab** : Le comptable de la foggara qui fait les calculs du débit.

**Erg** : Dune de sable.

**Foggara** : Galerie souterraine qui draine l'eau de la nappe vers la surface du sol.

**Fouaha** : Puits, Hassi, ou bien cône de puits de foggara.

**Gourara** : Région de Timimoun entre Aougrou et ZaouietDebagh.

**Guemoun (Matrague)**: Petite parcelle de culture dans le jardin.

**Habba** : Graine, unité de mesure du débit de la foggara.

**Hamada** : Plateau rocheux.

**Hassi** : Puits de foggara.

**Hachia** : Bordure de terre entourant le gamoun de (5 à 10 cm de hauteur), très légère et contenant l'eau lors de l'arrosage.

**Kasria** : Peigne partiteur de forme triangulaire ou rectangulaire.

**Kébira** : La Grande

**Kial El Ma** : Le mesureur d'eau.

**Kirat** : Carat, unité de mesure de débit.

**Kraa** : Jambe, extension d'une foggara.

**Ksar** : Tour, Ensemble de bâtis d'une agglomération.

**Machte** : Brosse, construction à la fin de Kasria aide à l'acheminement des parts d'eau.

**magen**: Bassin d'accumulation des eaux.

**Majra (abadou)**: Canal de la foggara.

**Nfad** : Galerie drainante qui relie tous les puits de la foggara.

**Oued** : Cours d'eau.

**Sebkha** : Dépression salée ou gypseuse.

**Seghéria** : La Petite

**Tarha** : Extension de la foggara.

**Tidikelt** : Région d'In Salah entre Aoulef et In Salah.

## *ACRONYMES ET GLOSSAIRE*

---

**Touat** : Région d'Adrar entre Tsabit et Reggane.

**Ratba** : Extension de la foggara.

**Reg** : Surface plane couverte de sable et gravier.

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

Tableau N° 01 : Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Adrar(*BNEDER 2000*)

Tableau N° 02 : les températures moyennes (T), les moyennes de minima (m)

et les moyennes maxima (M) en degré Celsius à la station d'Adrar Source ONM Adrar 1990-2000)

Tableau N° 03 : Humidité relative moyenne mensuelle Source ONM Adrar 1990-2000)

Tableau N° 04 : Précipitations moyennes mensuelles (Source ONM Adrar 1990-2000)

Tableau N° 05 : Insolation moyenne mensuelle (Source ONM Adrar 1990-2000)

Tableau N° 06 : Vitesse du vent (Source ONM Adrar 1990-2000)

Tableau N° 07 : Evaporation dans la région d'Aoulef

Tableau N° 08 : Evapotranspiration de référence

Tableau N° 09 : Développement des puits

Tableau N° 10 : Evolution de la foggara du Tidikelt.

Tableau N° 11 : Débits des foggaras

Tableau N° 12 : nombres fractionnaires de la Habba Zérig .

Tableau N° 13 : Débits des trous de la *kasria* principale.

Tableau N° 14 : Débits des foggaras avant et après l'entretien.

Tableau N° 15 : Les Différentes foggaras dans la région d'Aoulef et Timokten. ANRH

**Liste des figures**

Figure N° 01 : Situation géographique de la région d'étude.

Figure N°02 : Caret de situation géographique de wilaya d'ADRAR.

Figure N° 03 : Diagramme de la température moyenne mensuelle.

Figure N° 04 : Diagramme de l'humidité relative.

Figure N° 05 : Diagramme de la précipitation moyenne mensuelle.

Figure N° 06 : Diagramme de l'insolation moyenne mensuelle.

Figure N° 07 : Diagramme de la vitesse du vent.

Figure N° 08 : Diagramme de l'évaporation dans la région d'Aoulef.

Figure N° 09 : Histogramme d'évapotranspiration de référence.

Figure N° 10 : Position d'Aoulef dans le diagramme d'EMBERGER (1990-2000).

Figure N° 11 : Abaque de l'indice d'aridité de De Martonne. (1990-2000).

Figure N° 12 : Relation entre l'insolation, les Températures et Les précipitations moyennes mensuelles (1991-1996).

Figure N°13 : Extrait de la carte géologique au 1/500 000 d'Aoulef.

Figure N°14 : Coupe d'Ain Cheikh.

Figure N°15 : La continentale intercalaire et continentale terminale dans le grand Sahara (SASS).

Figure N° 16 : Nappes du Continental Intercalaire (UNESCO 2006).

Figure N° 17 : Coupe hydrogéologique Est-Ouest dans le grand Sahara Septentrionale (SASS).

Figure N°18 : Inventaire des points d'eau dans le CI (OSS, SASS Octobre 200

Figure N°19 : La carte piézométrique d'Aoulef

Figure N°20 : Carte piézométrique du Continental Intercalaire (OSS, 2003).

Figure N°21 : Adduction des eaux des foggaras

Figure N° 22 :. Situation de la nappe de continental intercalaire. M<sup>f</sup>. HADDADI MOHAMED(2006).

Figure N° 23 : Historique et origine de la foggara.

Figure N° 24 : Evolution des foggaras.

Figure N° 25 : l'histogramme de l'évolution des foggaras.

Figure N° 26 : représente par Le travail de la foggara.

Figure N°27 : représente par Les forme du travail de la foggara.

Figure N°28 : carte d'inventaire des Foggaras dans la commune d'Aoulef et Timokten.

Figure N°29 : principe de fonctionnement des Foggara.

Figure N° 30 : Coupe schématique d'une foggara.

Figure N° 31 : Kasria principale à la sortie de la foggara sahel.

Figure N°32 : Système de la répartition par la kasri

Figure N° 33 : schéma simplifié répartition des eus de foggara.

Figure N° 34 : Coupe schématique d'une exploitation

Figure N° 35 : Chegfa (le mesureur)

Figure N°36 : Histogramme des variations des débits des foggaras

Figure N° 37 : Planchette en Argile.

Figure N°38 : Afrague (lutte contre l'ensablement).

Figure N°39 : Nouveau revêtement des puits des foggaras le centre-ville d'Aoulef.

Figure N°40 : schéma représente d'Amazar

Figure N° 41 : Position de \*Krâa\* et \*Tarha\* par rapport à la Foggara mère.

# INTRODUCTION

## **INTRODUCTION GENERALE.**

Les oasis n'y sont pas que des dunes de sable, des palmiers et quelques populations qui y végètent, mais une véritable société organisée qui possède ces règles, sur de vastes zones arides, la vie s'écoule naturellement. L'eau est la vie ! La nature fait bien les choses, adapte les êtres vivants au fait. Dans ces régions dépourvues de toutes précipitations, le génie de l'homme l'emporte sur l'hostilité de la nature. La création des "Foggaras" était certes une grande découverte favorable à l'implantation des oasis. Cette idée d'exploiter l'eau souterraine par des foggaras, nous montre ce que les premiers habitants de ces lieux, aux moyens limités, étaient capables de faire.

L'irrigation par système foggara de la région d'Aoulef sur laquelle porte notre étude est située plus précisément dans la Wilaya d'Adrar qui est caractérisée par une nappe continentale intercalaire (CI) riche en eau.

Cette région d'Aoulef caractérisée par une superficie importante de l'ordre de 280.000 km<sup>2</sup> par rapport à la superficie totale de la nappe, et par un climat saharien à hiver chaud et avec une pluviométrie quasi nulle.

La foggara par son système de canalisation d'eau souterraine crée de nombreuses activités agricoles dans le secteur traditionnel.

Bien que cette foggara soit la principale ressource en eau de la région, on peut citer aussi les puits et les forages qui ont un rôle secondaire dans la région et surtout pour les nouveaux périmètres irrigués qui sont généralement éloignés de la foggara.

L'ensemble de foggara d'Aoulef permet aux agriculteurs de pratiquer le système d'irrigation traditionnel "irrigation à la raie" au niveau de la région, autrement dit subvenir aux besoins des plantes cultivées et plus précisément des palmeraies.

Le but de notre travail est la contribution de l'étude hydrogéologie et la répartition des eaux des foggara, et de déterminer l'influence du forage sur le système qu'on essaiera d'étayer dans la suite de notre travail sur le périmètre de Aoulef.

Les conditions climatiques arides qui règnent dans la région d'Aoulef font durer le déficit hydrique du sol pendant plusieurs mois de l'année. Les ressources en eau y sont non seulement inégalement réparties en quantité, mais elles diffèrent par leur nature et leur structure. Ces conditions rendent les ressources en eau renouvelables superficielles non seulement très irrégulières dans le temps, mais souvent non conservées dans l'espace. La maîtrise de ces

ressources est subordonnée non seulement aux conditions climatiques arides et aux structures hydrographiques et hydrogéologiques, mais également aux types d'aménagements et à leurs localisations. Dans toute la région les systèmes aquifères se présentent en multicouches au sein de vastes structures sédimentaires avec souvent, des séries épaisses (quelques centaines à quelques milliers de mètres d'épaisseur) et de nature lithologique variée. Certaines de ces séries plus perméables que d'autres, constituent des formations aquifères principales du système dont le rôle dans l'emmagasinement et l'écoulement horizontal est prépondérant. Elles se caractérisent par leur fonction d'emmagasinement qui fait de ces systèmes au des réserves énormes.

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) occupe une superficie d'environ million de km<sup>2</sup>

dans la partie occidentale du Sahara de l'Afrique du Nord : environ 700 000 km<sup>2</sup> en Algérie.

Il est constitué de formations sédimentaires où s'intercalent des dépôts continentaux avec des séries marines s'étendant entre le socle paléozoïque et le sommet du Jurassique en Algérie et en Tunisie. Dans cet ensemble sédimentaire, on distingue de bas en haut, deux principaux aquifères multicouches

- le Continental Intercalaire

(Jurassique supérieur – Crétacé inférieur)

.Complexe Terminal

Groupant des formations carbonatées du Crétacé supérieur, du Paléocène et de l'Eocène ainsi que les séries détritiques du Miocène (ERESS, 1972). Étant données les conditions du climat saharien, ces formations sont faiblement alimentées : environ 1 Milliard m<sup>3</sup>/an au total, infiltrés essentiellement aux piedmonts de l'Atlas Saharien en Algérie et Tunisie.

La région d'étude a connu de nombreuses métamorphoses dans différents domaines notamment l'agriculture et l'urbanisme. Elle était le théâtre d'un grand remaniement géologique fin Secondaire début Tertiaire.

L'effet négatif dont se heurtaient les chercheurs c'est bien la négligence des études géologiques en générale et hydrogéologiques en particulier.

Dans toute la région, certains secteurs privés sont confrontés à un manque d'eau qui est à l'origine de mauvaises implantations et de mauvais équipements des forages. Ceci peut être expliqué par le manque d'informations et la non consultation des ingénieurs hydrogéologues.

Dans cette zone les ressources en eau souterraine sont caractérisées par un contexte géologique qui est à la fois favorable et défavorable, accentué par un des cycles de sécheresses prolongées engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au milieu urbain soit dans le domaine de l'agriculture. L'accroissement rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses et diverses activités humaines avait suscité l'intérêt des responsables locaux depuis toujours. En effet l'idée d'exploiter les eaux souterraines des aquifères proches avec des profondeurs maximales tolérables était beaucoup plus importante que celles qui se faisaient hasardeusement avec des résultats trop frappés d'approximation. Il apparaît évident à travers ce rapide survol sur l'histoire de la région qu'on se voit obligé de poser plusieurs questions :

- D'où vient l'eau de la région ?
- Quelles sont les formations géologiques qui alimentent les aquifères ?
- Quelle capacité en eau pouvons-nous dégager ?

**CHAPITRE I**  
**PRESENTATION DE LA**  
**ZONE**

### I-1 \_ La situation géographique et limites de région d'étude :

La Wilaya d'Adrar est située dans la partie centrale du Sahara algérien et s'étend sur une superficie globale de 427 968 km<sup>2</sup>, le nombre d'habitants s'élève à 270 922 habitants.

Elle est limitée :

- Au nord-ouest par la Wilaya de Bechar.
- A l'est par la Wilaya de Ghardaïa et Tamanrasset.
- A l'ouest par la Wilaya de Tindouf.
- Au sud-ouest par la Mauritanie.
- Au sud par le Mali.

Issue du dernier découpage administratif de 1974, la Wilaya d'Adrar est composée de 28 communes et 11 Dairas, le nombre de Ksour s'élève à 294.

La Wilaya d'Adrar se compose de trois grandes régions agro climatiques.

- a. Région de Gourara.
- b. Région de Touat.
- c. Région de Tidikelt.

Le Tidikelt est au cœur du Sahara. Ses limites sont à l'Ouest le Touat et le prolongement inférieur de la vallée de la Saoura ; à l'Est le Tassili n'Ajjer ; au Nord le Tademaït et au Sud les plaines aux pieds des monts du Mouydir et de l'Ahnet. Il s'étend sur une superficie d'environ 100 000 km<sup>2</sup>.

- a. La ville d'AOULEF est trouvée depuis des anciens siècles sur la plaine du \*TIDIKELT\* ; située entre latitudes 26° 30' à 28° 00' N. et longitudes 0° 30' à 1° 8' E.
- b. Au Sud Orient de la wilaya d'ADRAR 180 km ; l'Orient de RAGGANE 90 km, et Occident AIN SALEH 150km. En élévation au-dessus du niveau relatif de la mer est de 920m.

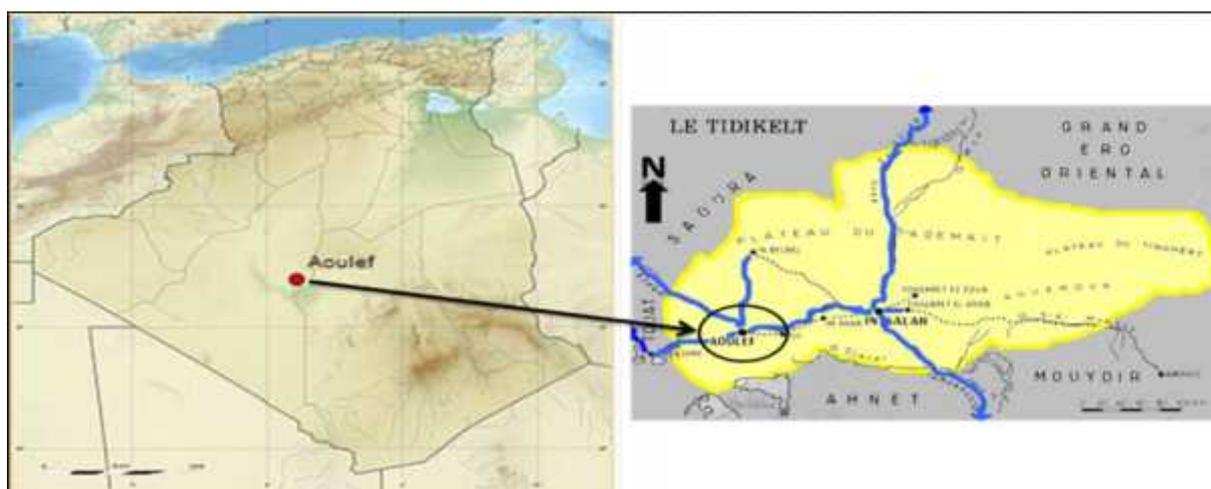


Figure N° 01 : Situation d'Aoulef en Algérie et sur la plaine de Tidikelt

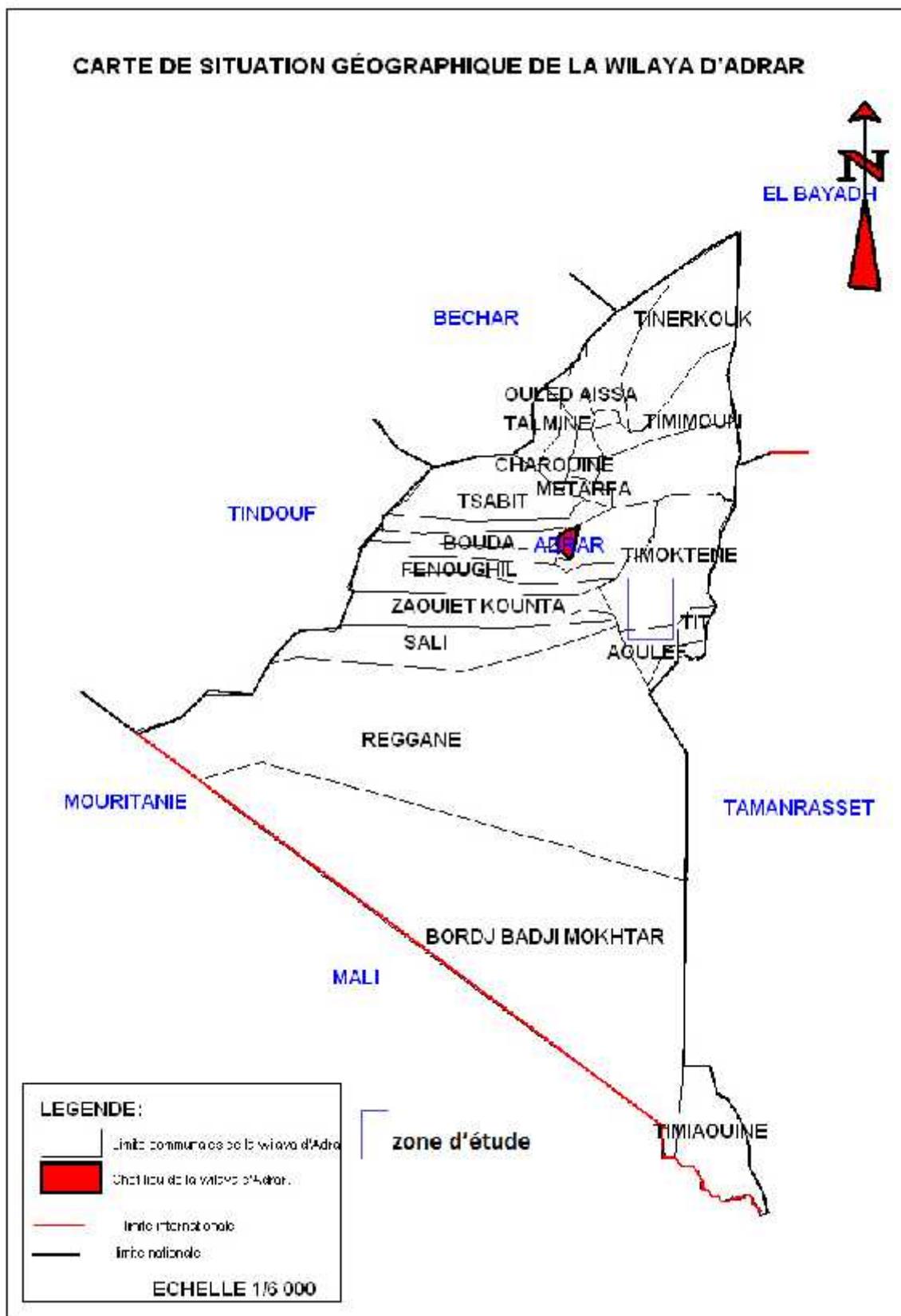


Figure N°2 : Carte de situation géographique de wilaya d'ADRAR

## **I- 2\_ GEOMORPHOLOGIE :**

### **I- 2-1\_ Géomorphologie générale :**

Du point de vue géomorphologique, les grandes lignes de relief du Tidikelt se présentent comme suit :

#### **I- 2-1-a\_ Les plateaux :**

Ils occupent les plus grandes surfaces exposées à la forte érosion éolienne du fait de la circulation aisée des vents sans qu'ils ne soient brisés par aucun obstacle. Ils sont constitués par des formations de grès suffisamment tendre de Crétacé inférieur. Signalons que la bordure de ces plateaux est abrupte à cause de la dalle calcaire qui recouvre.

#### **I- 2-1-b\_ Les regs :**

Ils correspondent au plateau du Crétacé inférieur (Tidikelt) et sont recouverts par des sables et des graviers, avec des accumulations gypseuses.

#### **I- 2-1-c\_ Les sebkhas :**

Elles représentent les zones basses d'anciens lits d'oueds du Quaternaire. Elles constituent ici l'émergence naturelle de la nappe du Continental intercalaire et sont caractérisées par des dépôts éo-fluviaux et gypso-salins.

### **I- 2-2\_ Géomorphologie du site :**

La région d'Aoulef (Tidikelt occidental) possède les mêmes caractéristiques géomorphologiques d'un plateau caractérisée par un relief monotone.

#### **I- 2-2-a\_ Les terrasses d'érosion :**

Elles se sont constituées au cours du Quaternaire. Leur importance varie selon la nature des roches et l'intensité des agents érosifs. Elles sont bien remarquées à l'Est d'Aoulef où l'on trouve les puits des Foggaras les plus profonds de la région (35 à 40m).

#### **I- 2-2-c\_ Les terrasses d'apport éolien :**

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

#### **I- 2-2-d\_ Les dunes :**

Ce sont des unités morphologiques assez importantes qui constituent la forme d'accumulation sableuse. Elles occupent une grande partie de la région, notamment à l'Est des agglomérations et au pied de la sebkha.

### I- 3\_ CLIMATOLOGIE.

#### I- 3-1\_ Introduction.

La région d'Aoulef fait partie du bassin versant du Tidikelt qui s'étend sur une superficie de 30 000 km<sup>2</sup> et il représente le tiers de la superficie totale du Tidikelt. L'étude climatologique est basée sur les données disponibles au niveau de la station d'Adrar couvrant une période d'observations de 10 ans (1990-2000).

#### I- 3-2\_ Station de référence.

La station la plus représentative de notre zone d'étude est la station d'Adrar qui est la plus proche.

La synthèse climatique a été faite sur une durée de 10 ans (1990 - 2000), pour tous les paramètres climatiques (température, humidité, précipitation, insolation, vitesse du vent, évaporation et évapotranspiration).

Le tableau suivant représente les caractéristiques de la station d'Adrar.

Station d'Adrar	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Caractéristiques	0°18' W	27° 82' N	263.9

Tableau N° 01 : Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Adrar (*BNEDER 2000*)

#### I- 3-3\_ Les températures :

Les températures constituent un des facteurs majeurs caractéristiques de climat saharien. le tableau N°05, illustre des variations de la température moyenne (T), les moyennes de minima (m) et les moyennes maxima (M) en degré Celsius à la station d'Adrar, pour la période allant de 1990-2000 (source ONM).

Station		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mia	Juin	Juil	Août	Année
Adrar	M	23.2	16.4	9.5	5.6	4.5	7.2	10.8	15.6	19.3	24.8	26.8	26.7	15.9
	M	39.8	32.8	25.4	21.6	20.3	27.8	32.2	36.2	36.2	42.5	44.9	44.3	32.6
	T	31.8	24.5	17.2	13.2	12.1	15.4	19.6	24.3	28.4	34.4	36.5	36	24.4

-Tableau N° 02 : les températures moyennes (T), les moyennes de minima (m) et les moyennes maxima (M) en degré Celsius à la station d'Adrar (ONM).

#### I- 3-3-a\_ température moyenne :

Globalement, la région d'Adrar est comprise entre les isothermes 24°C et 26°C de température moyenne annuelle, ce qui correspond à une région chaude ( $T > 20^{\circ}\text{C}$ ).

La saison chaude dure plus de 7 mois, aucun mois de l'année n'a une moyenne inférieure à 20°C. Le gel est inconnue à Adrar, mais le refroidissement nocturne est important .Il en résulte des amplitudes journalière élevées, plus forte en été qu'en hiver.

Plus important sont les températures extrêmes particulièrement les températures estivales dont les valeurs élevées caractérisant ce type de climat continental saharien.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et le développement végétal se rapportent :

-A l'intensité et à la durée de froid hivernal (période de dormance hivernale).

-A la sécheresse estivale d'autant plus longue et chaude que la pluviosité est nulle.

Au mois de décembre et janvier la température moyenne oscille entre 12.1et13.2°C, par contre en été elle est particulièrement élevée (36.5°C). La période la plus sèche

S'étale sur au moins 3 mois (juin -août) ce qui signifie que toute opération de mise en valeur exige des apports d'eau conséquents et ceci durant toute l'année agricole.

### **I- 3-3-b\_ température moyenne extrême :**

Pour mieux appréhender les variations thermiques dans notre région .il est utile de se pencher sur les valeurs extrêmes mensuelles car ce sont leurs effets qui agissent directement sur la vie végétative.

EMBERGER à montrer l'importance de la moyenne des minimums du mois le plus froid (m). Cette valeur représente les conditions thermiques limites survenant régulièrement durant le froid hivernal.

Le tableau N°05 montre que la température moyenne des minima, la plus basse est observée en janvier (4.5°C) quant à la température moyenne des maxima .la plus élevée est de 44.9°C observée au mois de juillet.

A ces températures extrêmes .il faut connaître en plus l'amplitude thermique journalière car de nombreuses espèces végétales y sont sensibles.

### **I- 3-3-c\_ l'amplitude annelle moyenne :**

L'amplitude thermique annuelle est définie par la différence entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid .la station d'Adrar présente un écart élevé de (40.4°C) .l'amplitude thermique est donc important ce qui indique le caractère continental du climat de notre zone.

Il faut noter aussi que la surface du sol est soumise aux grandes variations de la température journalière et saisonnière. Malgré l'absence des mesures précises de la température à la surface du sol. Les observations de J.DUBIEF dénotent des valeurs maximales qui dépassent 70°C. Cependant il n'est pas aberrant d'envisager dans notre région des valeurs avoisinantes les 60°C durant certaines journées d'été particulièrement chaudes.

Avec une aridité croissante, la surface du sol sera d'autant plus soumise aux fluctuations thermiques qu'elle n'est pas protégée par un couvert végétal, plus sèche et plus sableuse .ceci à pour conséquent d'accentuer les difficultés pour la vie végétale surtout la germination des graines. Aussi ces variations jouent un rôle important sur le taux et l'évolution de la matière organique particulièrement dans les horizons superficiels

On applique les données du tableau N°03 dans le diagramme suivant.

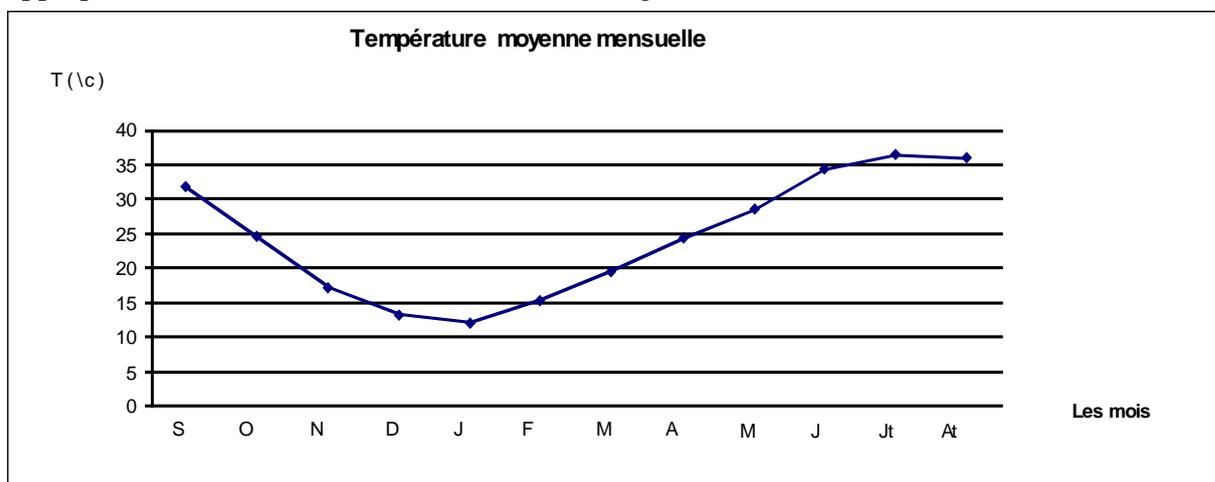


Figure N° 03: Diagramme de la température moyenne mensuelle

La température maximale est de 36,5 °C au mois de juillet et la température minimale est de 12,1°C au mois de janvier.

D'après le graphe N° 02, on observe une croissance de la température à partir du mois de janvier jusqu'au mois de juillet pour atteindre 36,5°C.

Le climat de la région d'Aoulef est caractérisé par deux saisons :

- La saison froide.
- La saison chaude où la température est supérieure à 20°C, sur une période de plus de 7 mois.

### I-3-4\_ L'humidité relative.

L'appréciation de ce facteur est traduit par le rapport en pourcentage (%) de la tension de la vapeur à la tension maximale correspondant à la température. elle exprime en réalité l'état hygrométrique de l'atmosphère, varie beaucoup au cours de la journée. Elle est maximale au lever du soleil par contre le taux le plus faible est observé en milieu de la journée.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	ANNEE
HR(%)	23.9	32.6	43.4	47.1	48.0	38.0	27.5	23.1	19.2	15.0	12.7	15.4	28.8

Tableau N° 03 : Humidité relative moyenne mensuelle. (source ONM Adrar 1990-2000)

On applique les données d'humidité relative dans le diagramme suivant.

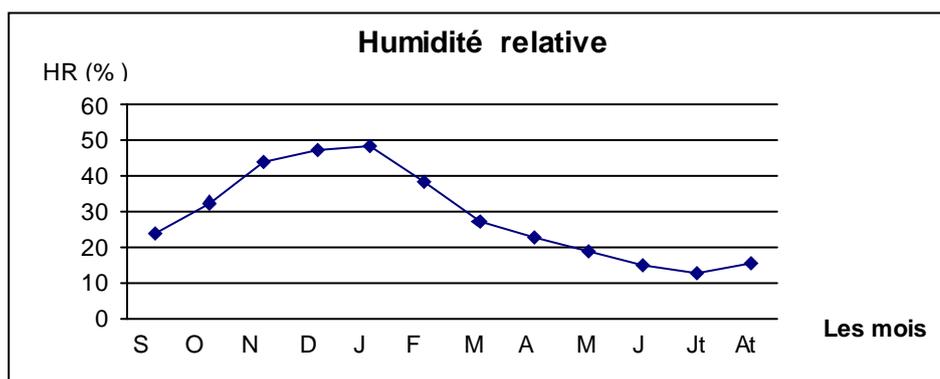


Figure N° 04 : Diagramme de l'humidité relative

D'après le graphe N°03, nous avons une augmentation de l'humidité de 23.9 % jusqu'à 48 % pendant les mois d'octobre, novembre, décembre et janvier. Celle-ci diminue jusqu'à 12.7 % durant les autres mois de l'été ce qui provoque une intense évapotranspiration signe de sécheresse accentuée.

### I-3-5\_ La pluviométrie.

La région d'Aoulef se caractérise par une pluviosité négligeable et irrégulière avec une moyenne annuelle qui ne dépasse guère les 13,2 mm. Les pluies tombent en majeure partie pendant la période hivernale. Pour le reste de l'année, elles se vaporisent en partie au cours de leur chute. Il peut pleuvoir durant plusieurs jours de l'année, comme il arrive qu'aucune goutte ne tombe durant l'année.

Pour l'étude de la pluviométrie, nous disposons d'une série d'observation mensuelle couvrant la période allant de 1990 à 2000. Le tableau suivant présente les valeurs des précipitations moyennes mensuelles.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	ANNEE
P(mm)	0.2	0.4	0.4	0.3	7.6	2.1	1.2	0.9	0.2	0.1	0.1	0.05	13.2 / an

Tableau N° 04: Précipitations moyennes mensuelles. (source ONM Adrar 1990-2000)

On applique les données du tableau dans le diagramme suivant.

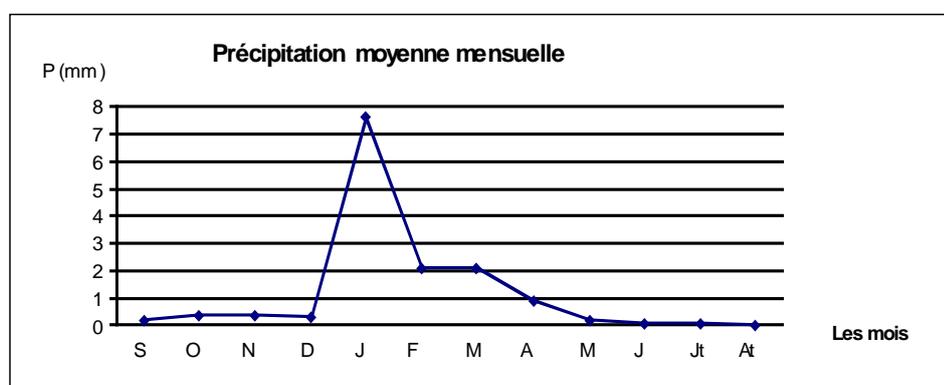


Figure. N° 05 : Diagramme de la précipitation moyenne mensuelle

A la lecture du tableau, les précipitations sont quasi nulles (0,05 – 0,4mm) pendant toute l’année sauf le mois de janvier avec une valeur de 7,6 mm qui baisse jusqu’à 2,1 mm au mois de février et 1,2 mm au mois de mars. En parallèle les débits des foggaras sont à leurs maximums au mois de janvier et diminuent pendant les autres mois.

**I-3-6\_ L’insolation :**

L’insolation journalière est élevée, elle a une valeur moyenne de 9,6 heures par jour pour l’année. Elle influe sur la croissance et le développement des plantes, elle atteint son maximum en juin (11,10 h/j) et son minimum en décembre (8,2).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	ANNEE
Heure/J	9.4	9.1	9.0	8.2	8.4	9.4	9.3	9.6	10.6	11.1	10.9	10.1	9.59

Tableau N° 05 : Insolation moyenne mensuelle. (source ONM Adrar 1990-2000)

On applique les données de l’insolation dans le diagramme suivant.

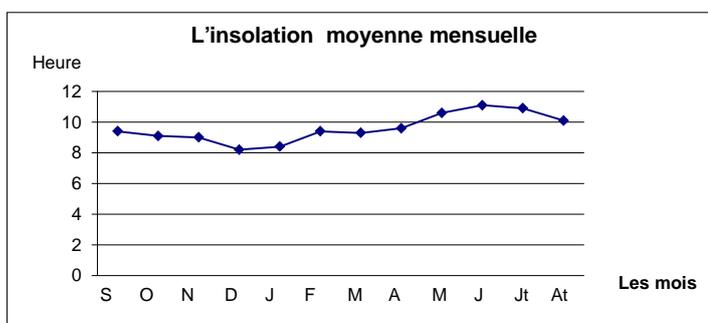


Figure N° 06 : Diagramme de l’insolation moyenne mensuelle

D’après le graff, l’insolation journalière est supérieure à 8 h/j pendant toute l’année. La courbe diminue de 11,1 h/j, au mois de juin, jusqu’à 8,2 h/j au mois de décembre, L’insolation est faible pendant les mois froids et importants durant les mois chauds.

L’insolation est importante à Aoulef puisqu’elle excède 9 heures par jour pendant plus de 10 mois de l’année

**I-3-7\_ Les vents.**

La région de Tidikelt est l’une des régions la plus ventée du Sahara avec des vents particulièrement violents. Le tableau suivant représente les moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées durant la période de 1990 à 2000.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Année
Vitesse (km/h)	5.6	5.5	5.3	4.8	5.7	5.6	6.6	6.3	6.0	5.5	5.8	5.6	5.7

Tableau N° 06 : Vitesse du vent. (Source ONM Adrar 1990-2000)

On applique les données de vitesse du vent dans le diagramme suivant.

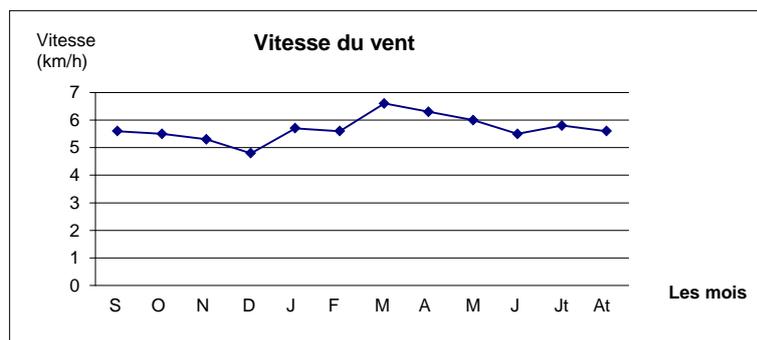


Figure N° 07 : Diagramme de la vitesse du vent

A la lecture du graphique des vents ci-dessus, nous remarquons que la force du vent est supérieure à 5m/s durant toute l'année et par conséquent notre région est très ventée. Elle est donc très exposée à des vents forts et à l'ensablement à tout moment de l'année.

Selon les données de l'ONM, la région d'Aoulef comptabilise (06) six jours de l'année tempête de sable par an et essentiellement en Mars, Avril et Mai.

Durant ces tempêtes et avec une aridité croissante, la surface du sol sera d'autant plus soumise aux fluctuations thermiques journalières, qu'elle n'est pas protégée par une végétation, plus sèche et aussi un sol sableux. Ceci a pour conséquent d'accentuer les différences pour la vie végétale surtout la germination des graines et le développement des plantes.

Le vent à lui seul ne constitue pas un facteur défavorable pour l'agriculture, sauf quand il est très fort. Seuls les vents de sable ou de poussière agissant comme constructeurs de dunes ou générateur de formes et qui sont susceptible d'endommager les cultures. Toujours le maximum est animé d'une vitesse de 10 m/s. Il peut déplacer des grains de l'ordre de 1 mm de diamètre et soulever des particules de 1,5 mm et même plus gros.

Autre caractéristique du vent de la région c'est la forte fréquence du siroco, ce vent chaud et sec à pouvoir desséchant élevé par le fait qu'il fait augmenter la température. Ce phénomène se manifeste dès le début du mois de Mars, au moment où la végétation est en pleine croissance ce qui cause des dommages préjudiciables aux cultures notamment aux jeunes pousses.

### I-3-8\_ L'évaporation.

L'évaporation traduit le retour de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur, elle intéresse aussi bien les surfaces d'eau libre que les quantités d'eaux retenues dans les couches plus profondes. Le tableau suivant présente l'évaporation enregistrée pendant la période entre 1990 et 2000

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	total
L'évaporation (mm)	504	354	248	194	206	241	339	425	560	570	638	616	4895

Tableau N° 7 : Evaporation dans la région d'Aoulef.

On applique les données de l'évaporation dans le diagramme suivant.

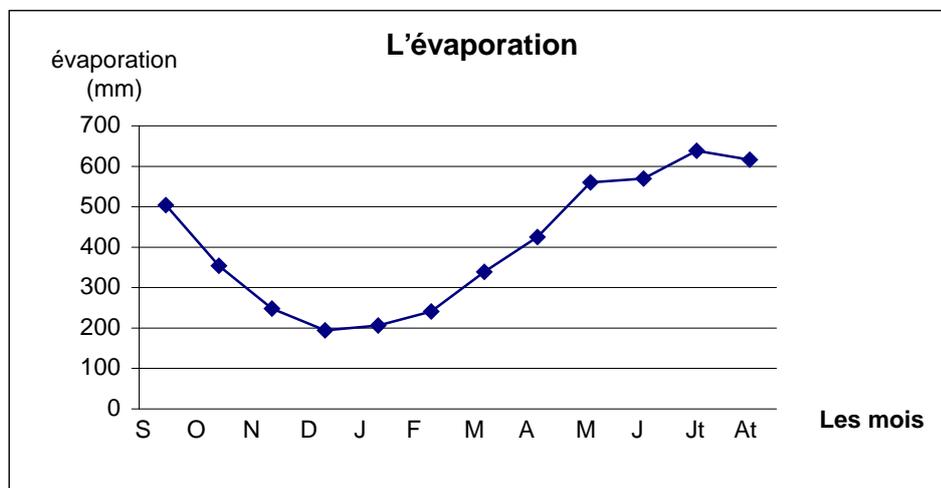


Figure N° 08 : Diagramme de l'évaporation dans la région d'Aoulef.

Le diagramme montre qu'il y a une diminution de l'évaporation pendant la période entre septembre et décembre.

### I-3-9\_ L'évapotranspiration de référence.

L'évapotranspiration de référence est calculée par le biais du Logiciel CROPWAT version 5,1 en utilisant la méthode de Penman – Monteith. Le tableau suivant donne les valeurs moyennes mensuelles en mm/j calculées sur une période de 10 ans entre 1990 et 2000.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Total mm
ET <sub>0</sub> mm/j	11.2	7.83	4.91	3.65	3.75	5.24	7.81	9.79	11.53	13.33	14.59	13.71	3273

Tableau N° 8 : Evapotranspiration de référence

On applique les données de l'évapotranspiration dans l'histogramme suivant.

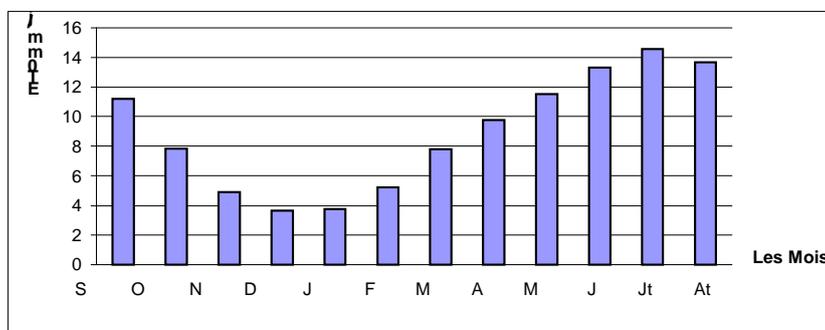


Figure N° 09 : Histogramme l'évapotranspiration de référence

L'histogramme de l'évapotranspiration de référence ETR donne une décroissance des valeurs 14,59 mm au mois de juillet jusqu'à 3,75 mm au mois de janvier. Deux périodes sont distinguées.

- Période à forte évapotranspiration entre les mois d'avril et septembre.
- Période à faible évapotranspiration d'octobre à mars.

#### I-4\_ QUOTIEN PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER.

Cet indice permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, deux paramètres sont pris en considération :

- La pluviométrie moyenne annuelle (P).
- La température : La moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima du mois le plus froid (m).

La formule d'EMBERGER est la suivante :  $Q_2 = 2000 P / (M_2 - m_2)$

M : Température moyenne du maximum du mois le plus chaud en degré kelvin (°K).

$$M = 317.9 \text{ °K}$$

m : Température moyenne du minimum du mois le plus froid en degré Kelvin (°K).

$$m = 277.5 \text{ °K}$$

P : Précipitations moyennes annuelles en millimètre (mm). P = 13.2 mm

Q<sub>2</sub> : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

Un coefficient d'Emberger égal à 1.10 situe la région d'Aoulef dans l'étage bioclimatique saharienne à hiver chaud selon le climagramme d'EMBERGER

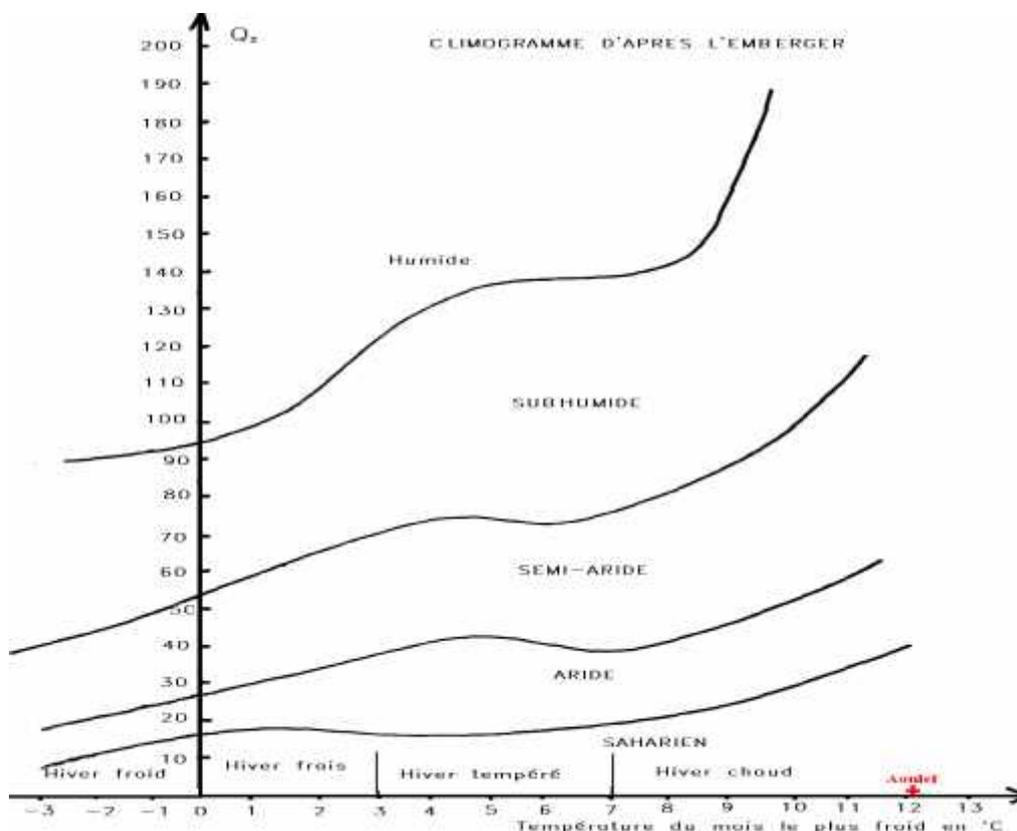


Figure N° 10 : Position d'Aoulef dans le diagramme d'EMBERGER (1990-2000).

### I-5\_ METHODE DE STEWART.

Elle est exprimée par le rapport  $Q2 = 3,43 P / (M + m)$

P : Moyenne des précipitations annuelles.

M : Moyenne des températures maximales des mois les plus chauds.

m : Moyenne des températures des mois les plus froids.

Un coefficient égal 0.92 calculée par la méthode de Stewart positionne la région d'Aoulef dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud selon le climagramme d'EMBERGER (Figure N° 09).

### I-6\_ INDICE DE DEMARTONNE.

De Martonne (1923) a défini un indice d'aridité exprimé par la formule suivante :

$$I = P / T + 10$$

P : Précipitation moyenne annuelle.

T : Température moyenne annuelle.

L'indice d'aridité d'Aoulef est donc égal 0,38 et en utilisant l'abaque du même auteur (fig. N°10), la région est située en régime hyper aride.

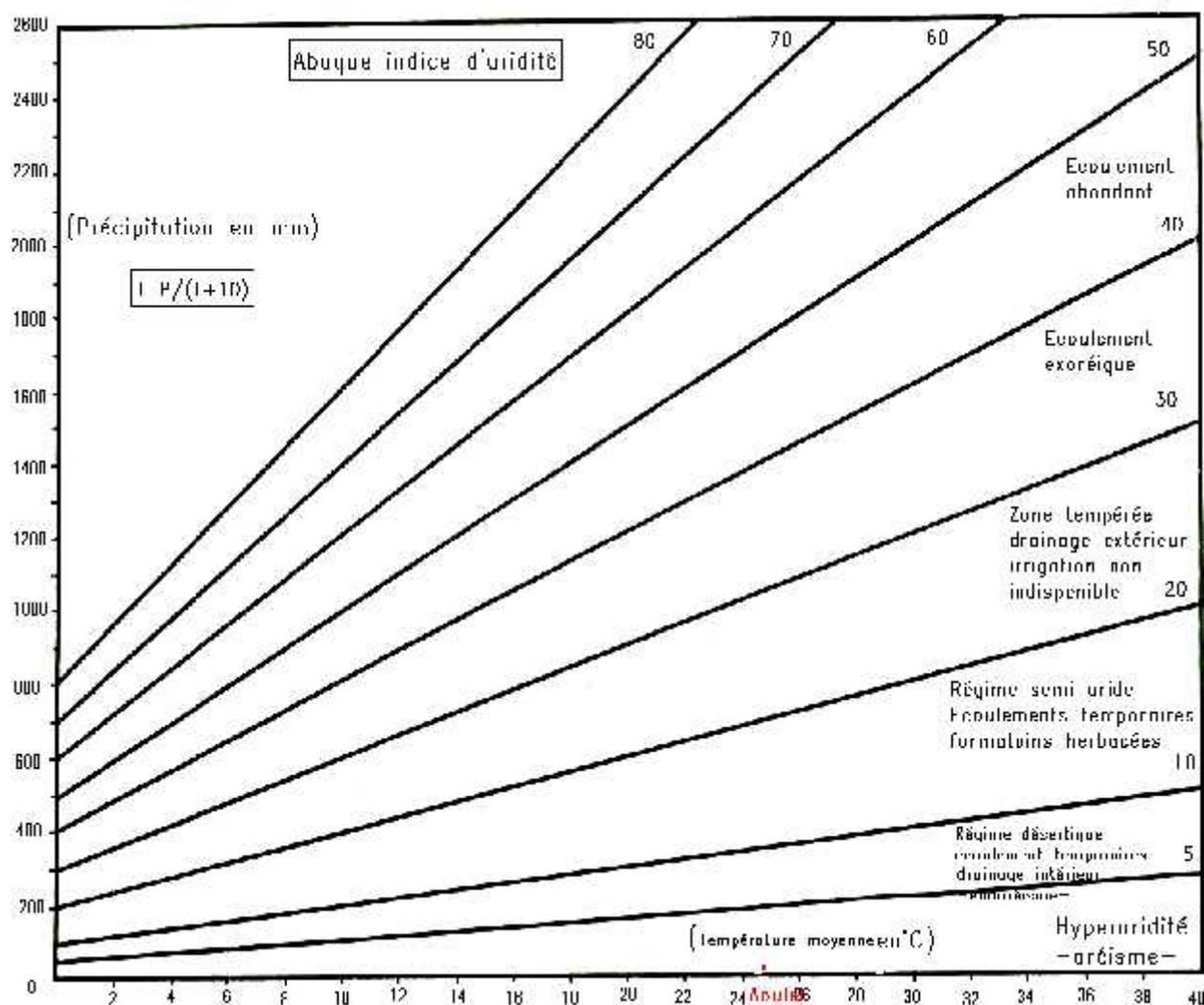


Figure N° 11 : Abaque de l'indice d'aridité de De Martonne(1990-2000)

### I-7\_ Réseau Hydrographique :

Sur le plateau du Tidikelt, formé par les alluvions Quaternaires de Crétacé inférieur et jonché de bois fossiles, on observe un réseau hydrographique complexe de l'oued Talha et son affluent l'oued Tufergmas. La confluence de ces deux dernier donne naissance à l'oued Asriouel qui draine du Nord au Sud une zone d'épandage occupée de nos jours par la vile d'Aoulef. Au Sud, l'oued Ouzdaf va se jeter dans la sebka de Mekerrhane.

### I-8\_ Les variations des facteurs hydro-climatologiques :

La région d'étude se caractérisé par un maximum pluvieux principal en Hiver (de décembre au Janvier) où le vent, l'insolation et la température sont basses, un minimum en printemps (de février au Avril) où on remarque une progression croissant de la température et légère du vent et de l'insolation et un autre, moins important, au automne (de Septembre au novembre), progression décroissant de la température où le vent et l'insolation sont pratiquement stable. L'été (de Mais au Août) est une longue période sèche et chaude avec des vents parfois violents, Cette région souffre alors d'un important déficit en eau car se conjuguent rareté des pluies, intensité de l'insolation qui due à l'évaporation importante et augmentation des besoins de l'agriculture.

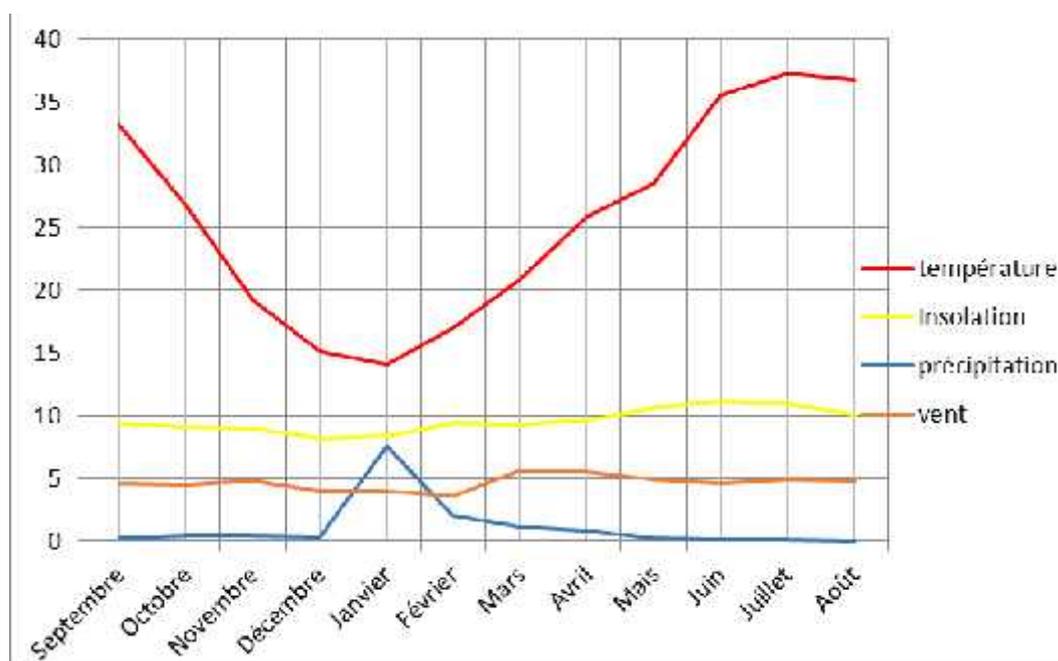


Figure N° :12 : Relation entre l'insolation, les Températures et Les précipitations moyennes mensuelles (1991-1996)

### I-9\_ Conclusion :

- il ressort de cette étude que notre région joint un climat hyperaride, loin d'être touché par les l'influences maritimes méditerranées et montagnardes.
- La pluviométrie est très faible et irrégulière, de l'ordre de la dizaine de mm par an.
- Elle reste sans signification face à l'intense évaporation à laquelle est soumise la région.
- Les températures sont très élevées, la moyenne annuelle est de 24.4°C.
- Vu la rareté de précipitation, aucun bilan hydrologique objectif ne peut être réalise.

# **CHAPITRE II**

## **CADRE GÉOLOGIQUE**

## II-1\_ Géologie :

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie parce qu'elle permet la prévision des formations susceptibles d'être aquifères et de suivre leur évolution dans l'espace du terrain d'étude. L'étude lithologique et stratigraphique des faciès permet de donner plusieurs informations qui sont :

\* La description des différents faciès et l'établissement d'une colonne stratigraphique synthétique des différentes strates.

\* La description des formations géologiques susceptibles d'être aquifères, pour cela, il est à distinguer :

\_ Un milieu poreux composé par des sables et graviers qui constituent généralement les nappes d'eaux superficielles.

\_ Un milieu fracturé rencontré dans les formations carbonatées constitue les nappes d'eaux profondes.

\* L'identification de la relation d'écoulement des eaux souterraines qui peut exister entre les différents aquifères. La région d'Aoulef se trouve sur le rebord Nord du bassin de l'Ahnet-Mouydir qui a des limites bien marquées :

- Au Nord, la falaise Crétacé du Tademaït.
- Au Sud, l'arc de cercle montagneux de l'Ahnet relayé par celui du Mouydir qui tourne progressivement vers le Nord assurant la fermeture Orientale du bassin.
- A l'Ouest, le Tanezrouft.

Schématiquement, on observe un substratum de formations antécambriennes, recouvert par des séries sédimentaires pelliculaires plus ou moins épaisses. L'ensemble étant traversé, en plusieurs régions, par des roches volcaniques.

Ce substratum antécambrien apparaît en vaste boutonnières : Eglab formant la bordure Occidentale et Ahaggar formant la bordure Orientale. Il est formé essentiellement de schistes cristallins, de granites et de roches éruptives. Le fait remarquable, est que le plus ancien qu'on appelle Suggarien en Ahaggar, semble bien avoir commandé toute l'évolution architecturale postérieure. Les schistes cristallins de ce cycle ancien, généralement très métamorphique, ont

ordinairement une disposition Sud-méridienne dans toute la moitié occidentale du Sahara. Les formations du cycle suivant (qu'on appelle Pharusien en Ahaggar), généralement moins métamorphiques, ont gardé les mêmes directions d'ensembles. Quant aux formations antécambrienne les récentes (Nigritien ou Tarkwaien), elles n'apparaissent que comme des lambeaux très peu étendus. A la fin de cette période, il semble bien qu'on a une vieille plate-forme avec une surface presque parfaitement pénéplaine.

Durant les périodes qui vont suivre, c'est-à-dire du Cambrien à l'époque actuelle, on observe à une succession d'incursions marines sur cette plate-forme, et à des déformations plus ou moins importantes. Avec les temps Paléozoïque, commence une transgression marine qui s'étend progressivement sur les deux tiers Occidentaux de la plate-forme, et durera d'une façon plus ou moins continue jusqu'au milieu du Carbonifère. Durant cette période, l'orogénèse hercynienne s'inscrit plus nettement par des zones plissées et surtout par de grands accidents de style cassant.

Une longue période continentale s'instaure dès la régression et persiste jusqu'au milieu du crétacé. Elle se manifeste par d'importants dépôts détritiques : continental post Tassilien (pays bas de l'Ahnet) sur lequel repose en discordance le complexe du continental intercalaire qui constitue le plateau du Tidikelt.

Avec le Crétacé supérieur, débute une nouvelle transgression marine qui envahit toutes les zones basses du Sahara, et persiste jusqu'au Tertiaire. Dès l'Éocène, la mer se retire et le régime continental se rétablit définitivement (FigureN°12 ) ABELLAH.B

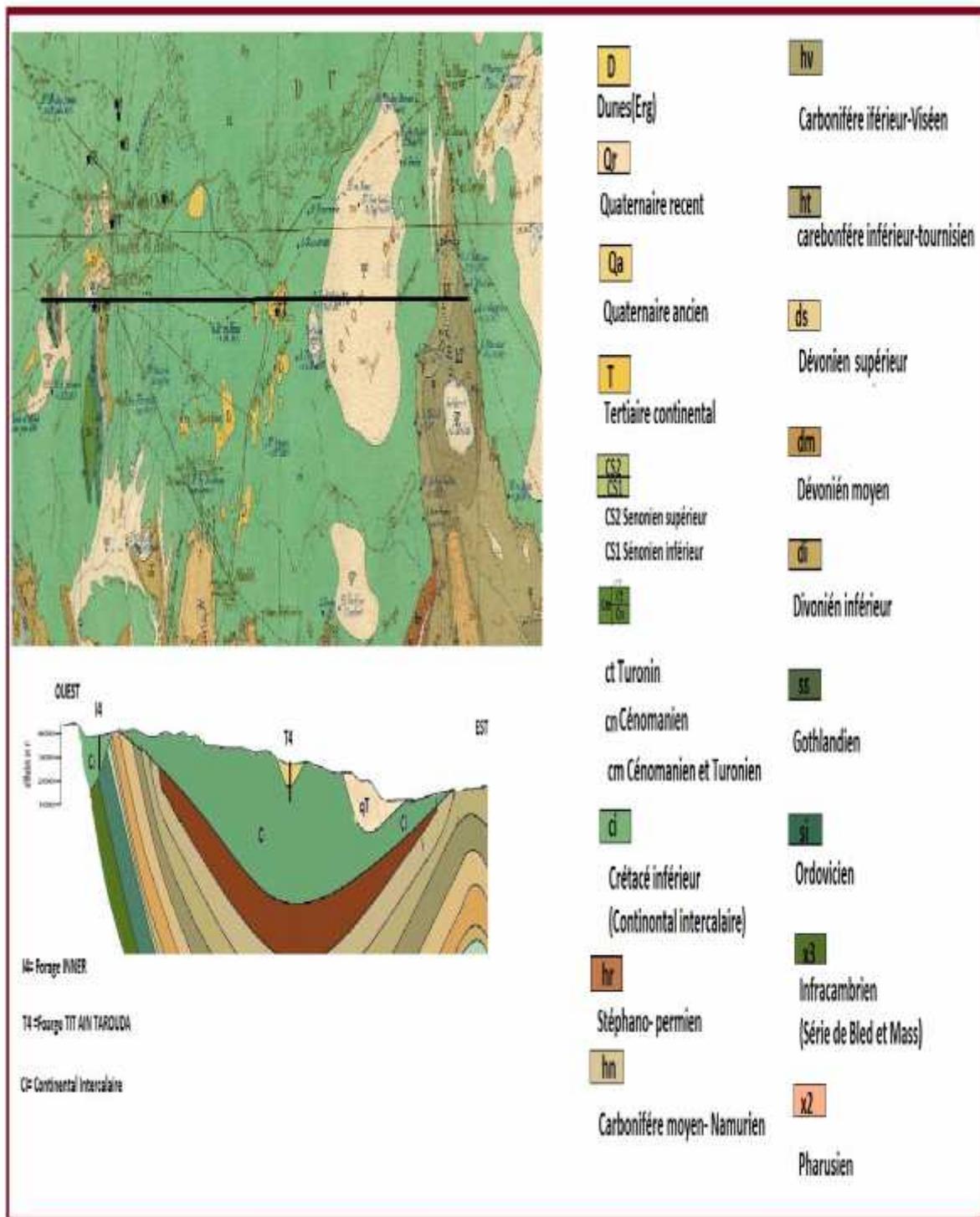


Figure N°12 Extrait de la carte géologique au 1/500 000 d'Aoulef

## **II-2\_Stratigraphie**

### **II-2-1\_Précambrien :**

Les séries cristallines sont rencontrées dans la région de Bled El Mass à l'Est de Reggane. Elles sont recouvertes en discordance par les des formations volcano-sédimentaire infracambriennes affleurant à la périphérie du massif des Eglab. Ces formations sont représentées par des arkoses rouges, des conglomérats à galet de granite, des quartzites et des grès quartzites.

### **II-2-2\_Paléozoïque :**

Il correspond à des formations qui ont une grande extension dans la région, gisant transgressive ment sur le socle Antécambrien. Il consiste une puissante assiste terrigène formant la marge méridionale du Tidikelt. On distingue :

#### **II-2-2-a\_Cambro-ordovicien :**

Il correspond à des dépôts reposant directement sur le socle cristallin. Ces dépôts sont représentés par des formations gréseuses dans les séries des Ajjers.

#### **II-2-2-b\_Ordovicien :**

Il est bien connu dans les dépressions d'oued Mya et Timimoun et constitue un ensemble allant du Trémadocien à l'Achgillien (500 m). Les dépôts proximaux (fluviaux) s'agencent autour des régions émergées et forment les falaises du Tassili interne, représenté par les formations argilo-gréseuses de Tamajert et Ain Tahouite.

#### **II-2-2-c\_Silurien :**

Cette période est caractérisée par une sédimentation terrigène fine, argileuse en milieu marin. Elle est représentée par des argiles à graptolite occupant le cœur des anticlinaux dans l'Umirhou

**II-2-2-d\_Dévonien :**

On distingue :

Dévonien inférieur : il est représenté par des formations de grès et de calcaire dans le Touat et Gourara et passe à une formation argilo-gréseuse dans le Tidikelt.

Dévonien moyen : il est représenté par des formations de calcaire et de récifs parfois très minces. Dans le Tademaït, il est constitué par des couches argilo-calcaires (oued Ech-chebbi) qui reposent directement sur les argiles du Silurien. Dans la région d'In Bebel.

Dévonien supérieur : il est bien représenté par des grès de Meden Yahia, l'argile et les grès de khenig où est parfois touché par l'érosion.

**II-2-3\_Carbonifère :**

Il correspond au cycle Paléozoïque final. Son dépôt dépend de l'importance de la lacune pré-mésozoïque. Il est représenté par des formations d'argile à anhydrite avec des intercalations calcaire à l'Est de Tidikelt.

**II-3\_Mésozoïque :**

Il couvre l'ensemble de la région. Ce sont des séries déposées sur une surface élaborée par l'érosion hercynienne. Les premiers dépôts sont datés soit Lias (dépression de Reggane), soit du Jurassique moyen ou supérieur. On a :

**II-3-a\_Lias :**

Il n'est jamais rencontré dans le Tidikelt, mais au Nord de la région de Reggane ; les terrains Paléozoïque sont surmontés et recoupés par des dykes et sillons de dolomites attribuées à cet étage.

**II-3-b \_ Le Crétacé inférieur (continental intercalaire) :**

Dans le Gourara, Touat et le Tidikelt, le continental intercalaire est daté de Crétacé inférieur, grâce à des découvertes paléontologiques assez nombreuses (de Lapparent 1960). Il existe une lacune très importante, allant du Permien au Jurassique supérieur, entre le continental post-tassilien, plissé, d'âge Stéphanien (Bonnet, Fabre et Feys, 1960) et les assises continentales fossilifères qui forme le plateau du Tidikelt. Au Nord d'Aïn Ech-chebbi, et dès les gours d'oued Yahia, le continental intercalaire recouvre en discordance

angulaire nette cette série monoclinale à forte pendage, au sommet duquel il y a des phénomènes d'altération remarquable (d'après A.F. de Lapparent, 1947). D'après le même auteur, le continental intercalaire de cette région est divisé en quatre horizons constants :

A la base, une unité \*A\*, formée de 25 à 3003 m d'argiles rouges, des grès roses, et blancs, de grès rouges à stratification entrecroisée, à lentille de graviers et draguées de quartz (poissons et reptiles à Timimoun, Chebbi, Aoulef).

Au-dessus, l'ensemble \*B\*, formé par une dalle de grès-quartzite, de 1 à 2 m d'épaisseur très constante, surmontant un conglomérat à bois silicifié, parfois à troncs d'arbres silicifiés et à ossement de reptiles. Ce niveau forme la surface des plateaux qui se suivent de Timimoun à In Salah en passant par Adrar, Reggane et Aoulef.

Au-dessus, l'ensemble \*C\* est formé par une deuxième série argileuse, de 40 à 100 m de puissance, qui admet des intercalations de grès à dragées (grès de Kherboub).

Enfin, plus haut, l'ensemble \*D\* comprend 60 à 125 m d'argile rouge ou panachées, à bancs gréseux, qui forment avec quelques bancs calcaire.

### **II-3-b-1 \_Les données de sondage :**

#### **a- 1\_ Sondage de recherches pétrolières :**

Deux forages pétroliers ont été exécutés à l'ouest de la région : TK105 et TK101. Le continental intercalaire a été traversé sur une épaisseur de 315 m pour TK105 et 130 m pour TK101.

#### **a-2\_ Sondage de recherche hydraulique :**

P Plusieurs forages d'eau ont été exécutés dans la région d'Aoulef et ses environs pour l'alimentation en eau potable d'une part, et pour l'agriculture d'autre part.

#### **b-1\_ Sondage d'Aoulef :**

Deux forages de grande profondeur, 224 m pour le forage d'Aoulef 01 (9P5), et 222 m pour forage d'Aoulef 02 (OCSR) ont été exécutés dans la région. Ils ont traversé le continental intercalaire sur une épaisseur de 197,65 m. la lithologie de ces forages est identique : sable, argile avec les termes intermédiaires : argile sableuse, grès argileux, sable et gravier.

**b-2\_ Sondage d’Inner :**

Inner, le centre de la commune de Timokten, se trouve à 9 km au Nord d’Aoulef El Arab. Plusieurs forages ont été exécutés pour l’alimentation en eau potable. La lithologie est identique aux précédents, toutefois, on observe une épaisseur importante de la couche argileuse dans plusieurs forages voisins, à une profondeur de l’ordre 70 m.

**b-3\_ Sondage de Tit :**

La palmeraie de Tit est située à 58 km à l’Est d’Aoulef. Plusieurs forages ont été exécutés ; le plus important est celui de Tit 101 qui est réalisé en 1956 pour le chantier pétrolier. Ce forage d’une profondeur de 510 m a rencontré le continental intercalaire jusqu’à une profondeur de 400 m. la lithologie est identique aux précédents.

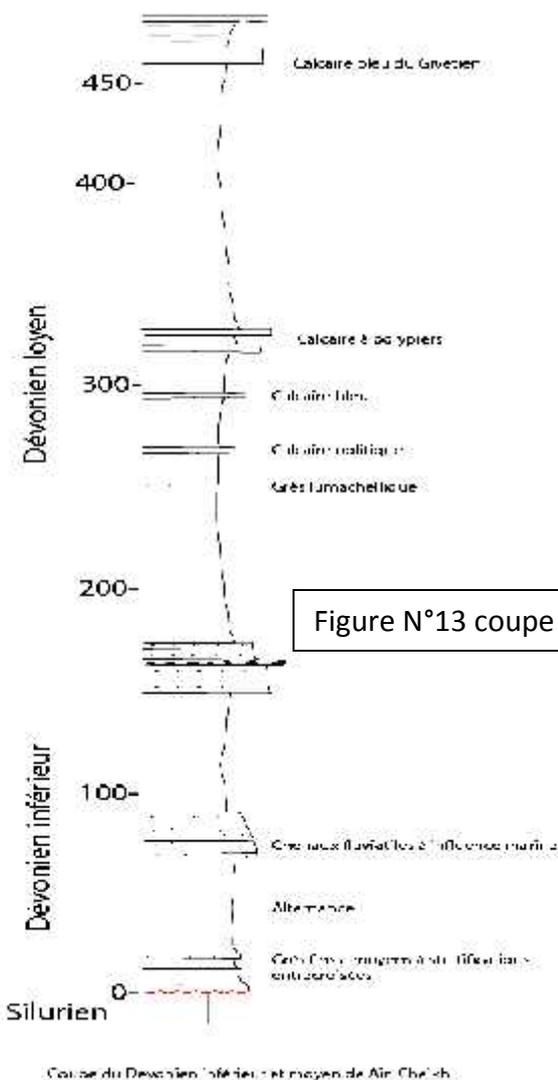
**II-3-b-2 \_ les données de surface :**

**a-La coupe d’Ain Ech-Cheikh :**

Une coupe établie à Ain Ech-Cheikh montre un continental intercalaire peu épais essentiellement gréseux, reposant sur les schistes siluriens alunifères.

**b-La coupe d’Aoulef Ech-cheurfa :**

Une butte témoin (point coté 343 m) de continental intercalaire domine immédiatement à l’Est de la palmeraie d’Aoulef Ech-cheurfa. Les grès quartzites du sommet sont couverts par endroits de nombreuses inscriptions touarégues et ici comme à Ain Ech-Cheikh, il y a une silicification de plus importante vers le sommet des grès



supérieurs qui forment une dalle de 3 à 4 m d'épaisseur.

Le Dévonien moyen qui affleure à Ain Cheikh est représenté par des argiles avec quelques Bancs centimétriques de grès et calcaires sur environ 300m. Les grès sont fins en plaquettes Parfois lumachelliques tandis que les bancs carbonatés sont des wackstones à packstones Renfermant des polypiers, des crinoïdes, des orthocères ainsi que des nodules de phosphates. Le Dévonien supérieur et le Carbonifère sont représentés dans la coupe d'Ain Cheikh par des argiles avec des intercalations de bancs parfois métriques de grès fin en plaquettes sur environ 250 m. Quelques bancs carbonatés occupent la partie supérieure de la coupe.

### **II-3-c\_ Crétacé supérieur :**

Il consiste le plateau de Tademaït au Nord d'Aoulef. Il est représenté par trois étages :

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

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

Sénonien : il est essentiellement argilo-gréseux.

### **II-4\_ Cénozoïque :**

Le plio-villafranchien : (Cornad 1969)

Le plio-villafranchien lacustre du Tidikelt forme petit relief tabulaire de 4 à 5 m bien visible dans le paysage et sur les photographies aériennes, à quelque Kilomètre des pistes d'Adrar-Reggane et d'Adrar-Aoulef. Ce sont des dépôts calcaires et contiennent très peu 'éléments détritiques. La coupe située à 3 km à l'Est de départ de piste d'Aoulef, montre de bas en haut la succession suivante :

- ❖ 1,50 m visible de calcaire crayeux, blanc.
- ❖ 0,40 m de calcaire argileux.
- ❖ 1,50 m de calcaire lacustre, farineux, contenant des Ostracodes.

**II-5\_ Quaternaire :**

Pendant cette période, l'action de l'érosion fut très importante. D'une part, elle a modelé les grandes lignes de reliefs actuels et permis la mise en place définitive des grands édifices dunaires du Sahara septentrional qui ont acquis au cours de cette période la forme vive actuelle, tel que Erg Chech (Holocène) et d'autres petits ergs isolés. D'autre part, les formations du continental intercalaire du Tidikelt, laissant place à des dépôts gypso-salins des Sebkhass après changement de climat (sécheresse)

**II-6 \_Tectonique :**

D'une manière générale, on peut dire que le Crétacé déposé sur la plate-forme Saharienne n'a pas subi de plissements, Néanmoins, certains contrecoups de plissements Tertiaire de l'Algérie ont été enregistré jusqu'au Sahara ; c'est alors que s'est dessiné l'immense bassin à très faible rayon de courbure du Tademaït. Cet exhaussement apparait sous forme d'avancées d'affleurement Paléozoïque. Cela entraîne une légère inclinaison du Crétacé. (ABELLAH.B)

# **CHAPITRE III**

# **HYDROGÉOLOGIQUE**

### III A \_HYDROGEOLOGIE

#### 1\_ Introduction

Le désert Algérien recouvre une superficie est de deux millions Km<sup>2</sup>, contient une réserve très important des eaux souterraines grâce à les nappes d'aquifères qu'elle contient, ces complexes hydrogéologiques souvent sans grand intérêt à cause de leur salinité et leur profondeur. Sur cette plate-forme repose en discordance une formation gigantesque qui renferme le plus important aquifère dans le Sahara Algérien : le continentale intercalaire.

Il Ya d'autre formation recouvre une partie de la Sahara Algérienne mais en d'hors de secteur d'étude, peu profond et contient peu volume d'eau que le continental intercalaire, c'est le complexe terminale (fig n°15)

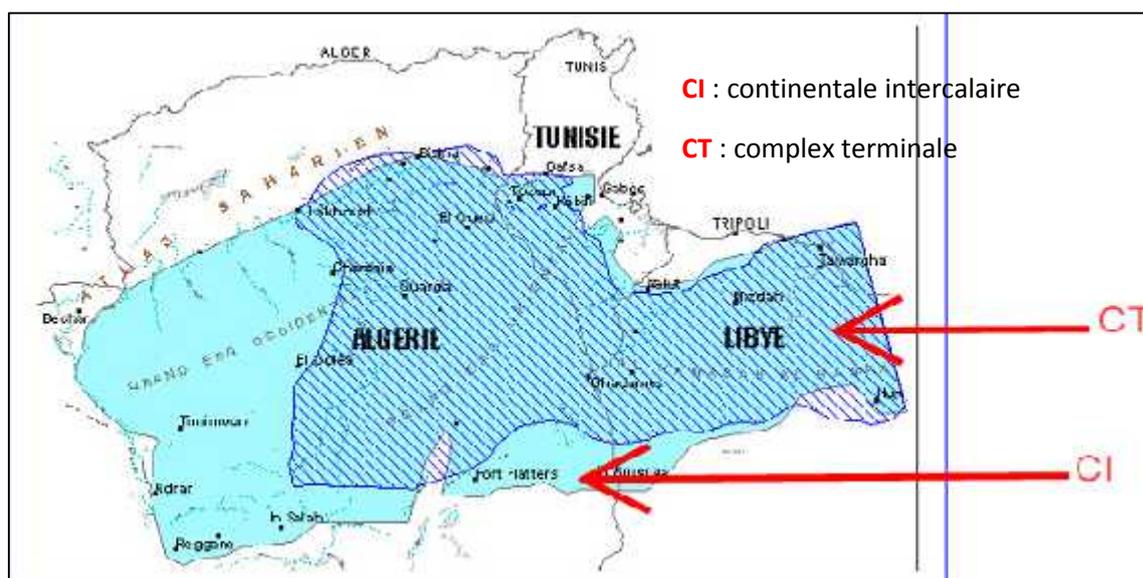


Figure N°15 : La continentale intercalaire et complexe terminale dans le grand Sahara (SASS)

#### 2 Les déférentes Types des nappes :

##### 2-1\_La nappe de l'erg :

Sous les dunes des sables des sables et à la faveur d'une dépression topographique, les eaux circulant en grande quantité dans une nappe phréatique plus vaste et plus importante que l'erg lui-même. (ABELLAH.B2002)

**2-2\_ Nappe de continental intercalaire :****1-2-a\_ Les limites géographiques :**

Les limites géographiques de la nappe du Continental Intercalaire sont :

Il est limité à :

- Au Nord la ligne de Crête de l'Atlas saharien (passant de Biskra à Bechar)
- A l'Ouest, par la vallée de la Saoura, (la ligne : Bechar- Adrar -Reggane).
- Au Sud la ligne (In Salah - In Amenas).
- A l'Est, par la limite orientale du Graben de Hun. (Les frontières Algérois -tunisienne et Algérois-libyenne).

**2-2-b\_ Niveau statique de la nappe aquifère du CI :**

Le niveau statique de la nappe aquifère du CI oscille entre 13 et 30 m par rapport à la surface du sol et peut atteindre 100 m au niveau du plateau du Tademaït (forage d'Ain Belbel).

**2-2-c\_ Sens d'écoulement des eaux de la nappe :**

L'écoulement de la nappe du CI se produit du piedmont de l'Atlas vers les zones des Foggaras au sud du Tinhert et du Djebel Hassaouana vers le golfe de Syrte ; vers l'exutoire tunisien du golfe de Gabès (fig n°16) .

Donc les eaux provenant de l'Atlas Saharien se divisent sur l'axe de la dorsale du M'zab approximativement suivant deux directions :

- ⇒ Une partie s'écoule vers le Sud et le Sud-ouest c'est-à-dire vers le Gourara, le Touat et le Tidikelt.
- ⇒ L'autre partie s'écoule vers l'exécutoire Tunisien.

Les axes d'écoulement des eaux de la nappe aquifère du CI sont généralement :

- Nord - Sud.
- Nord - Est.
- Sud - Ouest.

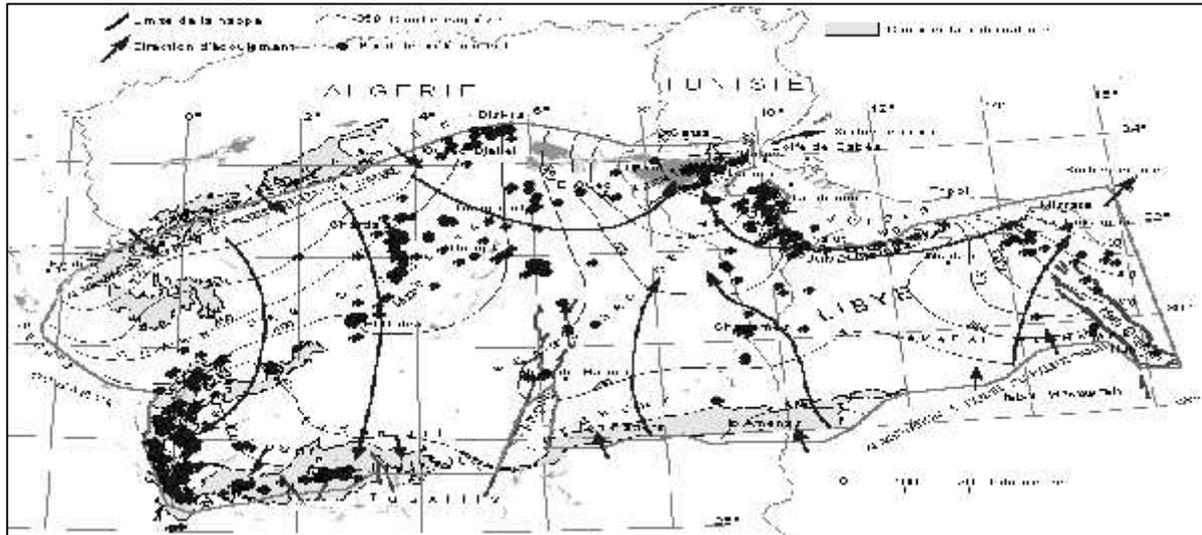


Figure N° 16 : Piézométrie du Continental Intercalaire (UNESCO 2006)

**2-2-d\_ Changement de la nappe aquifère :**

La nappe du CI est libre sur les zones d’affleurement, captive sous le M’Zab, le Tademaït, le Grand Sud tunisien et la Hamada Al Hamra, et artésienne dans l’oued Rhir---Souf---Djerid--Fedjej. Fig n°17.

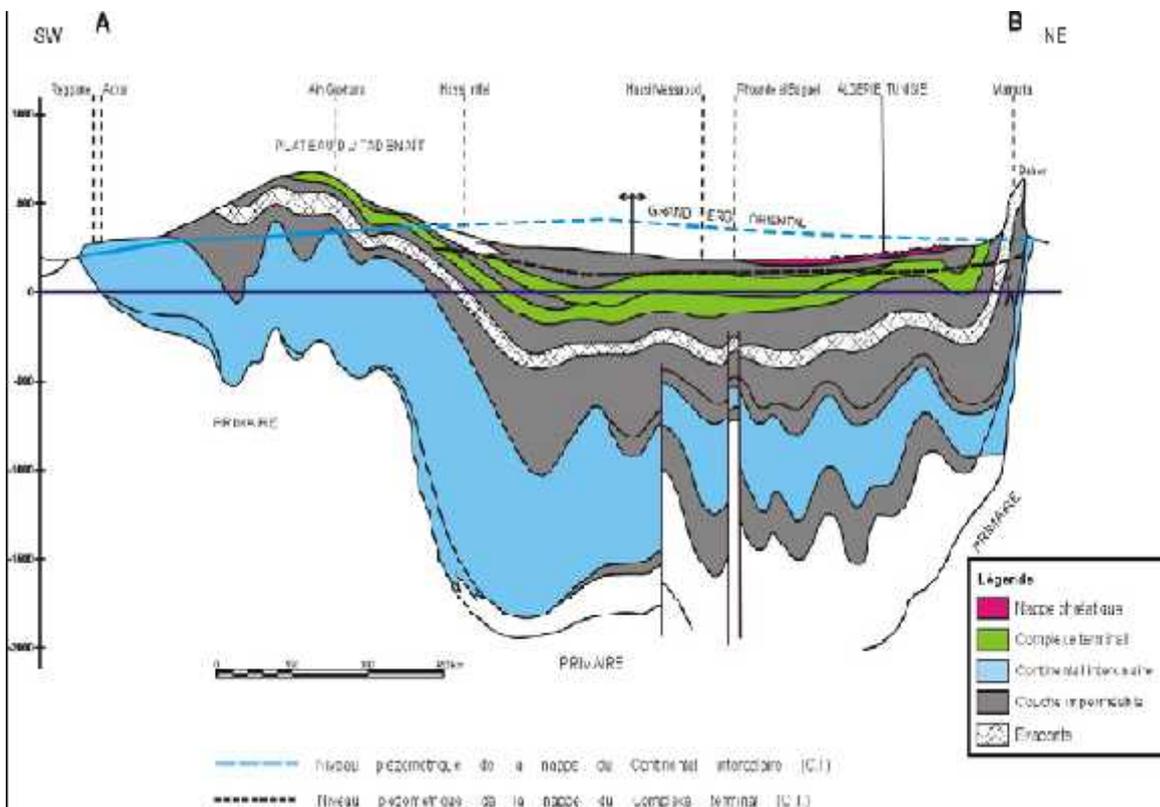


Figure N° 17 : Coupe hydrogéologique Est-Ouest dans le grand Sahara Septentrionale (SASS)

### 2-2-e\_ Alimentation du système aquifère du CI :

Les apports du système aquifère du CI s'effectuent selon différentes manières :

- Infiltration des eaux de ruissellement sur relief aux bordures du bassin.
- Infiltrations directes des eaux de précipitations.
- Des ruissellements à la périphérie du domaine, tout au long des oueds qui descendent des massifs montagneux notamment de l'Atlas Saharien, mais aussi parfois du plateau de Tademaït.
- Des pluies d'années exceptionnelles sur le grand Erg Occidental, et les régions où il affleure .

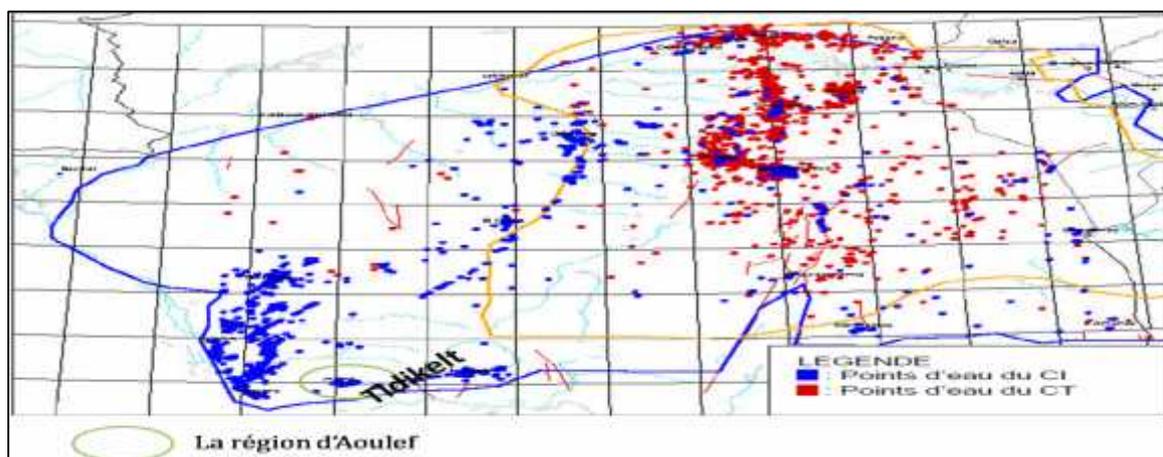


Figure N°18 : Inventaire des points d'eau dans le CI (OSS, SASS Octobre 2002)

### 2-2-f\_ Exécutoire :

Les exutoires naturels du CI sont formés par, les bordures occidentales et méridionales du Tademaït où se trouvent les foggaras du Gourara, du Touat et du Tidikelt ; les remontées dans la zone du Chott Fedjaj, qui alimentent la nappe de la Djeffara tunisienne par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine ; l'exutoire libyen du golfe de Syrte, qui se manifeste en surface par les sources de Ain Taourgha. (M. Besbes, F. J. Horriche. Mars Avril 2007).

## 3\_ Etudes des paramètres hydrodynamiques

La connaissance des paramètres hydrodynamiques, notamment le niveau piézométrique est d'une importance fondamentale dans l'hydrogéologie. Le niveau des eaux souterraines de l'aquifère peut être utilisé pour plusieurs raisons ; la plus importante est la construction d'une carte piézométrique qui est nécessaire afin de connaître l'extension de l'aquifère, la direction et la vitesse de l'écoulement des eaux souterraines, ainsi que leur zones d'accumulation.

#### **4\_ Condition aux limites des systèmes aquifères**

L'identification du comportement hydrodynamique des aquifères repose sur une définition rigoureuse des conditions aux limites. Leur étude porte sur leur situation et sur leurs conditions aux limites. Dans la région d'Aoulef à l'aide de la carte géologique et la carte piézométrique, on peut qu'on a deux limite :

- Une limite étanche à flux nul représentée par les terrains Primaires au Sud d'Aoulef où la nappe intercalaire se termine en biseau.
- Une limite à flux imposée dans les autres directions de la région. (ABELLAH.B)

#### **5\_ Comparaison du sens d'écoulement des eaux souterraines :**

La carte piézométrique, établie, montre l'existence d'une nappe radiale à deux axes de drainage, de deux directions différentes EW et NS. Ces axes sont en concordance avec l'alignement des Foggaras et correspondent en réalité à des empreintes d'anciens oueds qui alimentent la sebkha d'Aoulef. On remarque aussi que les lignes isopièzes sont très serrées au Nord de la carte ce qui montre l'importance du gradient hydraulique, elles sont bien espacées à l'Est d'Aoulef (faible gradient hydraulique), mais au Sud de Timokten, au pied de la sebkha, elles sont très serrées. Ce qui montre une importance du gradient hydraulique dans cette zone. D'une façon générale les deux cartes montrent un seul sens d'écoulement allant du Nord au Sud. (Fig. n° 19 et 20).

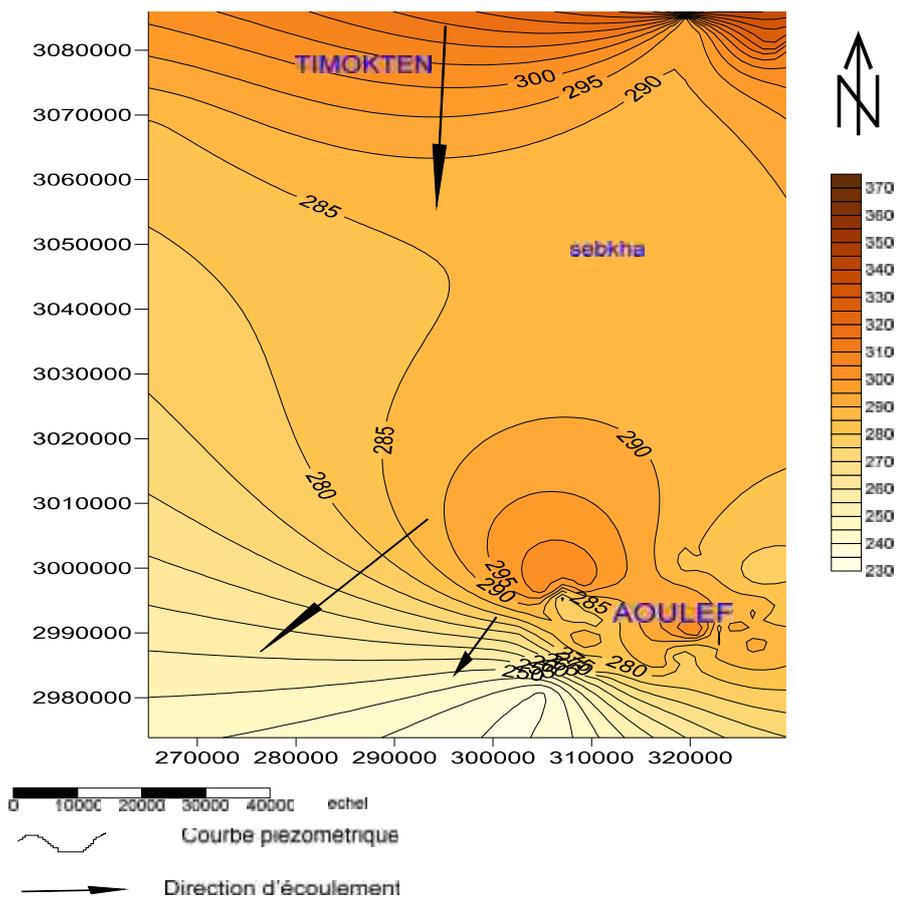


Figure N°19 : La carte piézométrique d'Aoulef année 2003

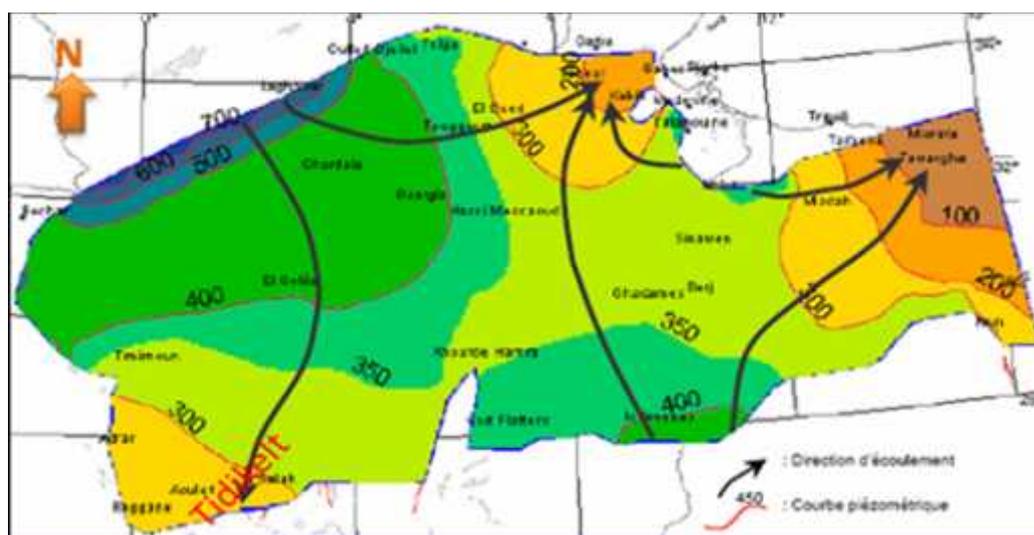


Figure N°20 : Carte piézométrique du Continental Intercalaire (OSS, 2003),



III B \_ETUDES HYDROGEOLOGUE DES FOGGARAS

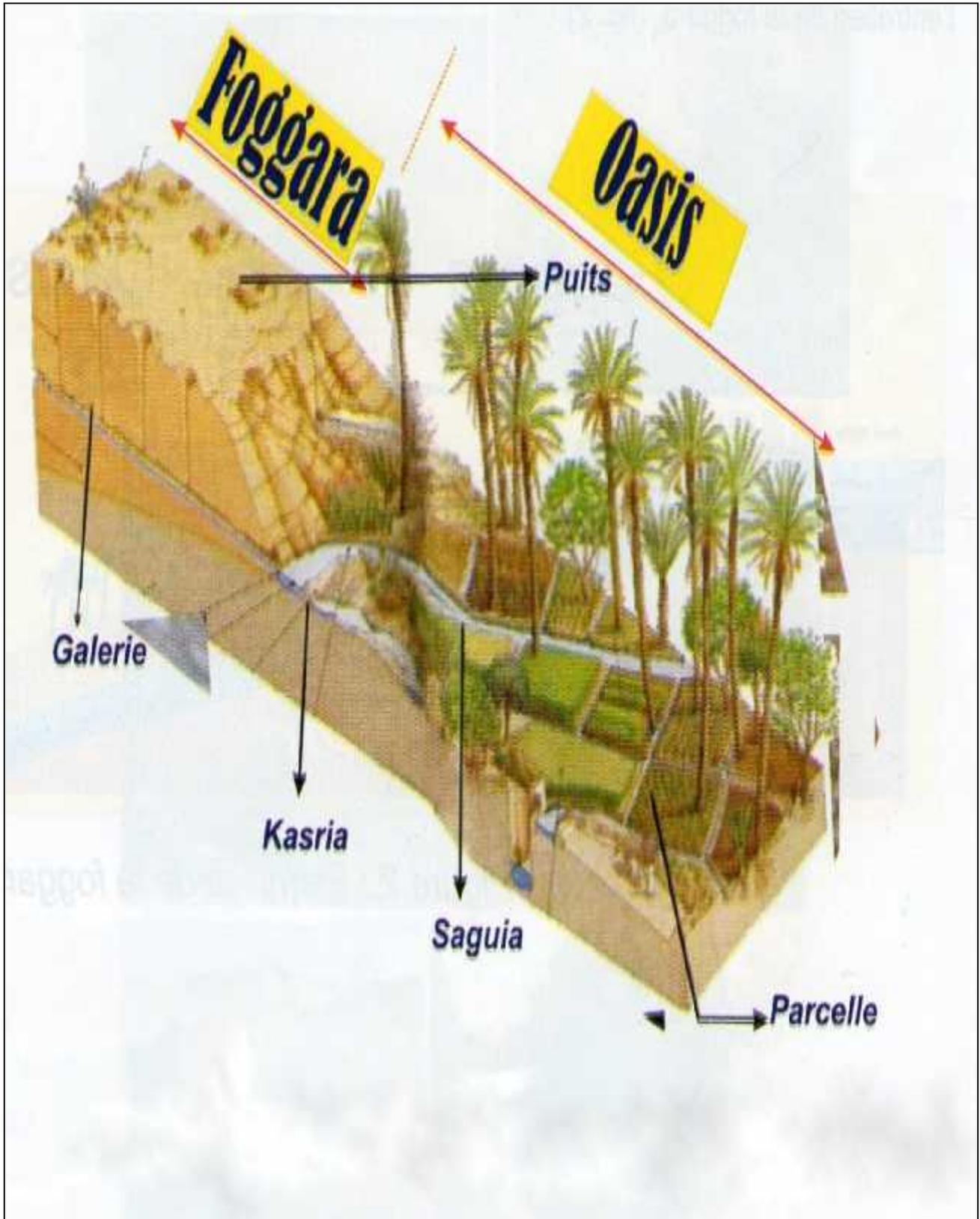


Figure .N° 21 Adduction des eaux des foggaras

### III.1 LES RESSOURCES EN EAU.

Les ressources en eau qui sont alimentées par le système de continental intercalaire sont les suivantes :

- Les forages.
- Les puits.
- Les foggaras.

#### III.1.1 LES FORAGES.

Au niveau de la Wilaya, il y a 250 forages à usage domestique et 529 forages à usage agricole. Dans la région d'Aoulef, il y a un grand réservoir de la nappe du continental intercalaire avec une grande superficie, en se basant sur les renseignements fournés par ces forages, une coupe géologique a été exécutée dans la direction est-ouest, elle montre que le mur du continental intercalaire est un anticlinal avec des pendages vers Reggane à l'ouest et vers Tit à l'est. L'affleurement du primaire au sud de la Région d'Aoulef peut être considéré comme le sommet de cet anticlinal, appelé anticlinal d'Aoulef.

Le schéma suivant représente une coupe lithologique de la situation de la nappe continentale intercalaire.

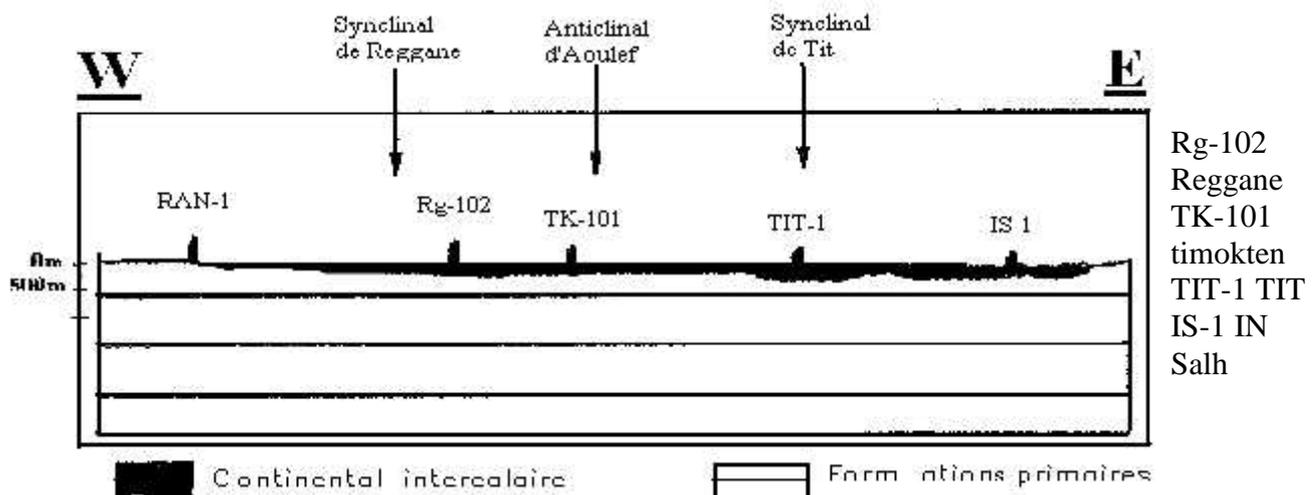


Figure N° 22 : Situation de la nappe de continental intercalaire. HADDADI MOHAMED(2006)

Dans la région d'Aoulef, il y a 68 forages d'irrigation affectés aux périmètres de grande mise en valeur.

#### III.1.2. LES PUITES :

Dans le cadre du programme ANRH, les ressources hydriques des petits périmètres de mise en valeur sont des puits et la distribution se fait par pompage.

Le tableau suivant représente l'évolution du nombre des puits.

Année	2000	2001	2002	2003
Nombre des puits	3417 puits	3783 puits	4436 puits	4898 puits
Débit Q (l/s)	5125	6305	8434	9820

Tableau N° 9 : Développement des puits. (Source D.H.W. d'Adrar)

Les puits sont alimentés par la nappe de l'Erg.

La zone la plus riche en eau, est située au plateau de Tademaït vers le sud-ouest et sud-est.

### III.1.3. LES FOGGARAS :

L'examen de la carte du Sahara algérien révèle un chapelet d'oasis, en forme d'arc de cercle, qui s'étend du grand Erg occidental au grand Erg oriental. Au pied du plateau du Tademaït se succèdent ainsi les palmeraies du Gourara, du Touat et du Tidikelt, constituant une seule région saharienne dénommée par les anciens géographes « Archipel Touatien », et dont la similitude des caractères physiques, économiques et humains est concrétisée par son système de galeries souterraines appelées « foggara ». La création des foggaras était certes une grande découverte favorable à l'implantation des oasis. Cette idée d'exploiter l'eau souterraine par des foggaras, montre ce que les premiers habitants de ces lieux, aux moyens limités, étaient capables de faire. (Capitaine Lô. 1957).

#### III.1.3.1. Historique et origine.

Le terme de *foggara* désigne une canalisation d'eau souterraine. Le mode de captation varie suivant l'origine de l'eau. Simple aqueduc dans certains pays, elle représente au Sahara algérien tout un système de drainage souterrain des nappes aquifères. Etymologiquement, il semblerait que le mot provient du verbe arabe « *fequer* » qui a deux sens :

- Le premier qui veut dire en arabe « *fakara* » (creusé).
- Le second qui provient aussi du mot arabe « *el foker* » (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 les besoins avant d'en bénéficier.
- D'autres encore pensent que le nom de la foggara est relatif à « *fakra* ».

La désignation la plus correcte semble provenir du mot arabe « *fadjjara* » (faire jaillir), qui désignerait la sortie de l'eau de la bouche d'un canal. Le terme de la foggara utilisé en Afrique du Nord n'est pas employé en orient pour désigner la même chose. En Iran, elle porterait le nom de « *khanat* », en Afghanistan « *khiras* », au Yémen « *sahrig* » et en Espagne le nom de la ville Madrid provient de mot arabe « *medjrit* » (canal).

En Afrique du Nord, les appellations suivantes lui seraient données :

- Chegga à Bou-saâda.
- N'gaula ou Krîga au sud Tunisien.
- Khett'âra au sud Marocain.

L'histoire de la foggara nous apprend que les assyriens et les perses la connaissaient depuis bien longtemps, que les romains l'ont utilisée en Syrie, lorsque les anciens romains cherchaient sur les mines, ils vont creuser la terre en forme de plusieurs puits plus profonds et lorsqu'ils ont creusé, l'eau montait, et cela les empêchaient de faire leurs recherches, et pour ce fait, ils étaient contraints de chercher une voie d'évacuation vers les zones les plus basses, afin qu'ils puissent bien mener leurs recherches. (Capitaine Lô. 1957).

La foggara du Sahara algérien est-elle venue directement de l'est avec les migrations arabes des Meh'amid ou bien a-t-elle pénétré par la voie marocain.

Dans le « Echràa El Bassit », le Taleb Si Moulay Hassane d'Akabli a dit que El Malik El Mansour Ben Youcef Tajfit El Korrichi (saoudien), est le premier homme qui a creusé la foggara « *Hannou* » à Tamentit à Adrar. Les foggaras se multiplièrent par la suite et atteignirent en l'an 300 de l'Hégire le nombre de 360.

Le schéma suivant représente l'historique et l'origine de la foggara.

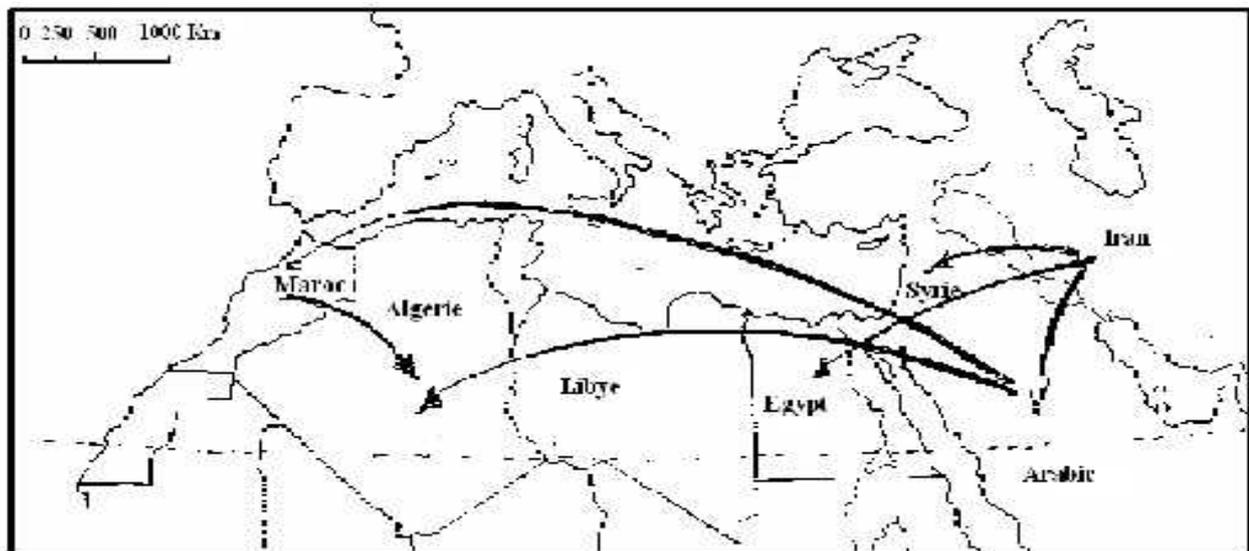


Figure N° 23 : Historique et origine de la foggara.

### III.1.3.2. Le foggara.

Nous avons vu que les foggaras se situent dans le Sahara algérien à la périphérie du plateau du Tademaït. Les conditions d'installation y sont en effet particulièrement bien réalisées :

Eau de la nappe des grès albiens, existence de dépressions naturelles où pourront s'installer les palmeraies (ce qui permettra l'écoulement de l'eau), et enfin, présence de la main-d'œuvre ou possibilité de son recrutement.

Al Idrîsî d'écrit la naissance d'une foggara à Marrakech. Il semble dire qu'elle s'est développée d'amont en aval. Au Sahara, les foggaras sont relativement longues, elles vont capter l'eau des grès albiens à des distances qui varient entre 3 et 12 km.

La dénivelée entre les affleurements gréseux et les dépressions est parfois assez faible. Toute la difficulté du problème consiste à trouver l'eau souterraine et à l'amener à l'air libre au niveau des jardins. Penser que la foggara s'est développée de haut en bas, serait résoudre le problème par l'absurde. Il faudrait admettre à priori que l'eau captée à plusieurs kilomètres en amont, pourra être dirigée au niveau voulu par une galerie souterraine, et suivant une pente insignifiante.

Malgré l'excellente pratique que pouvaient avoir les artisans de la foggara, ils ne pouvaient pas à priori déterminer le niveau hydrostatique de l'eau.

Il semble bien qu'on puisse affirmer que la foggara est développée d'aval en amont. Elle a son point d'origine dans une source. Celle-ci a pu se tarir ou bien les utilisateurs ont voulu augmenter le débit. Une tranchée a été alors pratiquée dans la nappe aquifère. Cette tranchée, établie dans le sens d'écoulement de la nappe en partie de bas en haut.

L'approfondissement progressif de la tranchée, la difficulté d'évacuer les déblais et la possibilité de construire un tunnel dans la couche consistante des grès ont conduit au puits. Le puisatier s'est alors transporté à la surface du sol, a creusé jusqu'à la nappe et a relié ces différents puits par une galerie souterraine.

Le débit de la foggara dépend de la surface drainée par la captation, il est donc conditionné par la longueur du drain. Aussi, dès son entrée dans la nappe aquifère, l'artisan multipliera-t-il les puits suivant un tracé rectiligne, car il s'enfonce davantage dans les grès aquifères ; par ailleurs, il ne peut pas développer son ouvrage latéralement, limité qu'il est par l'action des voisins (dès le début, une réglementation a fixé l'intervalle minimum qui devait séparer les foggaras les unes des autres 100m environ).

#### **II.1.3.4. L'évolution des foggaras.**

La foggara est née, l'eau parvient dans les jardins. Son évolution dans le temps est dictée par l'augmentation des besoins en eau et l'extension des cultures. On tend à ce moment-là à multiplier les puits. Mais la progression est limitée par la falaise terminale du plateau, par ailleurs les difficultés augmentent avec la profondeur croissante des puits. Le puisatier essaiera alors d'approfondir le drain où suinte l'eau des grès.

Là aussi la difficulté consiste à maintenir une pente suffisante afin d'obtenir l'écoulement de l'eau. Parallèlement, et c'est un fait, l'appauvrissement de la nappe vient compliquer considérablement la situation. On se trouve alors placé dans l'alternative suivante :

- Approfondir la foggara et déplacer en conséquence quand la chose est possible, les jardins vers le bas de la dépression.
- Ou bien abandonner la foggara et elle meurt. Dans la région d'Aoulef certaines foggaras présentent, quand on suit leurs parcours souterrains, plusieurs galeries superposées.

En surface, on observe des vestiges des jardins abandonnés qui correspondent au niveau d'irrigation des différentes galeries. La palmeraie se déplace et suit les mouvements de l'eau.

Mais il y a des cas où les jardins ne peuvent plus émigrer dans la dépression. Les bassins collecteurs finissent alors par se trouver au-dessous du niveau des jardins et l'irrigation se fait par puisage. (Capitaine Lô. 195) Le schéma suivant montre l'évolution des foggaras.

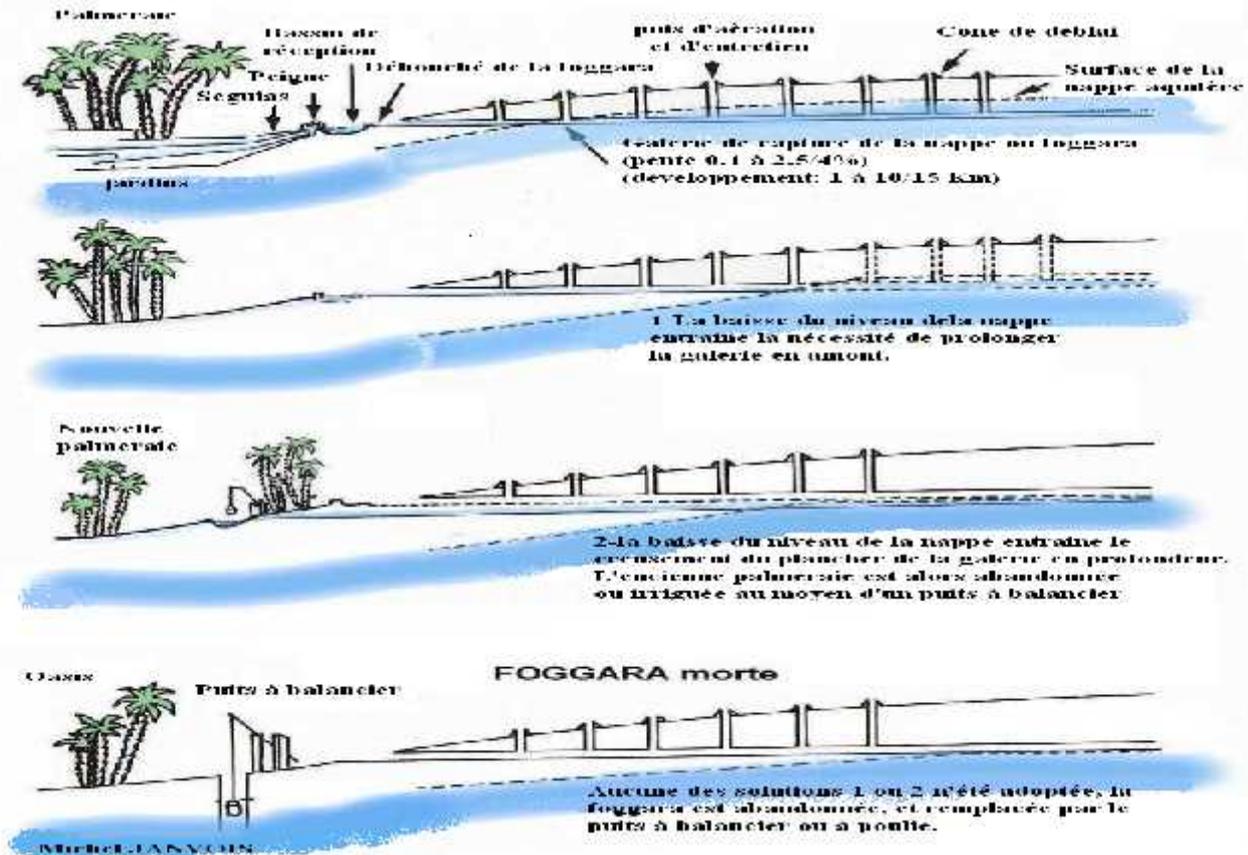


Figure N° 24 : Evolution des foggaras

Un autre sens en résume l'évolution de cet appareil hydraulique que constitue la foggara, ainsi que les efforts accomplis pour assurer la permanence d'un système dont dépend la vie de plusieurs centaines d'oasis.

On représente l'évolution de la foggara de l'Aoulef dans le tableau suivant :

Palmeraie	Année	Avant 1998		1998		2015	
		Pérenne	Tarie	Pérenne	Tarie	Pérenne	Tarie
Aoulef		12	0	9	3	5	7
Timokten		23	0	20	3	16	7
Total		35	0	29	6	21	14

Tableau N° 10 : Evolution de la foggara de l'Aoulef Source DSA Adrar

On applique les données du tableau dans l'histogramme suivant.

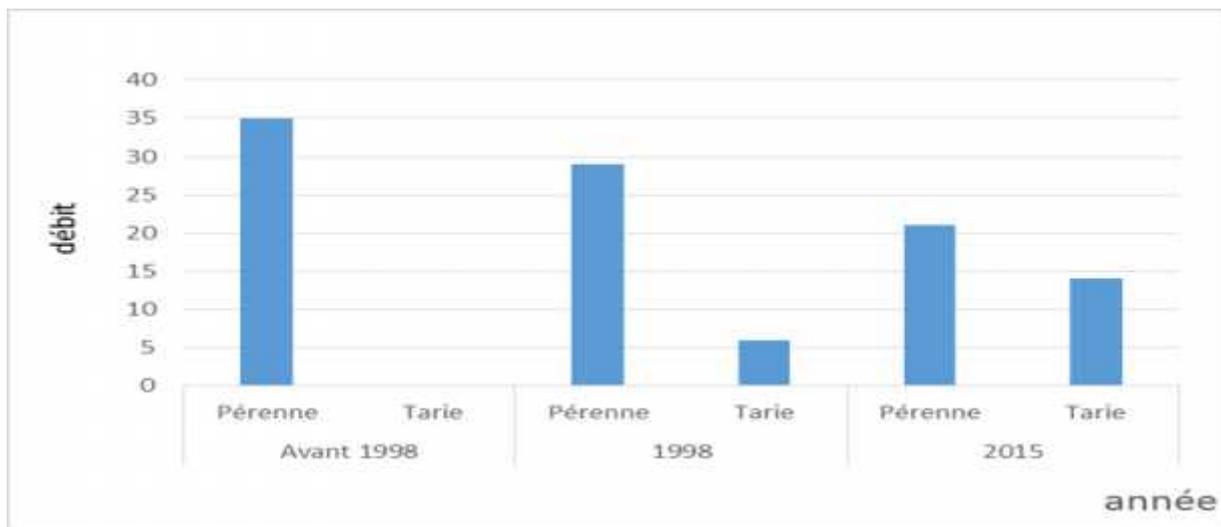


Figure N° 25 : l'histogramme de l'évolution des foggaras

D'après l'histogramme, Le nombre des foggaras vivantes est supérieur à celui des foggaras mortes avant 1998, cette tendance tend à s'inverser durant les dernières années (entre 1998 et 2015).

#### II.1.3.5. Le travail de la foggara.

Le petit pic de mineur est l'outil qui a servi à aménager les foggaras, son manche très court permettra au puisatier l'aisance des mouvements. Un puits doit être foré. On délimite sur le sol un carré ayant 1m de côté environ. Le puisatier creuse; dès qu'il rencontre la couche des grès, il réduit le diamètre des puits à 60 cm, juste ce qu'il faut pour manœuvrer le pic. Les déblais sont retirés par un aide ; à longueur de journée, il tend au bout d'une corde un petit couffin d'une contenance de 5 à 6 litres que le puisatier remplit de terre. D'ailleurs, dès que le puits dépasse une certaine profondeur (6 à 8 m), l'aide est doublé. Tous les déblais sont entassés autour de chaque puits, et c'est ce qui donne à la foggara cet aspect de taupinière.

Dès que le puisatier arrive dans la couche des grès aquifères, le travail de galerie commence. Il s'agit de se diriger vers le puits voisin. Au départ, la galerie est toujours orientée dans le sens convenable, mais très rapidement le puisatier, accroupi dans son tunnel obscur, perd la notion de la ligne droite. C'est là que son art est mis à l'épreuve, il se dirigera par son instinct, puis au son. En constatant l'alignement extérieur des puits, on pourrait penser que la galerie est droite.

Il n'en est rien. Les galeries souterraines ont un tracé des plus sinueux. On a l'impression parfois que les puisatiers se sont livrés à un véritable chassé-croisé. Peu importe, l'essentiel est de se rencontrer et d'établir la pente nécessaire au drain pour permettre l'écoulement, et le travail se poursuit ainsi de proche en proche. Un technicien dirige les opérations. Il ne revendique pas le titre d'hydrogéologue ou de sourcier ; cependant on est surpris de constater ses réalisations.

A priori, sur un reg nu, alors qu'aucun indice n'est apparent, il déterminera si le sous-sol recèle une nappe aquifère, si la future foggara peut avoir, chose importante, une pente suffisante. C'est

aussi le spécialiste qui indiquera aux puisatiers, lorsque ceux-ci auront atteint la nappe, la profondeur du drain et qui donnera à l'ensemble de la foggara la pente nécessaire.

Il est de fait que le travail des foggaras est en déclin. Aussi les spécialistes deviennent-ils de plus en plus rares. On en trouve encore quelques-uns au Gourara, au Touat, dans tout le Tidikelt il y a peut-être deux ou trois indigènes qui possèdent vraiment des connaissances sûres.

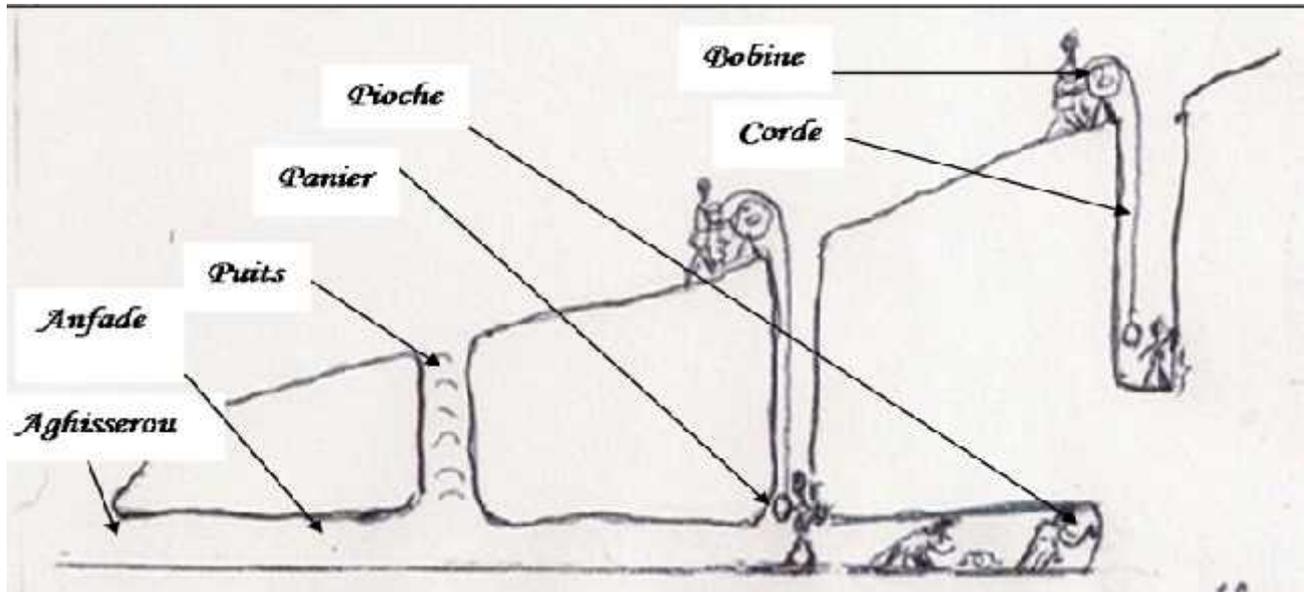


Figure N°26 : représente par Le travail de la foggara

#### II.1.3.6. Les forme du travail.

La foggara, à son origine, a été une entreprise collective. Elle a entraîné des formes d'association. Ces formes ont varié sinon avec la nature de la main-d'œuvre, tout au moins avec le mode de rétribution de cette main-d'œuvre. Les propriétaires qui désiraient faire une foggara, groupaient leurs moyens, c'est-à-dire leurs esclaves, qu'ils entretenaient d'ailleurs suivant des règles bien établies et scrupuleusement observées. En général, le partage de l'eau se faisait au prorata du travail, donc du nombre d'esclaves mis en chantier.

Les travailleurs n'étaient pas rétribués par le fait qu'ils étaient compris dans la clientèle de l'entrepreneur. Rarement la question numéraire entrainait en ligne de compte. Il arrivait cependant des cas où les ouvriers étaient prêtés moyennant rétribution. Il existait aussi une forme de travail collectif qui a subsisté de nos jours : C'est la « *Touiza* ». Chaque fois qu'un travail nécessitait une main-d'œuvre abondante, on y faisait participer toute la tribu, propriétaires ou non. L'assemblée des notables, après de longs palabres, se mettait d'accord sur le travail et ses modalités d'exécution. La décision prise, le crieur public passait dans le *ksar* et convoquait tout le monde sur le chantier. Les heures de travail étaient judicieusement fixées ; on ne devrait rejoindre la *touiza* qu'après avoir satisfait aux obligations de sa tâche quotidienne (irrigation des jardins).

Le rassemblement effectué, un contrôle était exercé. Les absents ou ceux pour qui le travail manuel constituait une déchéance devaient payer une cotisation. Ces versements étaient destinés à

nourrir les ouvriers pendant les travaux, à payer les outils. Chacun trouvait emploi à la *touiza*. Les jardiniers travaillaient avec leurs houes, les musiciens accompagnaient le travail de leurs mélopées, les femmes portaient de l'eau ou chantaient suivant le cas, les forgerons réparaient les outils, les notables surveillaient, invoquaient inlassablement l'aide de Dieu et dirigeaient les travaux. La *touiza* présentait de prime abord l'aspect d'un désordre dirigé ; en fait, c'était une vaste fourmilière où chacun, suivant un rite et un rythme traditionnel, accomplissait un travail peu fatigant, mais effectif.

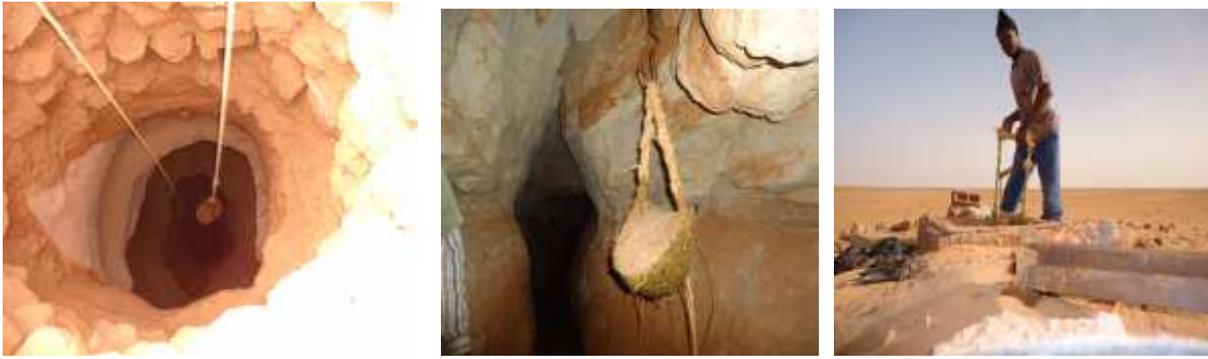


Figure N°27 : représente par Les forme du travail de la foggara

#### II.1.3.7. Différents types des foggaras.

Selon le contexte géologique et hydrogéologique dans lequel sont creusées, différents types de foggaras peuvent être distingués.

##### a. Foggaras du Continental Intercalaire.

Ce groupe contient le plus grand nombre des foggaras sahariennes (Touat, Gourara, Tidikelt). Dans les parties gréseuses du Continental Intercalaire (Gourara en particulier), la galerie est étroite, propre et bien taillée et ne dépasse guère 0,60 m de largeur.

Dans la partie méridionale et au Tidikelt, les foggaras sont creusées dans les formations argilo-sableuses du Continental Intercalaire et sont moins bien taillées. Les parois s'effritent, la galerie s'élargit, et il se forme des grandes cavernes par l'effet d'éboulement.

##### b. Foggara du Tertiaire Continental et de la Dalle calcaire.

A la lisière sud de l'Erg, un certain nombre des foggaras sont creusées dans la dalle calcaire coiffant la hamada. Elles sont peu profondes (3,50 m au puits amont) et ont un fort débit.

##### c. Foggaras des alluvions quaternaires.

Les plus typiques sont celles du Hoggar à Tamanrasset. Elles sont creusées dans les arènes et sables grossiers des alluvions de l'oued.

#### II.1.3.8. Etude des foggaras de la région de l'Aoulef.

Pour illustrer notre étude, nous avons concentré notre travail sur les foggaras de la région d'Aoulef (Tidikelt occidentale).



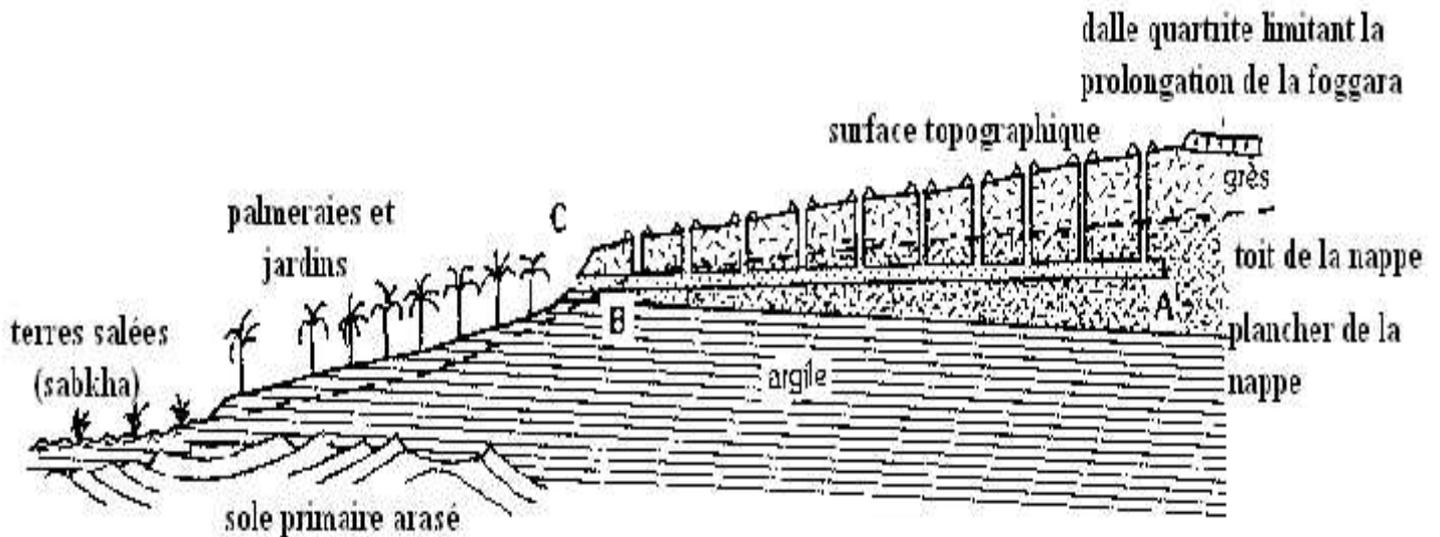


Figure N° 29 : principe de fonctionnement des Foggara

### a. Principe de fonctionnement

Pour comprendre son principe de fonctionnement, il faut avoir à l'esprit que :

- La pente de la galerie est légère : Elle se tient aux environs de 5mm/m, a pour objectif d'entraîner un écoulement par gravité : Ce qui rend inutile tout appareil d'exhaure, avantage considérable.
- Le tronçon de la galerie qui pénètre dans la nappe (le tronçon A-B de la fig. N°30 ) constitue la partie utile (en visitant une foggara on y découvre des milliers de gouttelettes qui glissent le long des parois et finissent, en s'accumulant dans une gouttière centrale, par donner un véritable petit ruisseau souterrain, dont le débit peut atteindre à la sortie 1700 à plus de 3000 l /mn pour les plus grandes foggaras); par contre la portion de conduite située entre B et C n'a pas d'autre fonction que de diriger l'eau vers le terroir irrigué : Il en découle que ce tronçon, et lui seul, peut être cimenté pour parfaire l'étanchéité suivante représente une coupe schématique d'une foggara.

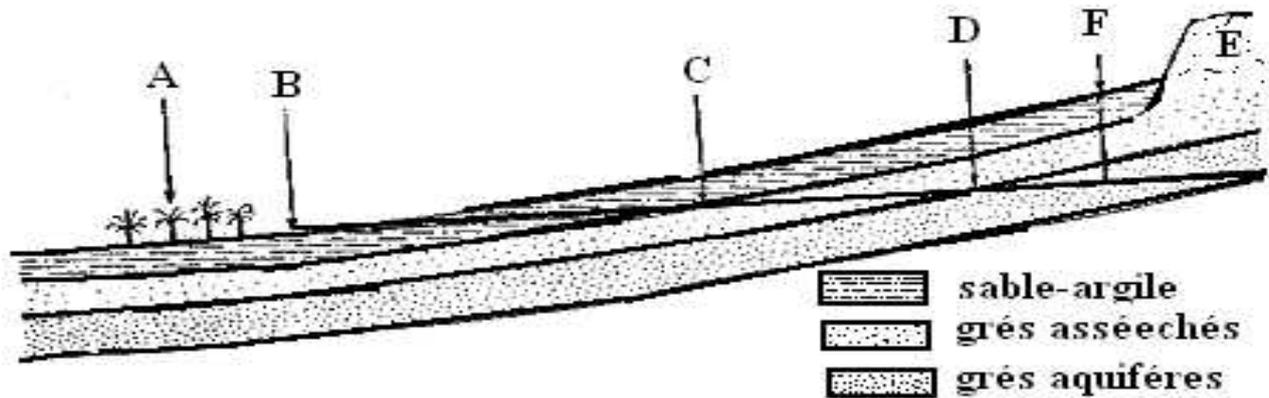


Figure N° 30 : Coupe schématique d'une foggara.

A. Palmeraie ; B. Orifice de la foggara ; C. Entrée dans les grès ; D. Entrée dans les grès aquifères ; E. Falaise terminale ; F. Puits de la foggara.

La foggara sur le parcours BC n'est pas active ; ce n'est qu'une conduite d'eau souterraine.

La foggara sur le parcours CD n'est plus active (baisse de la nappe aquifère).

La foggara sur le parcours DF est active et draine la nappe.

BF ligne de la foggara. Si BF est une oblique, la foggara est riche, l'eau s'écoule facilement ; l'approfondissement du drain est possible.

Si BF est une horizontale, la pente est nulle ; la foggara cesse d'être active. Il faut déplacer, si la chose est possible, la sortie de la foggara vers le bas de la dépression.

Alors d'après le schéma présenté ci-dessus, les galeries sub-horizontales se subdivisent en deux sections :

- Une section captant à l'amont pénètre dans la nappe c'est CF.
- Une autre abductrice à l'aval, qui a pour seule fonction d'acheminer l'eau. La direction des foggaras est donc indépendante du pendage des couches ; elle ne dépend que de la topographie locale. Elle est toujours parallèle à la direction d'écoulement de la nappe au contraire d'une galerie drainante logiquement tracée. La galerie est la partie essentielle ; les puits ne sont que des orifices d'évacuation des matériaux et d'aération.

## b. Les facteurs influençant sur le fonctionnement.

### 1. La pente.

Une pente régulière représente habituellement un bon compromis :

- Trop faible : Elle favorise l'alluvionnement et accroît la fréquence des curages.
- Trop forte : Elle exacerbe l'érosion linéaire.

En résumé, la pente des foggaras en général, une valeur moyenne de l'ordre de 5 à 6 mm/m avec un très large écart autour de cette moyenne. Cette faible pente est insuffisante (compte tenu de l'irrégularité du fond de la galerie et des parois), pour assurer une circulation des eaux assez rapide, entraîner les matériaux étrangers et éviter l'ensablement. Il s'ensuit que les foggaras non régulièrement curées s'ensablent. Par ailleurs, la côte de la bouche étant fixée par les nécessités de l'irrigation, il est difficile d'augmenter le rabattement, et par conséquent le rendement de l'ouvrage.

## 2. La forme de la galerie.

La forme de la galerie joue un rôle essentiel sur le fonctionnement d'une foggara.

Dans cette dernière, on distingue :

- Des zones très limitées, de l'ordre de 0,4 à 0,5 m pour augmenter la vitesse d'écoulement, et favoriser l'auto nettoyage.
- Des zones très larges, de l'ordre de 1,2 m et plus profondes que le niveau de la galerie jusqu'à moins de 0,3 m, afin d'augmenter le volume d'eau de piéger les sédiments provenant de la zone étroite et faciliter leur prélèvement.

## 3. Le rabattement.

Le rabattement est donné par la différence des côtes entre l'eau dans la foggara et la surface piézométrique de la nappe phréatique. La figure ci-dessus montre qu'il varie en chaque point de la foggara : Au point B il est nul, entre A et B c'est l'évacuation de la foggara qui alimente par la nappe phréatique sous-jacente, de B à F. Le rabattement maximum, qui est en général celui du point F, est le plus intéressant.

La note de M. Combes (1957) sur les foggaras du Tidikelt souligne que celles-ci sont drainantes sur leur plus grande longueur, du moins jusqu'à près de leur sortie sur les jardins. Elles peuvent rabattre la nappe, dans la partie amont, de trois mètres au maximum. Ce rabattement diminue progressivement vers l'aval. Le niveau mesuré dans une foggara est donc généralement plus profond que le niveau statique réel.

## 4. La position D.

Il serait pratiquement très important de connaître pour chaque foggara la position du point D où la galerie coupe la surface de la nappe. En aval de ce point, la foggara perd de l'eau et devrait être rendue étanche si l'on voulait l'aménager rationnellement. (Abella B. 2002)

### c. La répartition des eaux de foggara

La répartition se fait à travers un genre de peigne en pierre tendre et facile à gratter, c'est la « *kasria* ». Pour faciliter la mesure et éviter un gros débit à la fois, la *kasria* doit avoir un nombre suffisant d'ouvertures par lesquelles l'eau s'échappe facilement sans faire retour en arrière. Ces ouvertures qui permettent à l'eau de couler dans les rigoles ne sont pas obligatoirement égales. Il arrive même d'avoir plusieurs ouvertures qui déversent à la fois l'eau dans le même *majra*.

L'eau d'une foggara est répartie par de nombreuses « *kasrias* ». La première qui reçoit la totalité du débit de la foggara est la « *kasria-lak'bira* » (le partiteur principal). Cette *kasria* principale répartit le débit de la foggara généralement en trois, quatre ou cinq grandes rigoles qui sont des « *majras* » au singulier « *majra* ». A partir d'*el-kasria lak'bira*, les *majras* vont en éventail dans toutes les directions de la palmeraie. (H. A. El Hadj 1982)

Le schéma suivant représente la *kasria* principale à la sortie de la foggara sahel



Figure N°31 : Kasria principale à la sortie de la foggara sahel

Au bout de ces *mjaras* des *kasrias* secondaires répartissent les eaux dans d'autres *mjaras* plus petits ou des « *seguia* » (petites rigoles). Les *souagui* (à la singulière *seguia*) rejoignent les *magens* (bassins de récupération) qui se trouvent à l'endroit le plus haut du jardin et où l'eau s'accumule pendant vingt-quatre heures. Les vannes d'irrigation s'ouvrent en général, le matin de bonne heure en été, et dans la grande matinée en hiver. D'autres *kasrias* minimales se trouvent tout le long des différents parcours suivant la nécessité.

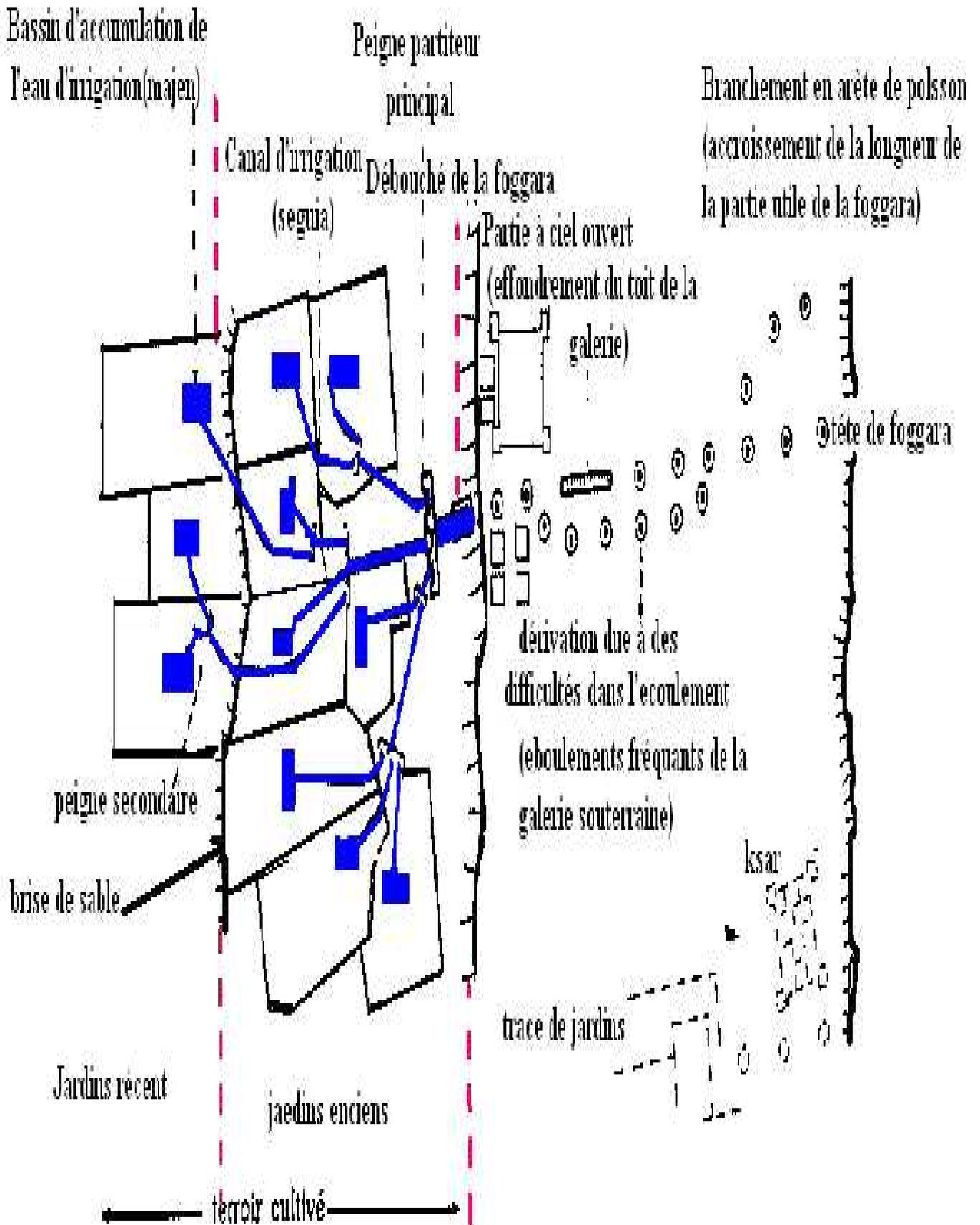


Figure N° 32 : Système de la répartition par la kassri

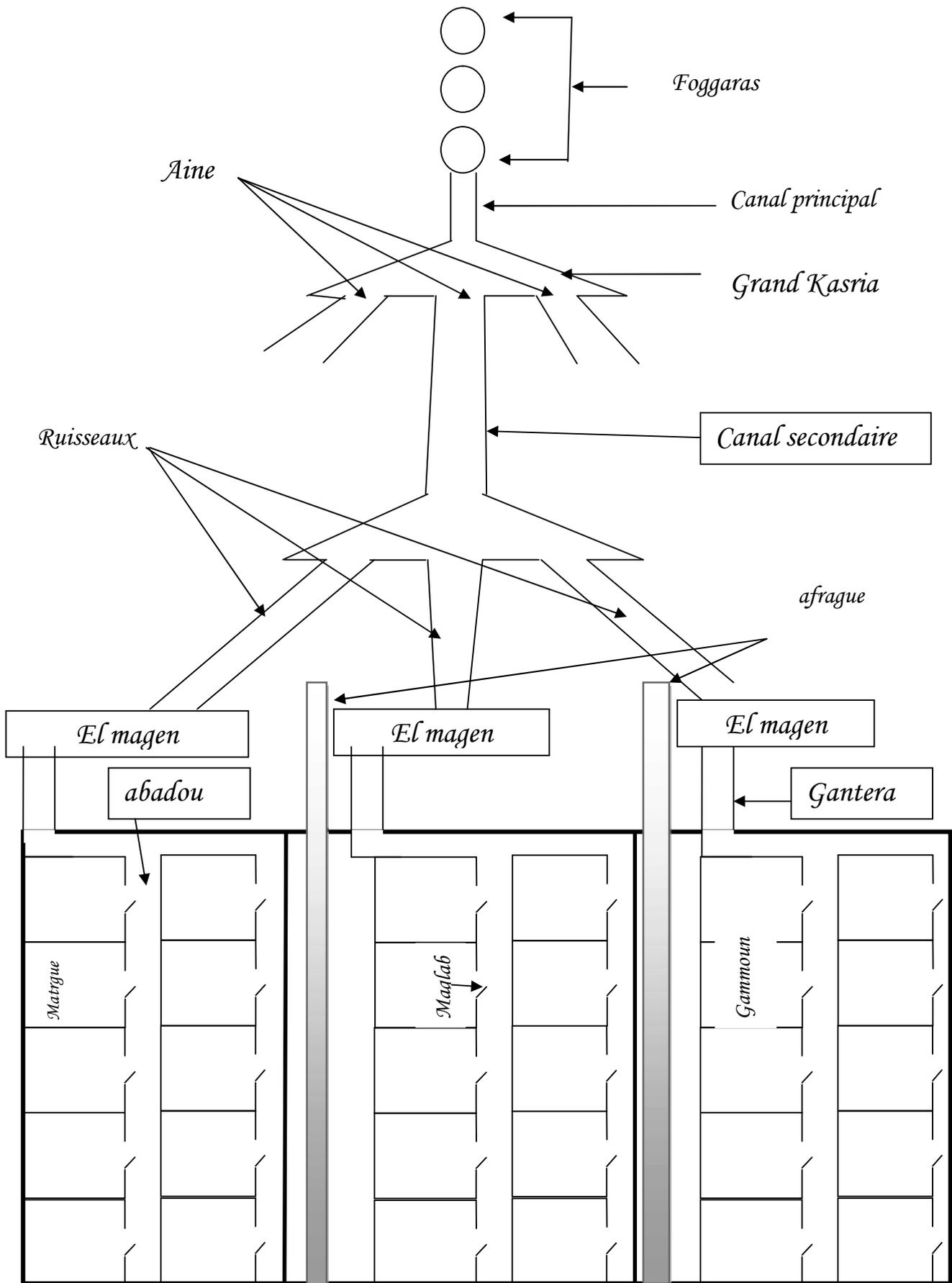


Figure N° 33 : schéma simplifié répartition des eus de foggara

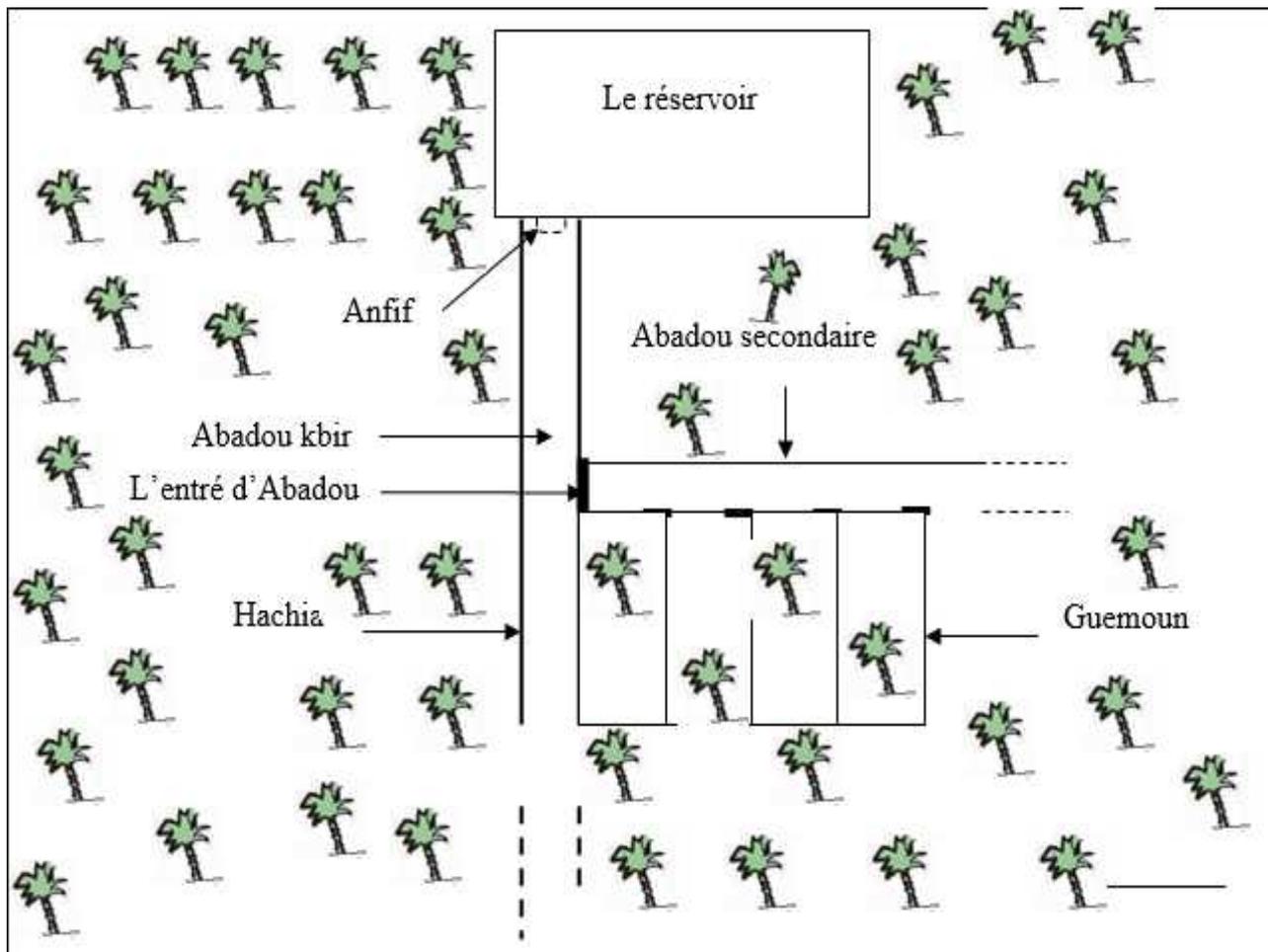


Figure N° 34 : Coupe schématique d'une exploitation

### C.1. Techniques et organisation de la mesure des eaux de la foggara.

Comme l'eau est une matière rare, elle prend la première importance dans la région. Une nécessité absolue s'avère indispensable pour la répartition suivante des règles convenables à de faibles débits. Il n'est autorisé à quiconque de mesurer une *kasria* qu'elle soit principale ou secondaire sans avertir bien à l'avance tous les propriétaires. La date de l'opération est fixée en accord entre le *Chahed*, le *kial* et le propriétaire qui désire un transfert de *habba mâaboud* d'une *segua* à une autre, un retrait ou une vérification si celui-ci ressent une lésion.

La présence de tous les propriétaires n'est pas obligatoire. Si pour une raison ou une autre *Kial el-ma* s'absente, la mesure est purement et simplement annulée et remise à une date ultérieure. Un procès-verbal de chaque séance, écrit par le *chahed* doit figurer dans le registre de la foggara.

### C.2. Codification de la mesure.

Il y a deux sortes de mesure :

- La première est précitée dans le chapitre relatif à l'investissement pour le creusement et la création des *Tarhas* ou *Ratbas*.

- Quand à la seconde mesure, cette dernière est faite uniquement pour répartir, contrôler ou déterminer la part revenant à chaque propriétaire. La part d'eau est la « *habba mâaboud* ». Elle est une partie fractionnaire de la « *Habba Zérig* ». Le nombre de *habbas mâaboud* possédées alimentent d'une manière continue le « *magen* » du propriétaire. Le nombre de *habba mâaboud* est fixé mais il peut être augmenté par deux moyens :

- Le plus juste, c'est lorsque la foggara reçoit en plus un débit nouveau provenant d'une *tarha* (nouveaux puits en tête « 12 puits ») qui permet à la foggara et l'investisseur d'en bénéficier.

- Mais, à la suite d'une dérogation qui n'est aucunement appréciée par les petits propriétaires et même contestée par les locataires qui sont obligés de continuer à verser le même prix pour une part dévalorisée, une foggara peut voir son nombre de *habba mâaboud* augmenter par la dévaluation suivante :

L'exposition d'une foggara à l'air libre permet au vent de l'ensabler. Les puits doivent être fermés. Un puits sur dix à peu près, suivant la résistance du terrain traversé, doit rester ouvert pour assurer l'aération. Cette aération diminue les risques d'éboulement. Malgré toutes ces précautions, l'entretien périodique d'une foggara nécessite annuellement un versement d'une contribution au prorata du nombre de *habbas mâaboud* possédées.

La *habba zérig* est l'unité de mesure. Il correspond à peu près à 8 l/mn. Son nombre est variable. Il suffit d'un petit obstacle, d'un éboulement dans un *nfad* ou d'un grand vent de sable pour y remarquer la diminution du débit. Une foggara mal entretenue, voit continuellement son nombre de *habba zérig* diminuer.

Le débit d'une foggara se mesure en *habba zérig*. Avant toute répartition, qu'il s'agit d'une *kasria* principale ou secondaire, *kial el-ma* doit d'abord savoir le nombre de *habbas zérig* fournis par la foggara. Cette opération se fait à l'aide d'un instrument en cuivre de fabrication locale appelé « *chegfa* », le nom « *chegfa* » vient du mot arabe « *chakafa* » (le tesson) un morceau d'un pot, ou un récipient en terre cuite. Cet appareil est d'une forme cylindrique de 15 cm de haut environ et de 25 à 30 cm de diamètre. Il est ouvert de chaque côté.

Néanmoins, certaines *chegfa* ont la base fermée. C'est une évolution tout à fait nouvelle. *kial el-ma* en possède plusieurs. Les grandes *chegfa* servent à mesurer la *kasria-lak'bira* et moyennes *kasriates*. Les petites servent à mesurer les eaux des *kasriates* secondaires. La *chegfa* porte une ou deux rangées de trous circulaires de dimensions différentes percés sur un cercle horizontal. Chaque trou représente un *habba zérig* ou un nombre fractionnaire déterminé d'un *habba zérig*. La *chegfa* porte également un portillon de 10 cm sur 15 cm environ par lequel l'eau y entre. Voici maintenant, comment *el-kial* procède pour faire la répartition (Figure au dessous).

Le schéma suivant représente la méthode de mesure par la *chegfa*

Paroi en Argile



Figure N°35 : Chegfa (le mesureur)

### C.3. Alors comment on mesure ?

Avant toute mesure il doit d'abord faire une plateforme bien nivelée entre la *kasria* et *Les majras* après avoir supprimé une partie suffisante des lits de toutes les *souagui* partant de cette *kasria*.

La *chegfa* doit être placée et maintenue à l'aide de l'argile dans l'axe de la *kasria* et à 80 cm pour permet de tranquillisée l'écoulement. 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.

Le *kial* (mesureur) commence la mesure par l'ouverture la plus à droite de la *kasria*. Pendant la mesure de celle-ci, l'eau des autres ouvertures coule librement en désordre dans les *seguias*. Le mesureur construit, avec de l'argile, un petit chenal bien étanche, de façon que la totalité de l'eau déversée par l'ouverture qui se mesure, coule directement dans la *chegfa* par le portillon. Il laisse un nombre de trous ouverts sur la paroi. Tous les autres trous sont bouchés par de l'argile.

Si l'eau coule par la partie supérieure de la *chegfa*, 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 la *chegfa* se maintient exactement au niveau supérieur du cylindre, la mesure est considérée juste.

Il marque alors sur une tablette en argile, préalablement préparée, le nombre de *habba zérig* obtenues. Il procède, ainsi, successivement à toutes les autres ouvertures du partiteur (la *kasria*). Une fois la mesure est faite correctement sous l'œil vigilant des propriétaires présents, «*el-hassab*» (le comptable) fait l'addition suivant les nombres gravés dans la tablette pour obtenir le débit total en *habba zérig*. Le *chahed* annonce le nombre de *habba mâaboud* de tous les propriétaires. (H. A. El Hadj 1982)

Les différents débits des *foggaras* de la région d'Aoulef représenté au tableau suivant :

Débit	Q(l/mn)		
	Avant 1998	1998	2015
Oasis			
Aoulef	131,06	78,3	41,1
Timokten	240,77	194,167	124,3
Total	371,83	272,467	165,4

Tableau N° 11 : Débits des *foggaras*

On applique les données des Débits des *foggaras* dans l'histogramme suivant.

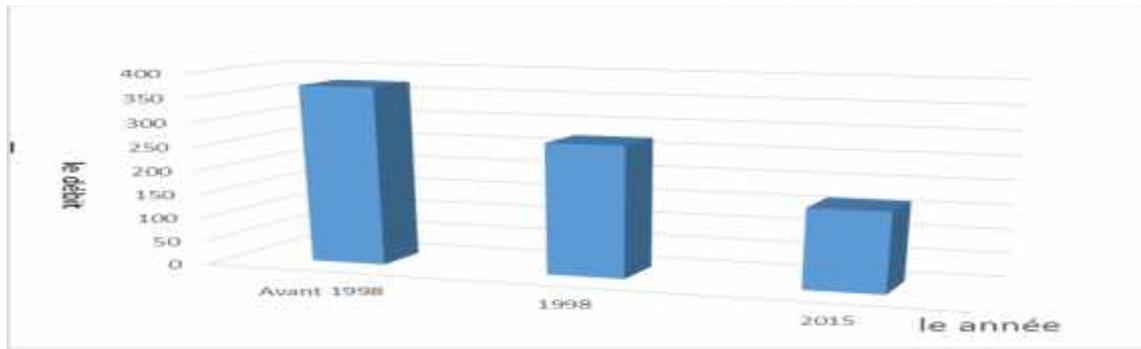


Figure N° 36 : Histogramme des variations des débits des foggaras

D'après l'histogramme, le débit des foggaras varie selon la période et diminue au fur et à mesure du temps, le débit en avant 1998 371,831/s diminue jusqu'à 165.4 l/mn en 2015. Ce phénomène-là est provoqué par diminution du niveau de la nappe qui alimente la foggara et le manque l'entretien périodique de la foggara.

### III.2. Unités et Méthode de mesure de débit d'une foggara.

#### 1- Unités des mesures locaux :

##### a- LA Habba Zérig et les nombres fractionnaires de la Habba Zérig

fractions de la Habba Z'rig.	Conversion à la Habba Z'rig	
	Valeur	Signe
Un Kirat de Habba Z'rig	1/24 de Habba Z'rig	•
Deux Kirats de Habba Z'rig	2/24 de Habba Z'rig	:
1/8 de Habba Z'rig	3/24 de Habba Z'rig	
1/6 de Habba Z'rig	4/24 de Habba Z'rig	
1/4 de Habba Z'rig	6/24 de Habba Z'rig	:
1/3 de Habba Z'rig	8/24 de Habba Z'rig	
1/2 de Habba Z'rig	12/24 de Habba Z'rig	
24 Kirats de Habba Z'rig	24/24 de Habba Z'rig	

Tableau N° 12 : nombres fractionnaires de la Habba Zérig .



- (1) - Tranche de la mesure : 2 ouvertures de la kasria = 18 H.Z ,1/6,1/4  
 (2) - Tranche de la mesure : 1 ouvertures de la kasria = 12 H.Z ,1/8,1/6  
 (3) - Tranche de la mesure : 1 ouvertures de la kasria = 12 H.Z ,1/3,1 Kirat  
 (4) - Tranche de la mesure : 1 ouvertures de la kasria = 10 H.Z ,1/3,1/2  
 (5) - Tranche de la mesure : 2 ouvertures de la kasria = 18 H.Z ,1/4,2 Kirat  
 (6) - Tranche de la mesure : 2 ouvertures de la kasria = 18 H.Z ,1/3  
 (7) - Tranche de la mesure : 1 ouvertures de la kasria = 13 H.Z ,1/4  
 (8) - Tranche de la mesure : 1 ouvertures de la kasria = 9 H.Z ,1/8

Le débit donne un total de 113 Habba Zérig.

Le chahed donne le chiffre de 2500 habba maâboud.

Le hassab fait la comptabilité:

Conversion des habbas zérig en kirats:

$$113 \text{ H.Z} \times 24 = 2712 \text{ kirats.}$$

Comment trouver la valeur de la habba maâboud?

$$2712/2500 \text{ habbas maâboud} = 1 \text{ kirat et il reste } 212 \text{ kirats.}$$

Conversion du kirat en kirats du kirat:

$$212 \text{ kirats} \times 24 = 5088 \text{ kirats du kirat?}$$

Chaque habba maâboud reçoit :

5088 kirats du kirat /2500=2,0352->arrondi à 2 kirats du kirat seulement. Ce qui donnera, si on vérifie, Après la répartition, un total inférieur à 113 Habba Zérig.

Donc, la valeur du habba maâboud est égale à 1 kirat de la Habba Zérig et 2 kirats du kirat.

-Le premier majra à partir de la droite reçoit :

$$\frac{342K + (342 \times 2KK) / 24}{24} = 15,43 \text{ H.Z} = 15 \text{ H.Z, } 10 \text{ K, } 7 \text{ KK, } 16 \text{ KKK} \quad \text{Par défaut.}$$

-Le deuxième majra reçoit :

$$\frac{203K + (203 \times 2KK) / 24}{24} = 9,16 \text{ H.Z} = 9 \text{ H.Z, } 3 \text{ K, } 20 \text{ KK, } 3 \text{ KKK} \quad \text{Par défaut.}$$

-Le troisième majra reçoit :

$$\frac{713,5K + (713,5 \times 2KK) / 24}{24} = 32,20 \text{ H.Z} = 32 \text{ H.Z, } 4 \text{ K, } 19 \text{ KK, } 5 \text{ KKK} \quad \text{Par défaut.}$$

-Le quatrième majra reçoit :

$$\frac{531K + (531 \times 2KK) / 24}{24} = 23,96 \text{ H.Z} = 23 \text{ H.Z, } 23 \text{ K} \quad \text{Par défaut.}$$

-Le cinquième majra reçoit :

$$\frac{570K + (570 \times 2KK) / 24}{24} = 25,72 \text{ H.Z} = 25 \text{ H.Z}, 17 \text{ K}, 7 \text{ KK Par excès.}$$

-Le sixième majra reçoit

$$\frac{140,5K + (140,5 \times 2KK) / 24}{24} = 6,34 \text{ H.Z} = 6 \text{ H.Z}, 8 \text{ K}, 4 \text{ KK Par excès.}$$

	H.Z	K	KK	KKK	Observations
1 <sup>ere</sup> Majra	15	10	7	16	Par défaut
2 <sup>eme</sup> Majra	9	3	20	3	Par défaut
3 <sup>eme</sup> Majra	32	4	19	5	Par défaut
4 <sup>eme</sup> Majra	23	23	-	-	Par défaut
5 <sup>eme</sup> Majra	25	17	7	-	Par défaut
6 <sup>eme</sup> Majra	6	8	4	-	Par excès
le Reste	2,8	2,4	1	-	Par excès
Total	112.80	67.4	58	24	

En calculant au kirat du kirat seulement, la répartition est considérée juste à quelques kirat près. Un reste minime sans grande importance pour la totalité du débit. On peut exiger une répartition bien plus stricte mais la chegfa en peut assurer une telle précision. Le kirat du kirat demeure donc vague.

Avant de passer à l'application, le kial marque sur une autre planchette en argile ce qui la hassabe lui dicte :

N.B :

- Si la répartition va plus loin que le Kirat du kirat, le hassab change le sens des bâtons et les points de la codification (verticale ou horizontale)
- Le hassab n'emploie pas les chiffres arabes pour sa comptabilité .il marque des points et des tirets sur du sable. Il fait aussi beaucoup de calcul mental

1 <sup>ere</sup>	+ ∴ , —•• + • ,    +
Majra	15 H.Z + 1/3K + 2 , 1/4KK + 1 , 1/2 KKK + 1/6
2 <sup>eme</sup>	∴ , ≡ + —•• + •• , ∴
Majra	9 H.Z + 1/8K , 1/2KK + 1/4 + 2 , 3 KKK
3 <sup>eme</sup>	, ≡ , —•• + • ,   + •
Majra	32 H.Z + 1/6K , 1/2 KK , 1/4 + 1 , 1/6KKK + 1
4 <sup>eme</sup>	+ ∴ +   + •
Majra	23 H.Z + 1/2K + 1/4 + 1/6 + 1
5 <sup>eme</sup>	+   + • , —•• + •
Majra	25 H.Z + 1/2K + 1/6 + 1K , 1/4K + 1 KK
6 <sup>eme</sup>	+ —
Majra	6 H.Z + 1/3 + 1/6 K

**III.3- Résultat et discussion.**

Le tableau suivant, représente les débits des orifices de la kasria principale par la méthode volumétrique.

N° de trou	La largeur b en cm	Le débit l/s
01	4.5	0.48
02	7.5	0.8
03	34	3.63
04	9	0.96
05	11	1.17
06	10	1.06
07	40	4.27
08	0.5	0.05

Tableau N° 13 : Débits des trous de la kasria principale.

Le tableau N° 13 montre que le débit total d’un peigne est déterminé en additionnant l’ensemble du débit des orifices de ce peigne.

Les résultats des débits calculés par l’équation de corrélation entre le débit et la largeur de l’orifice sont donnés pour chaque foggara.

**1\_ Les facteurs influençant sur le débit.**

- a. Naturels : La sécheresse et l’ensablement.
- b. Humains : Le manque d’entretien, l’influence des forages, et autre.

**a. Naturels :****a.1. La sécheresse.**

La nappe exploitée par les foggaras, situées dans les couches supérieures du Continental Intercalaire est influencée directement par les agents naturels : La rareté des pluies, surtout de ces dernières décennies et l'augmentation remarquable de la température (évaporation intense).

Ces deux agents sont parmi les facteurs qui contribuent à la baisse du niveau de la nappe et par conséquent, au débit des foggaras.

**a.2. l'ensablement.**

C'est un deuxième facteur qui menace gravement les foggaras. Le Tidikelt est l'une des régions les plus ventilées où le vent entraîne une formation importante des Ergs et des dunes de sable. Des observations faites sur place par le Capitaine Lô, échelonnées sur plusieurs années, permettent de dire que ces dernières avancent de 1 à 1,5 mètres par an. Elles font disparaître progressivement les foggaras sous les dunes et déboucher celles-ci à l'air libre, la figure suivante représente la lutte contre le déplacement du sable c'est « Afrague ». (Figure N° 38)



Figure N°38 : Afrague (lutte contre l'ensablement).

Pour atteindre les jardins, elles doivent traverser des zones de dunes qui, dans certains cas, dépassent 1000 m de largeur. Les agriculteurs protègent les canalisations en les enterrant, mais dès que l'une d'elles s'effondre sous le poids du sable, La foggara devient inutilisable. Par ailleurs, la distance entre la sortie de la foggara et les jardins ne fait qu'augmenter.

Les *seguias* s'allongent sans cesse et le volume d'eau qui parvient en fin de course dans les surfaces cultivables est infirme

En amont, ce facteur constitue un grand problème, car le vent transporte et jette des quantités énormes de sable dans les puits, et le fait bouché parfois totalement. Pour éviter ce problème, le drain bien étendu ne sera pas laissé sans revêtement, comme le sont les foggaras actuelles. Un

revêtement poreux empêchera l'entraînement de sable, les éboulements et favorise l'aération des galeries comme c'est le cas actuel de certaines foggaras dans le centre-ville d'Aoulef. (Figure N°39)



Figure N°39 : Nouveau revêtement des puits des foggaras le centre-ville d'Aoulef.

## b. Humains.

### b.1. Le manque d'entretien :

Le manque d'entretien et la main d'œuvre nécessaire et qualifiée sont en relation avec plusieurs facteurs parmi lesquels nous avons :

- L'importation des légumes et autres matières agricoles du nord, encourage l'éloignement des jeunes des jardins car ces derniers trouvent au marché tout ce dont ils ont besoin.
- L'apparition des professions multiples en rivalité avec l'agronomie. L'entretien influe beaucoup sur le rendement des foggaras.

Le tableau suivant montre les variations des débits avant et après l'entretien pendant l'année 1998.).

Foggaras	Débits Q l/s		
	Avant l'entretien	Après l'entretien	La différence
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> - Q <sub>1</sub>
Hazhouz	10.5	14.2	3.7
Feguiguira	11.2	14.9	3.7
Nezoi	10	12	2
Tourfine	14,8	15.4	0.6
Ben draaou	13,7	14	0.3
Tenfa	22,2	24	1.8
Djenet seghar	15	15.9	0.9
Total	97.4	110.4	13

Tableau N° 14: Débits des foggaras avant et après l'entretien. *Source A.N.R.H*

Le tableau montre que le débit des foggaras a augmenté d'une valeur comprise entre 0.3 à 3,7 l/s, preuve du fait que l'entretien en augmentant le débit, est très avantageux pour l'écoulement de la lame d'eau dans les canaux. Dans ce cas-là, on peut dire que l'entretien a été bénéfique pour les foggaras (Hazhouz, Feguiguira, Nezoi, Tourfine, Ben draaou, Tenfa, Djenet seghar). L'entretien de la foggara se fait généralement durant cinq mois entre juin et novembre.

De nombreuses foggaras sont abandonnées à cause de l'absence de l'entretien :

- L'existence, par exemple, des zones étanches (étanchéité artificielle par les argiles en général) dans la partie aval (morte) des foggaras que les mauvais puisatiers les considèrent comme des déblais qui bouchent la galerie et freinent les eaux lorsqu'ils curent ces zones, les eaux provenant de l'amont des foggaras s'infiltreront en aval, par conséquent, le débit diminue considérablement.

- Un autre cas survenu dans la région d'étude pour l'entretien de la foggara. Au lieu de commencer l'entretien d'aval en amont, ils ont fait le contraire, ce qui a entraîné une dénivellation c'est à dire la partie amont devient plus profonde de celle avale. La pente n'a pas été assurée pour l'acheminement des eaux jusqu'aux oasis. Il faut donc une main-d'œuvre qualifiée pour faire un bon entretien.

### **b.2. L'influence des forages.**

En cas général, l'apparition des forages et l'exploitation excessive de la nappe ont engendré, avec le temps, une baisse du niveau statique de cette dernière, et par conséquent du débit des foggaras.

L'infiltration des eaux dans la partie dénoyée par le forage voisin n'a pas une influence remarquable du forage sur la foggara, car il ne provoque aucun changement dans le régime de cette dernière ceci d'une part à l'éloignement de la partie drainant de la foggara par rapport à la zone d'influence du forage (distance de 800 m) jusqu'à 100 m

Ainsi que le mauvaise gestion par des responsable non qualifiée, qui ne visent que leurs intérêts personnels, les risques causée par les habitations : Durant ces dernières années plusieurs habitants ont construit des jardins au voisinage des foggaras ce qui permet la pénétration les couches sablo-argileuse qui atteint le niveau des foggaras d'ou l'apparition des remblais des éboulements qui constituent de grandes cavernes et détériorent la galerie de la foggara. (Abella B. 2002)

### **c. Amélioration des foggaras.**

Si les oasis existent aujourd'hui, et nous bénéficions encore de leurs palmeraies, c'est grâce aux efforts de ceux qui nous ont précédé en y mettant le prix d'un labeur tenace et prolongé. Il ne faut donc pas ignorer les sacrifices et le dévouement de ceux qui on fait, dans y passé, une telle réalisation avec un matériel certainement dérisoire. Aujourd'hui, les matériaux de travail sont développés, la main-d'œuvre nécessaire existe, donc, il ne reste que d'utiliser les techniques modernes suivantes :

- Prolonger vers l'amont les drains ou ajouter des jambes notamment dans les zones favorables. Mais cette technique devient difficile avec les matériels utilisés actuellement, surtout si la profondeur est grande. Ainsi, il faut un soutien direct de l'état financièrement et matériellement (foreur, compresseur,... etc.).

- Dans notre région, puisqu'on ne peut pas obtenir de l'eau jaillissante, on utilise l'eau remontante, parce que la couche des grès aquifères des foggaras est suffisamment épaisse (charge importante), donc on pourra envisager l'exploitation de cette nappe par des tubages crépiniers. En bénéficiant des puits des foggaras, on place en tête des foggaras des forages verticaux. L'eau de forage se déverse ainsi dans les canalisations souterraines (galerie).

Cette méthode a été expérimentée par un agriculteur dans son puits (après l'abaissement du niveau d'eau dans ce dernier qui est dû à une exploitation par forage voisine 100 m).

Les résultats obtenus sont très encourageants malgré l'utilisation de ce forage qui depuis lors n'a aucun effet sur les puits de l'agriculteur. Ces deux projets d'amélioration sont très intéressants, mais n'atteindront pas leur productivité souhaitable sans faire appel à un troisième projet qui suit.

- Il faut assurer l'étanchéité de la partie avale de la foggara (qui se trouve, elle aussi, tracée dans les grès et sables perméables de l'Albien) pour éviter l'infiltration de l'eau captée en amont. Il faudra donc mettre au point un système de drainage de la couche aquifère qui ne présente pas cet inconvénient. A nouveau, on construit un drain à parois bétonné et un fond d'argile compacte pour faciliter l'approfondissement de la galerie au cours de la baisse du niveau d'eau. (Capitaine Lô. 1957)

#### **c-1\_ L'Amazar :**

Dans cette méthode, on augmente le débit de la Foggara par l'approfondissement sur le long de la galerie souterraine, la partie nettoyée est \* Amazar \*. ( Figure N° 41 )

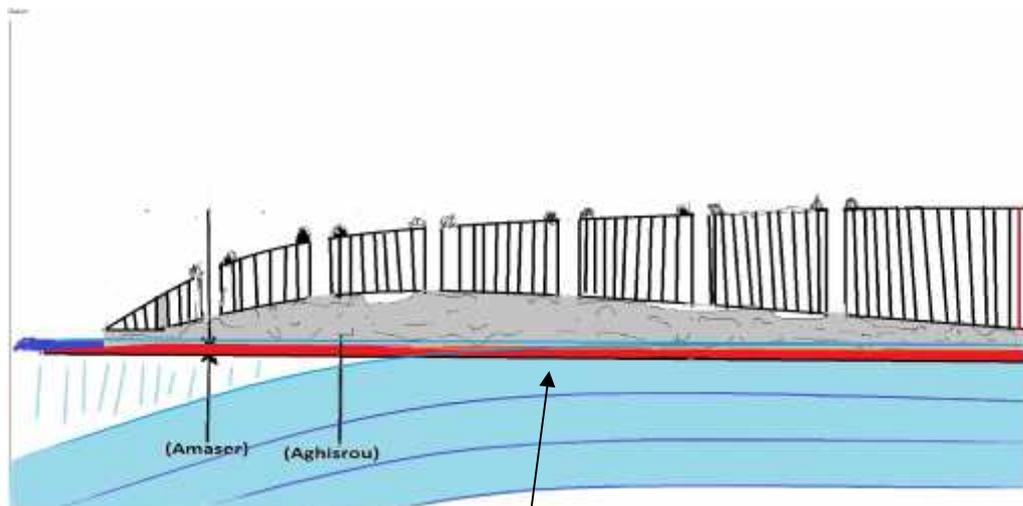


Figure N° 41 : schéma représente d'Amazar

### c-2\_ Le Tarha ou Ratba :

Les actionnaires y ajoutent alors des puits au bout. Cette extension s'appelle la \* Tarha\* ou \*Ratba\*, c'est un travail couteux. La chance y joue son rôle. Le débit en augmentation est d'autant plus important que le terrain traversé permet un drainage facile. Les \*Tarha\* ou \*Ratba\* qui traverse des terrains argileux dans la région d'Aoulef, ne produise pratiquement qu'un très faible débit. L'apport nouveau est déterminé par deux mesures : la première est faite pour préciser le débit initial de la Foggara ; quant à la seconde, cette dernière qui englobe la totalité du débit, permet de définir la nouvelle production donnée par les nouveaux puits.

### c-3\_ Le Kraâ :

Toutes Foggaras vont à peu près dans même direction : Este-Ouest. Elles gardent une distance parallèle. Cela est faite, selon les règles, pour éviter tout drainage exagéré au déterminent des Foggaras plus anciennes et voisines. On peut ajouter une branche à une Foggara. Ce bras qui quitte la partie mère dans un sens de 30 à 45 degré environ par rapport à celle-ci, s'appelle \* Kraâ\* (la jambe) Figure N°41

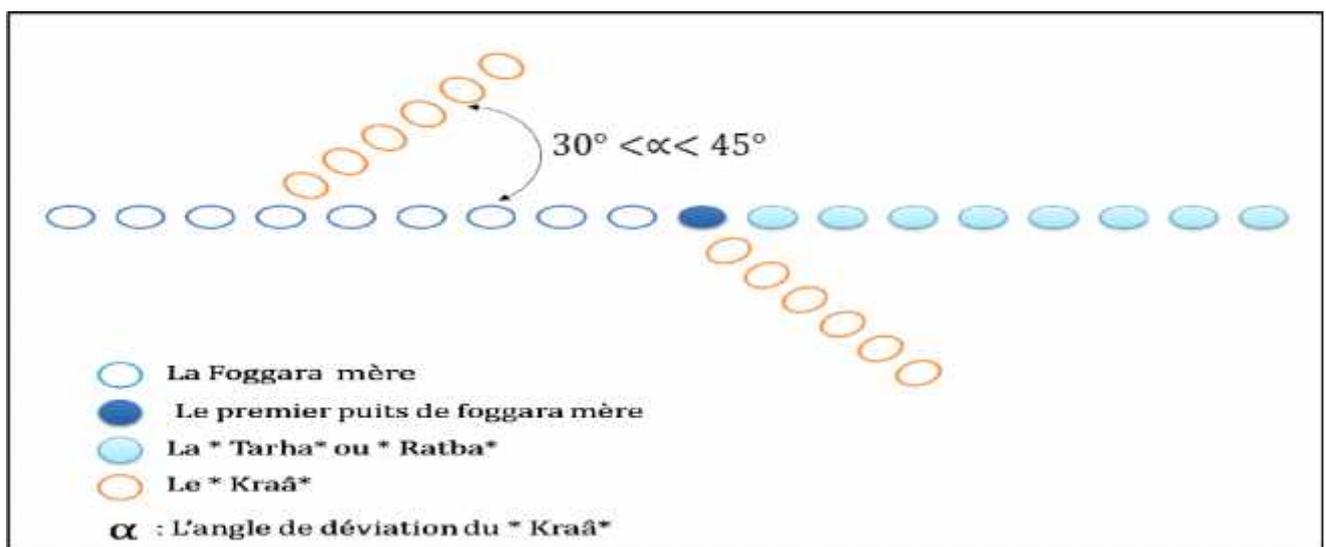


Figure N°41: Position de \*Kraâ\* et \*Tarha\* par rapport à la Foggara mère

Commune	N°	Nom de foggara	Débit ancien L/s	Débit actuel L/s	long ancien Km	long actuel Km	Nombre de puits	diff. débit l/s	caractère l/s/km	date de jaugeage
TIMOKTEN	1	MAINAU	2	3	2,364	3	150	1	1	19/04/1998
TIMOKTEN	2	TIMINOUTE	4	10	3,66	3,7	180	6	2,7	19/04/1998
TIMOKTEN	3	OUKENINE	9	10	5,58	6	370	1	1,67	19/04/1998
TIMOKTEN	4	ADJEDID	5	1,5	1,86	4	250	-3,5	0,38	19/04/1998
TIMOKTEN	5	SAHLE TIMOKTEN	2,5	11,5	3,204	7,5	320	9	1,53	20/01/1998
TIMOKTEN	6	EL ISTISLAH	0,4	0,4	*	1,5	82	0	0,27	20/01/1998
TIMOKTEN	7	AMEGHIARE	*	0,4	*	3,58	215	*	0,11	20/01/1998
TIMOKTEN	8	INNER	4	5,8	3,9	4	400	1,8	1,46	20/01/1998
TIMOKTEN	9	SAHLE MOULAY HIBA	4	9,5	2,7	3	250	5,5	3,17	20/01/1998
TIMOKTEN	10	SIDI HMADOU	30	30	2,7	3	450	0	10	20/01/1998
TIMOKTEN	11	DEHGAMCHA	16,5	9	6,54	6,5	350	-7,5	1,38	20/01/1998
TIMOKTEN	12	EL HAMRA	21	17,5	7,344	8	500	-3,5	2,19	21/01/1998
TIMOKTEN	13	EL BIDHA	21,5	27	8,204	9	900	5,5	3	21/01/1998
TIMOKTEN	14	EL GARA	43	37	6,048	6	500	-6	6,17	21/01/1998
TIMOKTEN	15	MEFTAH	5	19,5	3,9	5	400	14,5	3,9	21/01/1998
TIMOKTEN	16	ADJEDIDA	5	2	1,86	0,8	40	-3	2,5	26/04/1998
TIMOKTEN	17	METRAIONE	3	2,5	1,86	1	112	-0,5	2,5	26/04/1998
TIMOKTEN	18	SOUILHA	2	0	1,86	0,7	70	-2	0	26/04/1998
AOULEF	19	HAZHOUZ	2	3,3	3	2,5	450	1,3	1,32	22/04/1998
AOULEF	20	FEGUIGUIRA	2	2	2,7	4,5	500	0	0,44	22/04/1998
AOULEF	21	NAZOI	9	3	10	10	700	-6	0,3	22/04/1998
AOULEF	22	HADJ AHMED	18	15	5	5	400	-3	3	22/04/1998
AOULEF	23	TOURFINE	14	11	12	12	770	-3	0,92	22/04/1998
AOULEF	24	BEN DRAAOU	13	14	8	8	562	1	1,75	22/04/1998
AOULEF	25	TENFA	22	20	7	7	650	-2	2,86	22/04/1998
AOULEF	26	DJENET SEG HAR	15	10	8	8	562	-5	1,25	22/04/1998
AOULEF	27	AGHEDJER	15	2	5	5	365	-13	0,4	22/04/1998
total			287,9	276,9	124,284	138,28	10498	-11,4	56,17	

Tableau N° 15 : Les Différentes foggaras dans la région d'Aoulef et Timokten. ANRH

### III.3. LES SYSTEMES D'IRRIGATION PRATIQUES.

Les trois systèmes d'irrigation pratiqués dans la région sont :

#### 1. L'irrigation traditionnelle.

La foggara est une ressource essentielle dans ce type d'irrigation, car elle irrigue la plupart des secteurs agricoles, l'irrigation se fait au niveau de la parcelle à partir d'un réservoir d'accumulation vers un canal principal qui alimente les canaux secondaires, et qui irrigue les petites carrées des exploitations.

On peut dire que le canal principal est juste pour le transport de l'eau dans certains jardins, d'autre, pour le transport et distribution.

## 2. L'irrigation localisée.

L'irrigation par goutte à goutte est pratiquée surtout au niveau des nouvelles palmeraies dans les grands périmètres de mise en valeur. Les caractéristiques principales de l'irrigation au goutte à goutte sont :

- Ecartement entre palmiers 8 m soit une densité de 144 arbres /ha.
- Nombre de goutteurs par palmier : 02.
- Débit du goutteur 4 l/h.
- Diamètre de la conduite principale : 60 mm.
- Diamètre des rampes : 16 ou 20 mm.

## 3. L'irrigation par aspersion.

L'irrigation par aspersion est pratiquée surtout au niveau des nouvelles palmeraies dans les grands périmètres de mise en valeur, ce type d'irrigation utilise les pivots. L'énergie élevée demandée par cette technique engendre beaucoup des problèmes notamment le payement des factures d'électricité très salées.

## CONCLUSION :

La région d'Aoulef, située au sud-est de la Wilaya fait partie du Tidikelt occidental, d'une superficie de 30 000 km<sup>2</sup>, caractérisée par un climat saharien à hiver Chaud, contient deux saisons bien distinctes : L'été avec une température très élevée pouvant atteindre jusqu'à 49 °C et l'hiver avec des précipitations quasi nulles et les vents de sable dominants.

L'activité principale est l'agriculture des palmiers dattiers avec une superficie totale des palmeraies de 2125 ha, le réservoir hydrique naturel est la nappe de l'albien (CI) exploité par deux manières, les foggaras et les forages. Les puits sont alimentés par la nappe de l'Erg.

Les foggaras irriguent une superficie très importante de 1278 ha (concernant surtout le secteur traditionnel), et les forages quant à eux sont affectés à une superficie des grands périmètres de mise en valeur de 314 ha. Les puits assurent l'arrosage d'une superficie de 447 ha.

A l'avenir, pour atteindre les objectifs fixés, la foggara doit être considérée comme une vraie entreprise ayant son propre capital et ses gestionnaires hautement qualifiés et compétents :

1. Un directeur expert ou un ingénieur spécialisé qui connaît mieux les lois et le fonctionnement des foggaras.
2. Un comptable.
3. Un spécialiste en droit qui protège la foggara contre les prédateurs.





# CONCLUSION

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Au titre de cette étude du Foggara d'Aoulef qui fait partie du sous bassin versant du Tidikelt, le but est de trouver la relation entre le fonctionnement de la Foggara et l'hydrogéologie de la région.

L'étude de l'hydrogéologie des foggaras d'Aoulef, menées à déduire les résultats suivant :

Sur le plan hydro-climatologique, la région d'Aoulef faisant partie des zones arides est caractérisée par une pluviométrie très faible dans le temps avec une grande variabilité annuelle et mensuelle. Les moyennes annuelles des précipitations sont comprises entre 0,2 et 7,6 mm Les températures présentent une augmentation progressive importante pendant la saison d'été.

Géologiquement, Le système aquifère à Tidikelt est d'âge Albien. Formé par un dépôt continental, caractérisé par des argiles, des argiles sableuses et des grés (un système multicouche). Les formations désertiques du continental intercalaires reposent en discordance angulaire sur un substratum d'âge primaire qui affleure dans la dépression de la vallée de la Saoura (Oued Messaoud) à l'ouest. A l'est, elles sont recouvertes par des formations argilo gypseuse de la transgression du Cénomaniens surmontée par une dalle calcaire du Turonien et Sénonien.

Sur le plan hydrogéologique, La Foggaras est l'ouvrage d'exploitation de l'eau souterraine le plus original et rationnel dans le Sahara.

La Foggaras d'Aoulef au Tidikelt généralement située sur la partie S-W de la sous bassin versant du Sahara septentrional dont l'aquifère de continental intercalaire est une nappe captive.

Le sens d'écoulement des eaux souterraines généralement est vers le Sud, le Sud-ouest et vers l'exécutoire Tunisien, il est dirigé du Nord vers le Sud, du Nord vers l'Est, et du Sud vers l'Ouest conformément à la topographie.

La vie d'agriculture dans les oasis est liée essentiellement au bon fonctionnement et gestion de ce système de captage des eaux qu'est la \*foggara\*. Ceci étant, tout mort de la Foggaras d'engendrer la disparition de la palmeraie.

L'exemple de la région d'Aoulef reflète l'état actuel de la foggara, et permet de noter les causes du dessèchement des foggaras dont, le taux de pertes par infiltration dans la partie inactive de la foggara, le manque d'entretien périodique et les problèmes liés à l'exploitation des forages d'eau des grands débits.

La mort de Foggaras est liée aussi socialement à la culture des générations actuelles qu'ont attaché par la mondialisation, pour travailler et gérer ce système (la main ouverte) par ce qu'elle est la seule solution pour gérer les eaux souterraines d'une façon permanente (rabattement indirect de la nappe aquifère en comparaison au forage) et même une méthode économique et résistante.

Au future, la mort du travail ingénieux de nos ancêtres n'est pas programmée au pompage des eaux intensifs (les forages), mais aussi à l'entretien des galeries. La Foggaras c'est l'une des Stéréobates pour sauvegarder la vie dans les oasis.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIES**

## **REFERENCE BIBLIOGRAPHIE**

**ABDELAOUI M<sup>ed</sup>** : «utilisation agricoles des ressources en eau dans la région d'Aoulef (Adrar) évaluation de l'efficience » Université de Mostaganem

**ABELLA B. 2002** : « Etude de foggara de la région d'Aoulef (Tidikelt occidental) ». Mémoire de la fin d'étude, université d'Oran.

**ANRH d'Adrar 2002** : Annexe des foggaras du Tidikelt. Différentes type de foggaras. (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques).

**BNEDER 2000** :

**d'après A.F. de Lapparent, 1947**

**Cornad 1969** L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien.

Centre de recherche sur les zones arides. Série géologie n°10, CNRS, Paris, 527p

**CDARS, (1999)**: Étude du Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes, Ressources en eau : Connaissances d'ensemble, Ouargla, 154p.

**CHAINTRON J.F. 1957** : « Aoulef Problèmes économiques et sociaux d'une oasis à foggara ». Travaux de l'institut de recherche saharienne (I.R.S.), Pp. 101 – 156

**Capitaine Lô. 1957** : « Les foggaras du Tidikelt ». Pp 139 – 179.

**CARLIER M. 1972** : « Hydraulique générale et appliquée ». Edition Eyrolles.

**CHAMPAULT D. 1969** : « Une oasis du sahara nord occidental Tabelbala ». Edition du centre national de la recherche scientifique, 15 quai Anatole Paris-France.

**CLEMENT R. et GALLAND A. 1979** : « Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression ». Edition Eyrolles Paris

**D.S.A. d'Adrar** : « Situation des forages d'irrigation».

**G. TOUTAIN 1977** : «éléments d'agronomie saharienne ». De la recherche au développement. Pp 113 – 148.

**GARDANIEL V. 1994** : «Les eaux cachées ». Déserts et un entretien avec Théodore Monod, document N° : 19. Université de paris 1992.

**HAMADI A. H. 1970** : « Rapport sur les débits des foggaras de la commune d'Aoulef ». A messieurs le président de l'APW Adrar.

**HAMADI A. H. 1982** : « Quelques observations sur le système d'irrigation et la répartition des eaux des foggaras à Aoulef ». Aoulef, Adrar, Algérien.



Annexe.1. Vue à l'intérieur de la foggara.





Annexe.2. Vue à l'extérieur d'une foggara



Annexe.3. Différents types de Kasria.



Annexe.4. Différents types de Majen.

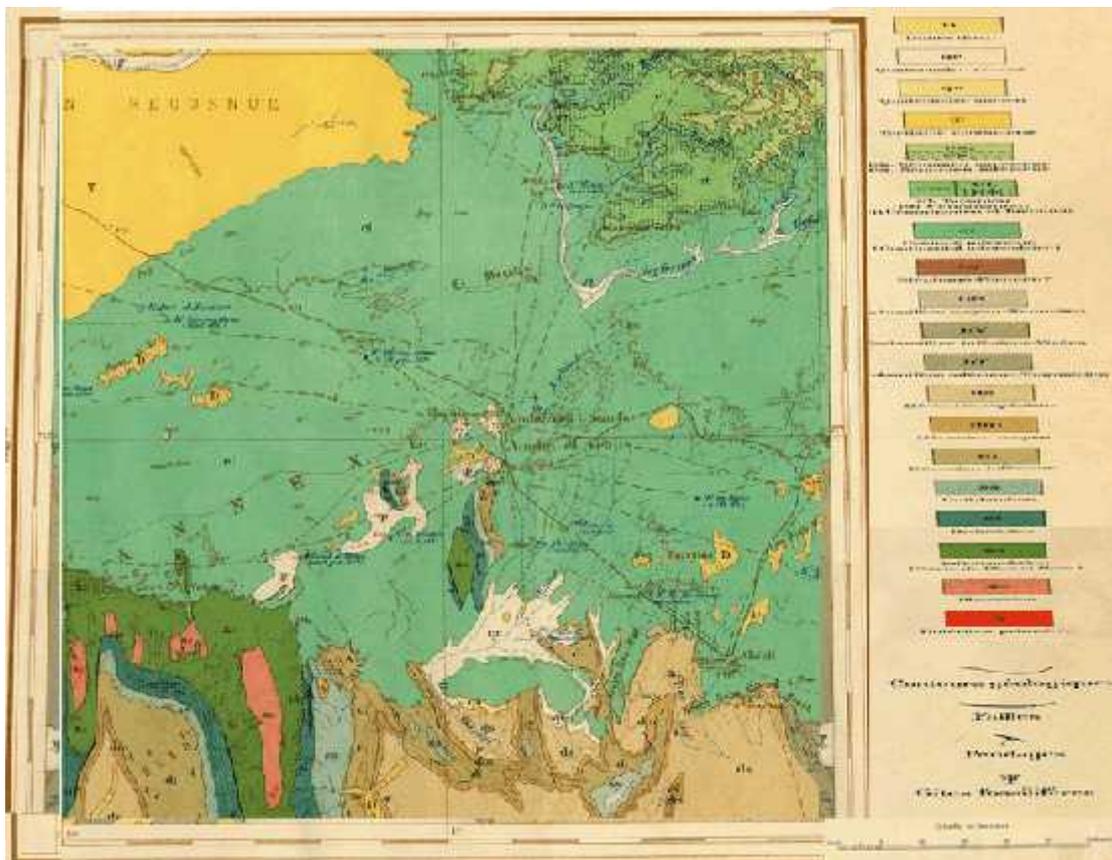


Annexe.5. Différents types de « Chegfa » Outil de mesure du débit.

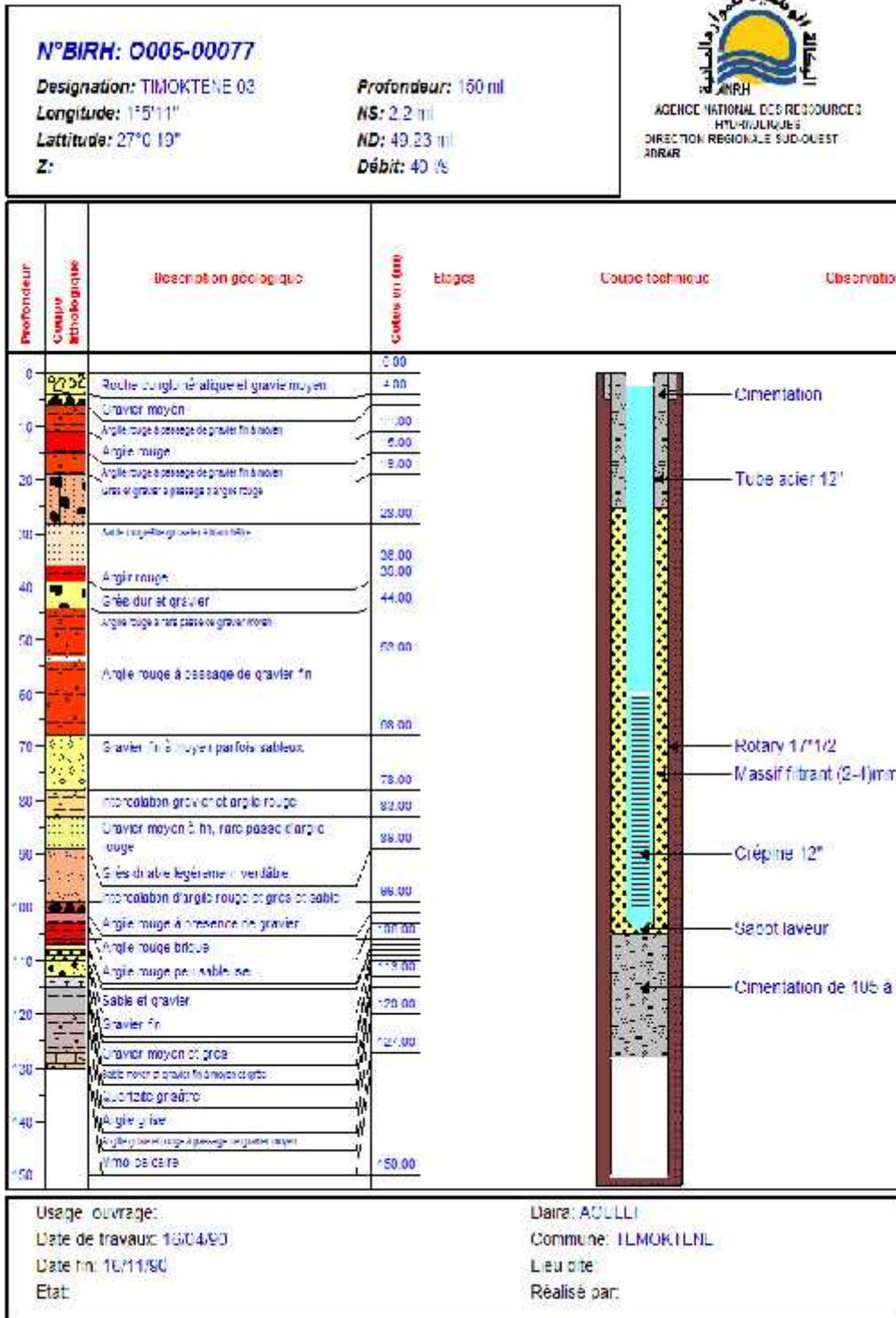
## Annexe



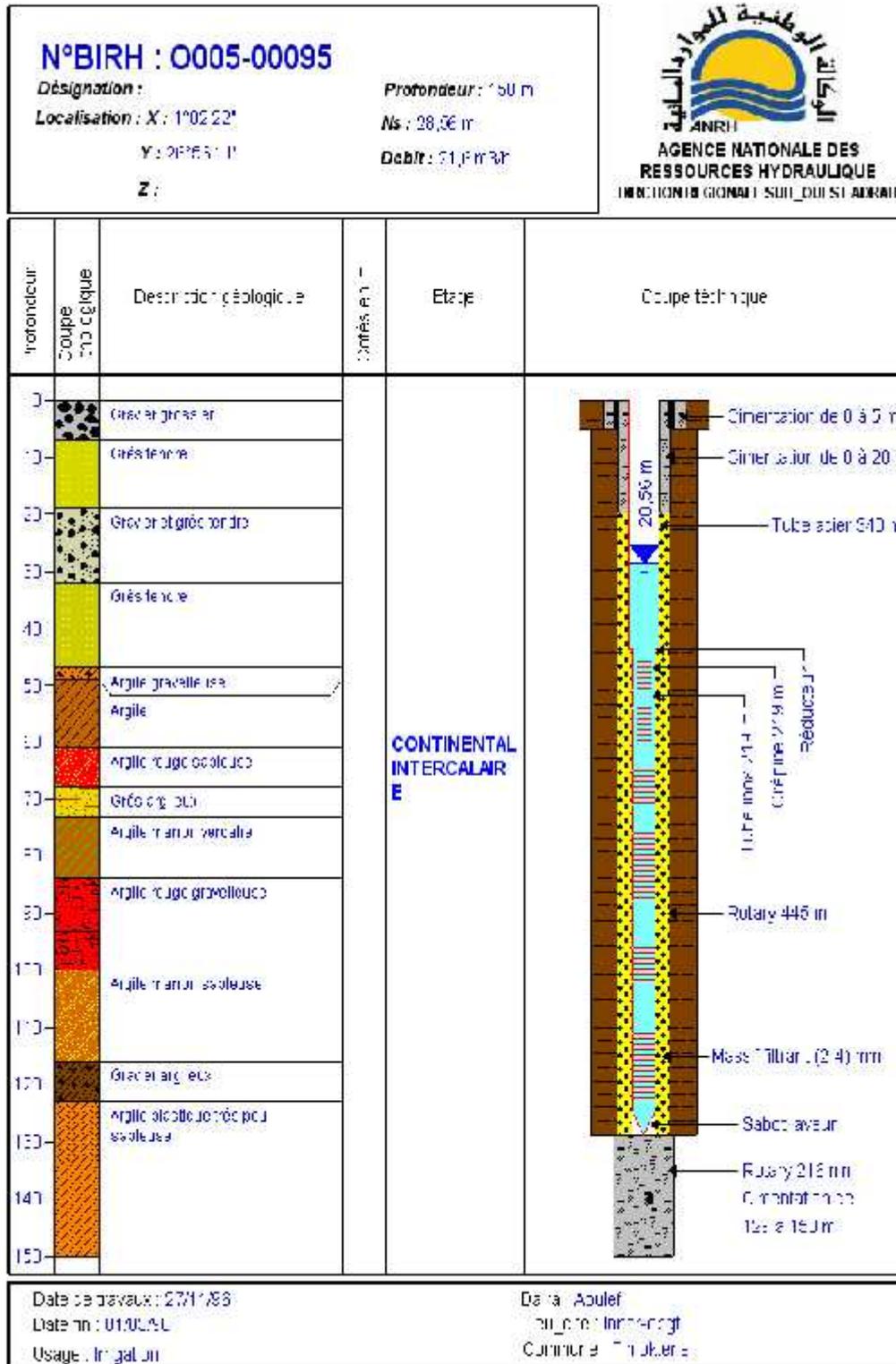
Annexe.6 mesure lame d'eau



Annexe.6c caret géologique d'Aoulef



Annexe.7. Coupe technique de forage O005-00077



Annexe.8. Coupe technique de forage O05-00095

مدينة بين الواحات على السقي التقليدي ( ) الذي يعت حيا  
سكانها غيراً الديمغرافي الفلاحي والصناعي له أيضا علاقة بوفرة المياه  
كميات معتبرة من المياه في العشريات الأخيرة لسد هذه الحاجيات المتزايدة الطرق الحديثة للبحث  
هبوط مستوى منسوب الطبقي للمياه القاري المتناوب على المستوى الجهوي  
على الفقاقير صيانة الفقاقير همالها أدى الى موت بعضها. الواحات التي كانت تسقيها ماتت (الحياة  
في الصحراء هي الواحة

والحالية  
للحفاظ عليها وحمايتها لكونها موروث . لكونها حافظت على ديمومة الحياة في

الكلمات المفتاحية

التقليدي

### Summary :

Considered Aoulef oasis and oasis that rely on traditional irrigation (Foggara), which is the basic pillar for the life of its inhabitants my urban expansion and population growth and development of industry and agriculture, and also a relationship with an abundance of water, and the use of considerable water extraction in the recent wine t last year to meet the growing needs of these amounts using modern methods of research and extraction and led to the decline the fall of the level of the level of alternation of continental water class at the regional level had a negative impact on Foggaras Add to that the lack of maintenance and neglect the Foggaras led to the death of some of between them. Oasis that were fed dead (Life in the desert is the Oasis

According to past and current information, it has allowed us to study giving gesture for Foggaras Aoulef to give suggestions to preserve and protect human to be inherited. Being held on the sustainability of life in the oasis in the heart of an area considered most cruelty areas in the world.

Keywords:

Continental intercalary \_Foggara\_ the traditional irrigation system Foggaras

### Résumé:

Considérez oasis Aoulef un oasis qui comptent sur l'irrigation traditionnelle (Foggara), qui est le pilier de base pour la vie de ses habitants mes l'expansion urbaine et la croissance démographique et le développement de l'industrie et agricole et a également une relation avec une abondance d'eau, et le recours à l'extraction d'eau considérable récente dans les vin t ans dernière pour répondre à ces montants des besoins croissants en utilisant des méthodes modernes de recherche et d'extraction entraîné le déclin et la chute du niveau du niveau de l'alternance de l'eau continentale de classe au niveau régional a eu un impact négatif sur les Foggaras Ajoutez à cela le manque d'entretien et de négligence les Foggaras a conduit à la mort de certains d'entre eux. Oasis qui ont été nourris morts (La vie dans le désert est l'Oasis

Selon les informations passé et actuel, il nous a permis d'étudier donnant geste pour les Foggaras Aoulef pour donner des suggestions pour la préserver et la protéger pour être hérité humaine. Étant maintenu sur la durabilité de la vie dans les oasis dans le cœur d'une zone considérée comme la plupart des zones de cruauté dans le monde.

**Mots clés :**

Continental intercalaire \_Foggara\_ système d'irrigation traditionnel les Foggaras