

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 :

**ETUDE DES TECHNIQUES TRADITIONNELLES
D'IRRIGATION DANS LA REGION DE TIMIMOUN.**

(Gourara)

Présentés et soutenus publiquement par :
MOUMENI ABDNNOUR

JURY :

-Président : M^r BOCHENTOUF KHALED, Maitre- conférence B

-Promoteur : M^r ZERARKE Abdelkader, Maitre-conférence A

-Examineur : M^r SABBOUA Toufik, Maitre assistant B

Année universitaire : 2017-2018

Dédicace

Après la réconciliation de Dieu et de faire un grand effort, je veux dédier ce travail à:

-Ma chère mère, qui a inculqué l'amour de Dieu dans mon cœur, m'a soutenu dans ma vie

-A mon cher père, qui m'a accompagné toute ma vie."

- A mes frères: Mohammed ,El Hassan,

Abdel Karim.

- A ma sœur: Zainab.

- A toute ma famille aimable.

- A tous mes amis et proches.

- A tous les amis de l'Université Ibn Khaldoun.

- À tous les professeurs et étudiants en géologie

Abdnour Moumeni

Remerciements

Avant tout propos :

je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné sagesse et santé afin de faire ce modeste travail.

Je tiens à remercier en premier lieu monsieur : ZERARKA . d'avoir accepté d'encadrer ce mémoire.

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

Je voudrais remercier mes amis qui m'ont soutenu en particulier , Abdel Majid et Boudjema.

Toute Ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien

En particulier les managers et ingénieurs des organisations suivantes:

-L'ANRH d' Adrar

-ONM :de Timimoun

-Observatoire des Foggaras de la wilaya d' Adrar

Je remercie également tous mes professeurs qui m'ont appris

surtout les professeurs de l'hydrogéologie et de

l'environnement.

A tous merci

Abdnnour Moumeni.

ACRONYMES

ACRONYMES :

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

C.T : Complexe Terminal ;

C.I : Continental Intercalaire ;

ETR :Évapotranspiration Réelle.

ONM :office national de météo

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel

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

TP : Température annuelle en(C°)

ETP : Evapotranspiration potentiel (mm)

Pr : Précipitation annuelle (mm)

ETR : Evapotranspiration réelle. (Mm)

Hr : humidité relative

UNESCO: United Nation Education Science Culture and Organization.

GLOSSAIRE

GLOSSAIRE :

Adrar : mot d'origine berbère, désigne la montagne ou un ensemble montagneux du Sahara.

Gourara : Région de Timimoun entre Aougrou et Zaouiet Debagh.

Touat : Région d'Adrar entre Tsabit et Reggane.

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

Erg : Dune de sable.

Reg : Surface plane couverte de sable et gravier.

Hamada : Plateau rocheux.

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

Afrague : Le brise vent c'est un enchaînement des feuilles du palmier se trouve au milieu du jardin.

Ennfad : galerie drainant, reliant la ligne des puits,

Hassi : puits, visible en surface par les tas de déblais qui le jalonnent.

Aghessro : la partie recouverte de dalles de grès lorsque la galerie émerge à l'air libre

Medjra : quand elle sort de la protection des dalles de grès.

Kasria : La pierre plate percée d'arches calibrée qui commande la répartition de l'eau.

Séguias : petits canaux à la sortie du répartiteur, ou l'eau est conduite dans les parcelles

Madjen : bassin très plat en argile compactée dont la capacité en gros équivalente au volume d'eau délivré en 24 heures.

: carrés de culture d'environ 6m²

Chegfa : Outil de mesure du débit de la foggara.

Khamas : Métayer, Qui reçoit le cinquième de la récolte.

Nouba : Débit reçu dans un intervalle de temps.

Habba : Unité de mesure d'eau qui vaut dans la plupart des oasis d'Adrar.

Kirat : Unité de mesure qu'équivalent au 1/24 de Habba.

Kial el-ma : Le mesureur de l'eau; l'opération se fait au moyen d'une planche percée des trous calibrés. Autrefois, on employait une plaque ou forme cylindrique de cuivre trouée.

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

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

Kébira : La Grande

Oued : Cours d'eau.

Sebkha : Dépression salée ou gypseuse.

Seghéria : La Petite

LISTE DES TABLEAUX :

N°	Titre des tableaux	Page
Tableau 01	Caractéristiques de la station Hydro climatique de Timimoun.	13
Tableau 02	variation moyenne mensuelle du température à la station de Timimoun	14
Tableau03	La variation de la température annuelle à la station de Timimoun	14
Tableau04	Variations interannuelles des précipitations	15
Tableau 05	Variations moyennes mensuelles des précipitations	16
Tableau06	les précipitations et température annuelles	17
Tableau07	présente la vitesse des vents dans la station de timimoun.	17
Tableau.08	le humidité moyenne mensuelles(2006-2017)	18
Tableau9	les résultats des calcules de bilan hydrique de la région d'étude d'après	23
Tableau 10	les unités de mesure du débit (sous multiples de Habba).	43
Tableau 11	les unités de mesure du débit (sous multiples de kirat).	43

Liste des figures

N°	Titre de figure	page
Figure 01	Carte de situation géographique de la zone d'étude (HASSANI-2013)	3
Figure02	Extrait de la Carte géologique de Timimoun (Modifié2018)	8
Figure03	Les coupes géologiques de la région de Timimoun (Gourara)	9
Figure04	variation moyenne mensuelle de la température à la station de Timimoun	14
Figure 05	La variation de la température annuelle à la station de Timimoun	15
Figure06	Variations moyennes interannuelles des précipitations	15
Figure 07	Les moyennes mensuelles des précipitations.	16
Figure08	Diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région Timimoun.	17
Figure09	La variation de la vitesse du vent	18
Figure 10	les moyennes mensuelles d'humidité relative de l'air (H %)	18
Figure 11	Abaque de l'Indice d'aridité annuel De MARTONE.	20
Figure 12	Position de la région de Timimoun dans le diagramme d'Emberger.	21
Figure13	Carte des épaisseurs du CI (OSS, 2003)	26
Figure 14	Situation des formations du SASS dans le Sahara septentrional (OSS, 2003)	27
Figure 15	Coupe hydrogéologique (AB) à travers le Sahara (UNESCO, 1972).	29
Figure16	Carte piézométrique de référence du "CI" source (OSS, 2003).	30
Figure 17	Carte piézométrique de la région de Timimoun.	31
Figure 18	(a ; b ;c ;d ;e) : Les éléments de captage de la Foggara	37
Figure 19	la distribution des eaux de foggara	38
Figure20	Schéma expliquant le Système de la répartition de l'eau de foggara par la <i>Kasria</i>	40
Figure 21.	Schéma expliquant l'évolution des foggaras	45

TABLE DE MATIERE :

	page
Dédicaces	
Remerciements	
Acronymes	
Glossaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I. Contexte général	2
I.1 Cadre géographique	2
I.1.1 Cadre géographique générale	2
I.1.2 Cadre géographique de la région d'étude	4
I.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE	4
I.2.1. différentes caractéristiques géomorphologiques	4
I .2.1.a- la plaine	4
I .2.1. b - la dépression	4
I .2.1.c - les sebkhas	4
I .2.1.d - les ergs	4
I .2.1.e - Le Reg	5
I .2.1.g - Les terrasses d'apport éolien	5
CONCLUSION	5
Chapitre II : GEOLOGIE	6
INTRODUCTION	7
II .1. La géologie Locale	7
II .3. La Litho stratigraphique de la zone d'étude	8
II.3.1. Précambrien	8
II .3. 2.Paléozoïque	8
II .3.2.a-Cambrien	8

II .3.2. b-Ordovicien	8
II .3.2. c-Silurien	9
II .3.2. d-Dévonien	9
II .3.3. Carbonifère	9
II .3.4. Mésozoïque	9
II .3.4. a_ Lias	10
II .3.4.b _ Le Crétacé inférieur (continental intercalaire)	10
II .3.4. c- Le Crétacé supérieur (Crétacé marin)	10
II.3.5.Le Cénozoïque	10
II .3.5.1-Néogène	10
II .3.5.2- Le Plio –Villafranchien	11
II .3.6-Le Quaternaire	11
II .3.6.a- Les formations Quaternaires anciennes	11
II .3.6.b- Les formations Quaternaires actuelles récentes	11
II .3.7.Tectonique	11
CONCLUSION	11
CHAPITRE III-HYDRO Climatologique	
INTRODUCTION	13
III .1_ Station de référence	13
III.2. Température	13
III.2.1.Température moyenne mensuelle	14
III.2. 2. Température annuelle	14
III .3. LES PRECIPITATIONS	15
III.3.1 Variations interannuelles des précipitations	15
III.3.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations	16
III.4. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	17
III.5. LE VENT	17

III.6. HUMIDITE RELATIVE DE L’AIR	18
III.7. L’ENSOLEILLEMENT	19
III.8. DETERMINATION DES INDICES CLIMATIQUES	19
III.8.1 Indice d’aridité de Martonne	19
III.8.2. Climagramme d’Emberger	20
III.9. ÉVAPOTRANSPIRATION :	21
III.9.1. Estimation de l’ETP (l’évapotranspiration potentielle)	21
III.9.1.1. D'après la formule de Thornthwaite	22
III.10. Bilan hydrique	22
CONCLUSION	23
Chapitre IV Hydrogéologie	
Introduction	25
IV. 2. Système Aquifère du Sahara Septentrional	26
IV. 2.1. Formation du Continental Intercalaire	26
IV. 2. .2. Formation du Complexe Terminal (CT)	27
IV.3 .Cadre Hydrogéologique du Continentale intercalaire(CI)	27
IV.4 La Nappe Du Continental Intercalaire Dans La Région Gourara	28
IV.5. Constitution du Continental Intercalaire	28
IV.6. L’alimentation Du Continental Intercalaire (CI)	29
IV.7. Direction d’écoulement du (CI)	29
IV.7. Caractéristiques des eaux	30
IV.8. Les exutoires du Continental Intercalaire (CI)	30
IV.9. la carte Piézométrie	31
IV.9.1. Interprétation	31
IV.9.2. Le gradient hydraulique	32
IV.9.3 Mode d’alimentation	33

Conclusion	33
Chapitre V :Les TECHNIQUES TRADITIONNELLES D'IRRIGATION - (foggara)	
INTRODUCTION	35
V.2. Définition, origine du nom de foggara	35
V.3. DIFFERENTS TYPES DE FOGGARAS	36
V.3.1. Foggaras du Continental Intercalaire	36
V.3.2. Foggara du Tertiaire Continental et de la Dalle Calcaire	36
V.3.3. Foggaras des alluvions quaternaires	36
V.4. LES ELEMENTS D'UNE FOGGARA	36
1. Le captage	36
a) Les Puits « Hassi »	36
b) Galerie	36
c) L'Aghisrou	37
d) Canal Principal « Majra »	37
2. la distribution	38
V.5 .Avantages et inconvénients des foggaras	39
V.5 .1. Les Avantages	39
V.5 .2. Les inconvénients	39
V.6 .Relation entre l'oasis et la foggara	39
V.7. LA REPARTITION DES EAUX DE FOGGARA	40
V.8. Exploitation des eaux de la foggara	41
V.9. Description et fonctionnement de la foggara	41
V.10. Les facteurs influençant sur le fonctionnement de la foggara	41
a-La pente	41
b. La forme de la galerie	41
c. Le rabattement	42

V.11. TECHNIQUES ET ORGANISATION DE LA MESURE DES EAUX DE LA FOGGARA	42
V .12.Méthode de mesure	42
V.12.1. Le partage horaire	42
V.12.2. Le partage par débit	42
V.13. Unité de mesure	42
V.14. Méthodes de mesure de la quantité d'eau	44
V.15.Évolution des débits foggara	44
V.16.Facteurs de dégradation de la Foggara	45
V.16.1. Naturels	45
a. La sécheresse	45
b. l'ensablement	45
V.16. 2. Humains	45
a. Le manque d'entretien	45
b. L'influence des forages	46
c. Amélioration des foggaras	46
V.17. LES SOLUTIONS POUR AMELIORER ET SAUVEGARDER LES DEBITS DES FOGGARAS	46
CONCLUSION	46
CONCLUSION GENERALE	48
Référence bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

générale

Introduction générale

Le Sahara algérien est un ensemble de villes ou bien d'oasis, il est caractérisé par un climat hyper aride ,les précipitations sont faibles à négligeables, la température de l'air est très élevée ,l'évaporation dépasse la quantité de précipitations, un taux d'humidité très faible.

La zone de Timimoun ou l'oasis rouge a connu ces dernières années une croissance démographique rapide suivie d'une activité humaine importante couvrant des domaines variés tel que l'agriculture ,l'industrie, l'urbanisation ainsi que le Tourisme, parallèlement avec l'augmentation des besoins en eau .En vue de couvrir ces besoins à croissance incessante, des forage ont été réalisés, s'ajoutant au système de captage traditionnel à savoir la foggara, des centaines de milliers de mètres cubes sont extrait par an de la nappe d'eau souterraine du Continental Intercalaire.

Cette étude a pour objectif de regrouper et exploiter les données des forages réalisés et faire connaissance de quelques problèmes concernant les eaux exploitées en vue de contribuer à la solution en faisant recours à une étude hydro-chimique des eaux de la région ayant comme origine la nappe du Continental Intercalaire (CI).la région de Timimoun se caractérise par des techniques d'irrigation traditionnelles qui s'appuient sur les vertébrés comme facteur clé dans cette méthode traditionnelle ainsi que sur les puits. Cette région permet aux agriculteurs de pratiquer l'irrigation traditionnelle pour répondre à leurs besoins.

Le but de cette étude est :

- Introduction de diverses techniques d'irrigation traditionnelles
- Développement de foggara et résolution de problèmes qui menacent cette technique .

CHAPITRE I
CONTEXTE
GENERAL

I.1 Cadre géographique:

I.1.1 Cadre géographique générale:

En plein cœur du Sahara algérien, la wilaya d'Adrar est située au sud-ouest du pays à plus de 1200 km d'Alger. Elle est située entre les méridiens : 2°E et 6° W, et les parallèles : 20° et 32° Nord. Sa superficie totale est de 427 368 Km², soit environ 18 % de la superficie globale de l'Algérie, près d'un cinquième du territoire national. Issue du dernier découpage administratif de 1974, la wilaya d'Adrar est composée de 11 daïras ; 28 communes et 294 ksars.°

La wilaya est découpée en quatre régions qui sont du Nord au Sud: **Gourara, Touat, Tidikelt et Tanezrouft**. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Bayedh et Ghardaïa ,à l'Ouest par la wilaya de Bechar et Tindouf, à l'Est par la wilaya de Tamanrasset et au Sud par la Mauritanie et le Mali. **(Figure.1)**

La région d'Adrar est subdivisée en trois grands bassins ,bassin de Reggane, l'Ahnet et de Timimoun .C'est dans ce dernier que se situe notre région d'étude.

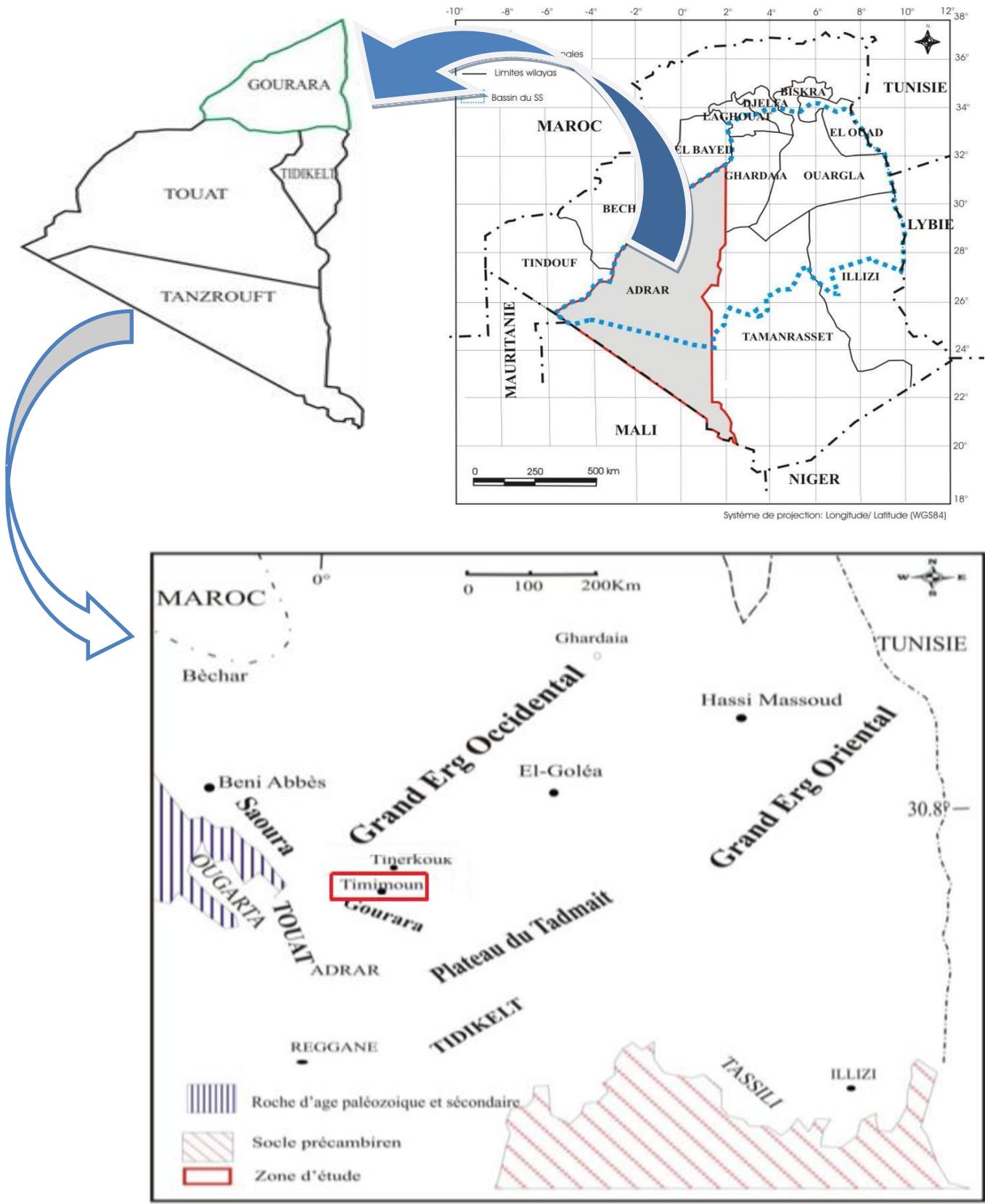


Fig.01 : Carte de situation géographique de la zone d'étude (HASSANI-2013).

I.1.2 Cadre géographique de la région d'étude :

Le territoire de la commune de Timimoun ou Gourara est situé au nord-est de la wilaya d'Adrar. Son chef-lieu est situé à 162 km à vol d'oiseau au nord-est d'Adrar et à 213 km par la route. Elle est bordée à l'Est par la chaîne de l'Ougarta, au S-W par la région de Touat et au Sud par le plateau de Tademaït. Sa limite méridionale est fixée sensiblement vers le parallèle 27°Nord, et correspond d'Ouest vers l'Est aux structures séparant ce bassin de celui de l'Ahnet. La limite septentrionale est arbitrairement fixée au parallèle (30° Nord). La limite naturelle du bassin de Timimoun est située plus au Nord et au N-W est, respectivement aux abords des voûtes de l'Oued-Namous et de Meharez. L'étendue de ce bassin est de l'ordre de 20.000 km².

I .2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE :

La région d'étude est caractérisée par un relief saharien qui se caractérise par d'immenses zones sableuses, les ergs, couvertes de dunes en forme de croissant, des établissements caillouteux, les plateaux, les Hamada, les Sebkha. Toutes ces formes ont été modelées au cours du Quaternaire ancien à l'actuel, suite aux phénomènes d'érosion intensives auxquelles la région était soumise.

I.2.1. différentes caractéristiques géomorphologiques:

I .2.1.a- la plaine

C'est une vaste plaine (plateau), limitée vers l'Est par le plateau de Tademaït et vers l'Ouest par la dépression de Gourara et se caractérise par une altitude maximale de l'ordre de 300m au pied du plateau de Tademaït, une pente faible de l'ordre de 0.1% à 0.2% et un pendage vers le Sud- Ouest et l'Ouest.

I .2.1. b - la dépression

La dépression se trouve le long de l'extrémité Ouest de la plaine et se caractérise par une largeur moyenne de l'ordre de 5 Km à 10 km, par exemple la dépression de Gourara.

I .2.1.c - les sebkhas

Les sebkhas sont des successions de petites sebkhas, généralement non communicantes, qui marquent la limite occidentale de la dépression et constitue l'exutoire naturel des eaux de la nappe aquifère.

Exemple : sebkha de Tinerkouk.

I .2.1.d - les ergs

Toutes les nuances existent entre le simple voile sableux et les dunes massives constituées en ergs. L'erg Chech est la forme d'accumulation sableuse la plus massive à l'ouest de la région.

Les autres ergs abritent une végétation éphémère, ces ergs sont formés artificiellement par des obstacles (*affrègue*) contre la progression du sable.

I.2.1.e - Le Reg

C'est des grandes superficies plates composée de rocaille et gravier en général. Il est d'âge quaternaire, on peut trouver des sables d'âge Crétacé inférieur.

I.2.1.f 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.2.1.g - Les terrasses d'apport éolien

D'après la nature des roches et la force la vitesse du vent (agent érosif), les terrasses sont classées selon leur importance. Dans la région de Timimoun elles se sont formées au cours du Quaternaire.

CONCLUSION :

Le territoire de la commune de Timimoun se situe au nord-est de la wilaya d'Adrar. Son chef-lieu est situé à 162 km à oiseau au nord-est d'Adrar et à 213 km par la route. Timimoun est située à l'ouest du plateau de Tademaït. La ville domine la Sebkha qui est l'ancien site de ce qui fut autrefois tantôt un fleuve, tantôt une étendue lacustre. Ce bassin a reçu par phases successives de nombreux sédiments et est riche en fossiles et en hydrocarbures.

Timimoun est entourée d'un ensemble d'oasis qui bordent le Grand Erg Occidental. Ces oasis sont regroupées dans des sous-régions : il s'agit de Tinerkouk, Swani, Tagouzi, Aougrout, Deldoul. Le paysage est le même que les autres oasis du Gourara : un village qui surplombe la palmeraie et qui ouvre sur le bassin sédimentaire de la Sebkha, offrant un magnifique panorama sur la partie méridionale du Grand Erg Occidental.

**Chapitre II :
GEOLOGIE**

INTRODUCTION :

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.

L'histoire géologique de l'Algérie s'inscrit dans une longue évolution géodynamique. Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentation depuis le Précambrien. La géologie de la partie septentrionale de l'Algérie est marquée par l'empreinte de l'orogénèse alpine (domaines tellien et atlasique). Le linéament majeur du pays correspond à la flexure sud atlasique qui sépare l'Algérie alpine au Nord de la plate-forme saharienne au Sud, constituée pour l'essentiel de terrains du Précambrien et du Paléozoïque. Cette plate-forme a peu évolué depuis la fin du Paléozoïque et correspond à un domaine cratonique relativement stable (FABRE, 1976 et RIES, 2003).

Le but de l'étude géologique c'est la détermination de la lithologie de l'aquifère du continental intercalaire (CI) dans la région d'étude. (**HIDAOUI .2014**)

II .1. La géologie Locale :

Dans la région de Timimoun la série paléozoïque repose en discordance sur un socle Protérozoïque (Conrad, 1984). Elle est surmontée par des dépôts Mésozoïque et Cénozoïque (Hammada et Erg) ; et est représentée au point de vue lithologique, la série sédimentaire du paléozoïque dans le bassin de Timimoun est présentée par d'épaisses séries caractérisées par d'importantes variations d'épaisseurs et de faciès.

Au cours du carbonifère inférieur, le bassin de Timimoun enregistre une transgression marine (Conrad, Pareyn et Weyant, 1970), suivie par une régression au "carbonifère moyen" (Metchnikoff, 1935-1949). Le Tournaisien est essentiellement argilo-gréseux et parfois intercalé par des passées calcaires fossilifères. Ce dernier est marqué par une formation dénommée la formation des " Grès supérieurs de Kahla " . Le Viséen montre une sédimentation argileuse carbonatée à quelques bancs de grès et de silts. (**Voir la carte géologique Fig.02**)

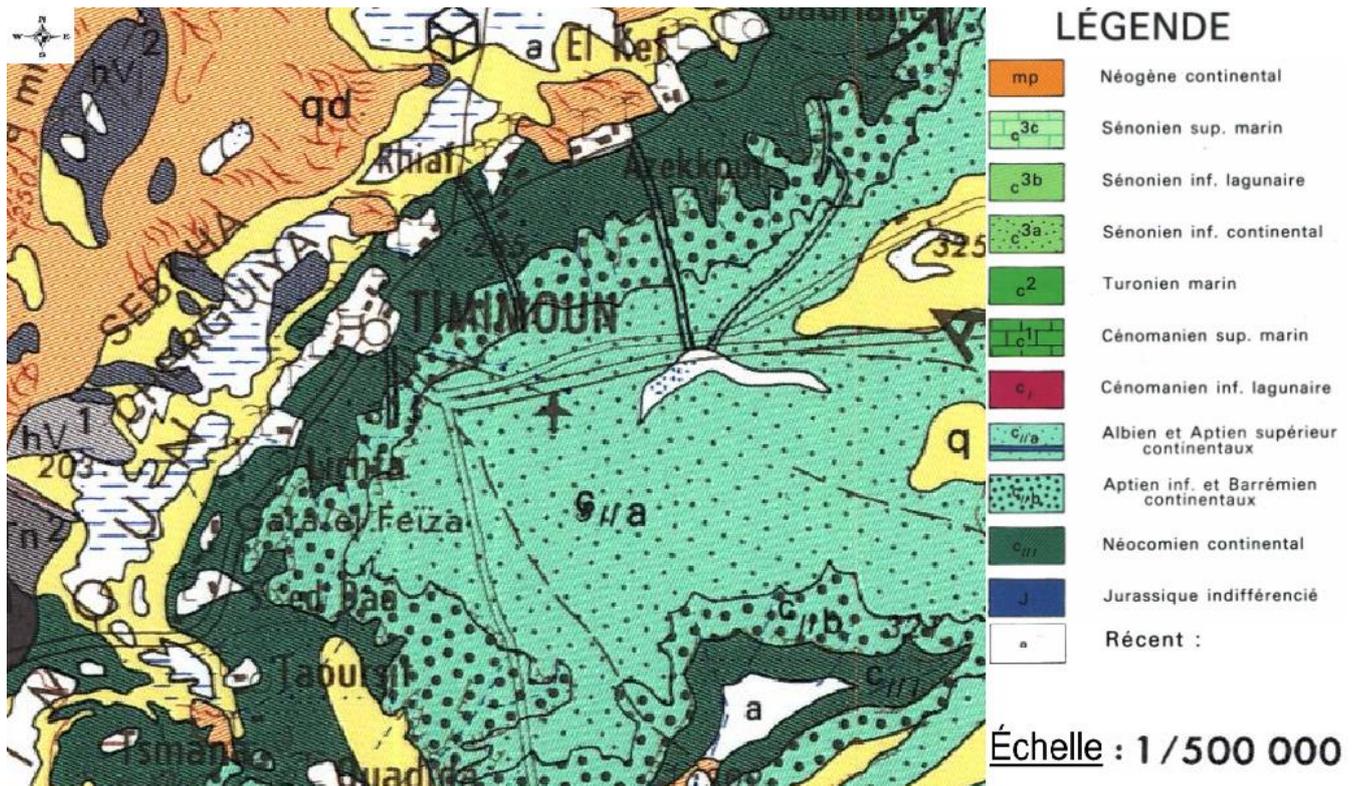


Fig.02 :Extrait de la Carte géologique de Timimoun (Modifié2018)

II .2. La Litho stratigraphique de la zone d'étude :

II.2.1. Précambrien :

Elle consiste en une chaîne verte constituée de gypse et de gravier alternés, qui n'est pas anormalement recouverte de formations volcaniques sédimentaires, où elle est recouverte de gravier granitique, de quartz et de grès quartzite.

II .2. 2.Paléozoïque :

Il est caractérisé par un substratum imperméable. Il consiste une puissante assiste terrigène formant la marge méridionale du Gourara. on distingue :

II .2.2.a-Cambrien :

Il correspond aux dépôts qui sont placés au-dessus de la base cristalline, ces dépôts sont parfois grossiers, moyens à fins .(quartzites, grès,..... etc.) L'épaisseur sa varie d'une région à l'autre.

II. 2.2. b-Ordovicien :

Les formes ordoviciennes se trouvent dans les dépressions d'oued Mya et Timimoun. Ils sont généralement faits de grès .Son épaisseur est d'environ 1900 m.

II .2.2. c-Silurien : Cette période est constituée d'un groupe de sédiments constitué de gisements terrigènes qui sont représentés par des Argiles noirs à Graptolites. cette période est relativement courte.

II .2.2. d-Dévonien : Dévonien se compose de trois couches principales :

Dévonien inférieur : Il est composé de grès et de quelques formations calcaires situées dans la région de Gourara.

Dévonien moyen : Ils sont faits de calcaire et parfois d'une très fine couche de récifs et de quelques couches d'argile. **Dévonien supérieur :** Il est caractérisé par la présence de grès, d'argile et d'algues.

II .2.3. Carbonifère : Le carbonifère correspond au cycle sédimentaire paléozoïque, Ces dépôts proviennent de sédiments marins, formés de résidus d'argile et de grès.

II .2.4. Mésozoïque : Il couvre toute la zone de Gourara. Ce sont des séries de sédiments placés sur une surface élaborée par l'érosion . Les premiers dépôts sont soit du Lias(dépressions de Timimoun) soit du Jurassique.(voir coupe géologique Fig.03).

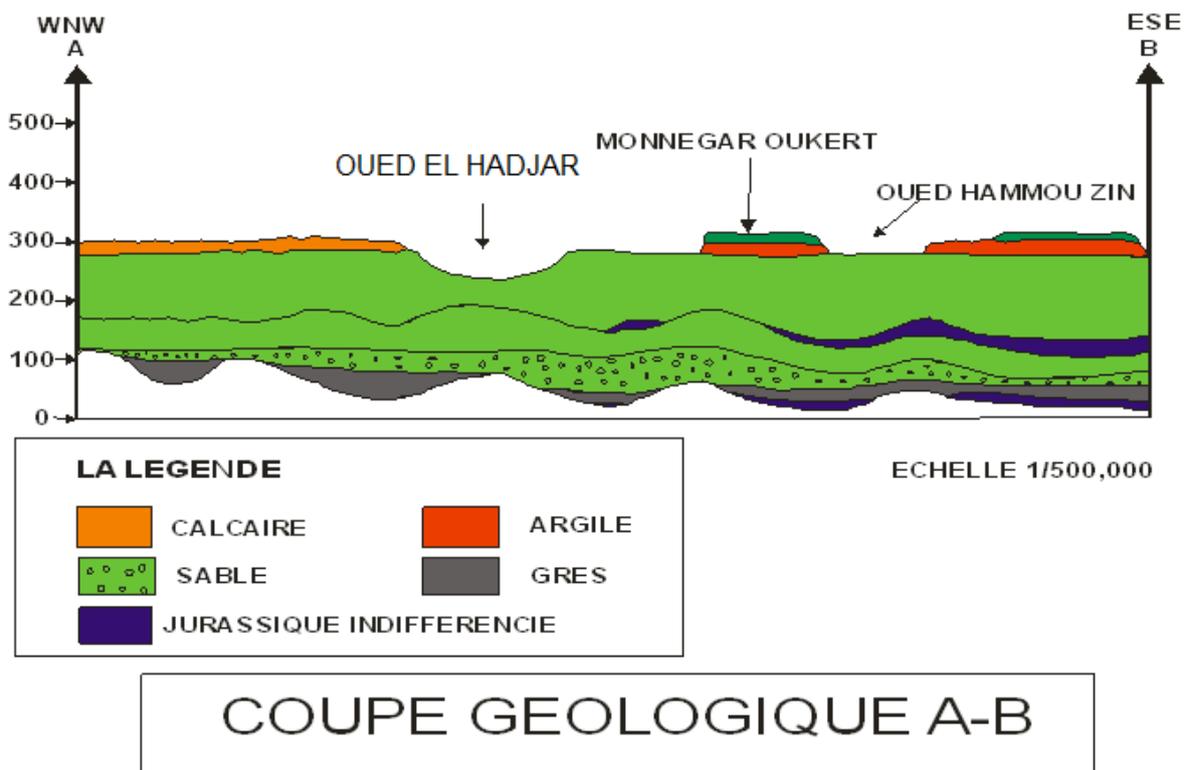


Fig.03 la coupe geologique A-B de la région de Timimoun

II .2.4. a_ Lias :

Il n'est jamais rencontré dans le Gourara, mais au Nord de la région de Timimoun, les terrains Paléozoïques sont surmontés et recoupés par des dykes et sillons de dolomites attribués à cet étage.

II .2.4.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 Stéphanie. Le continental intercalaire recouvre en discordant. La zone de continental intercalaire est divisée en quatre horizons fixes: Dans la base, l'unité *A*, de 25 à 3003 mètres d'argile rouge, de grès rose, et Grès blanc, rouge se croisant, lentille de gravier et quartz (poissons et reptiles à Timimoun.)

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.

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 .2.4. c- Le Crétacé supérieur (Crétacé marin) : Il représente les dernières grandes transgressions marines. Il recouvre la partie orientale de la région d'étude. Il est constitué généralement par :

une double dalle calcaire dure surmontant des argiles et des grès rouges, de calcaires plus ou moins dolomitiques parfois pétris de coquilles marines.

II.2.5. Le Cénozoïque :

II .2.5.1- Néogène : Il est représenté dans la bordure orientale de l'Erg, la Hamada de Timimoun, emboîtée dans le Continental Intercalaire, Il est constitué d'une base calcaréo-dolomitique, argileuse, gréseuse, coiffée par une dalle calcaire dolomitique massive et fortement silicifiée.

II .2.5.2- Le Plio –Villafranchien :

En suivant la piste Meyendorff, sur le point paléozoïque d'El-Ahmar, au Sud-Ouest duquel on retrouve le faciès également lacustre matérialisé par des argilites vertes, à poissons et forme la base du Plio-Villafranchien. Des filonnets de gypse, vraisemblablement d'origine secondaire, se trouvent dans ces argilites. **.(HIDAOUI.2014).**

II .2.6-Le Quaternaire :

Les formations Quaternaires subdivisées en deux :

II .2.6.a- Les formations Quaternaires anciennes : sont constitués par les dunes de grand Erg, et des dépôts gypso-salin des Sebkhas.

II .2.6.b- Les formations Quaternaires actuelles récentes : sont constitués par des dépôts éoliens, Colloviaux, et éoalluiaux, des Oueds des Sebkha et des dayas et des terres cultivées.

La stratigraphie du Quaternaire représentée par une succession des formations Villafranchiennes reposant sur le banc de calcaire gréseux.

Ces formations détritiques, sableuses, peuvent être entaillées par d' anciens chenaux, fluviales à galets de petites dimensions mais bien roulés qui représentent l'équivalent de la haute terrasse du Pléistocène ancien.

II .2.7.Tectonique :

la région de Timimoun est située entre deux systèmes d' anticlinaux dominée par trois directions majeures.

1- Le premier système septentrionale appelé l' anticlinale de Timimoun est orienté Est-Ouest, avec deux directions d' accidents NW-SE et NNW-SSE.

2- Le second système méridional dit l' anticlinal Gara El Kahla orientée NE-SW, avec des fracturations de direction NNE à NE-SO.(HASSANI-2013).

CONCLUSION :

Cette étude nous a permis d'évaluer et de confirmer les composants des couches hydrogéologique de la zone d'étude .Ce qui nous a permis de connaître les formations du Crétacé inférieur Intercontinental, qui se compose principalement de roches, d'argile, de grès et de gravier dans des proportions différentes, et a également confirmé cette étude , Cette étude a également confirmé que l'épaisseur de la nappe du Continental Intercalaire est de l'ordre 200 à 300 m au maximum dans la région d'étude et que cette zone représente la limite Sud Ouest de la nappe du Continental Intercalaire.

CHAPITRE III-
HYDRO Climatologique

INTRODUCTION :

La région est caractérisée par deux types de climat: climat semi-désertique et climat désertique où la température atteint 65 degrés en été et en hiver jusqu'à zéro. La proportion des précipitations dans la région est faible ou presque inexistante, mais cette pluie est particulièrement importante pour étudier l'hydrogéologie et surtout Bilan hydraulique des eaux souterraines Ce climat aide les habitants de la région à pratiquer leur activité agricole, en particulier la culture de la palme.

III .1_ Station de référence.

La station la plus représentative de notre zone d'étude est la station de Timimoun qui est la plus proche. La synthèse climatique a été faite sur une durée de 12ans (2006- 2017), pour tous les paramètres climatiques (température, humidité, précipitation, insolation, vitesse du vent, évaporation et évapotranspiration).

Station du Timimoun	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Caractéristiques	000-17^E	29-15N	312m

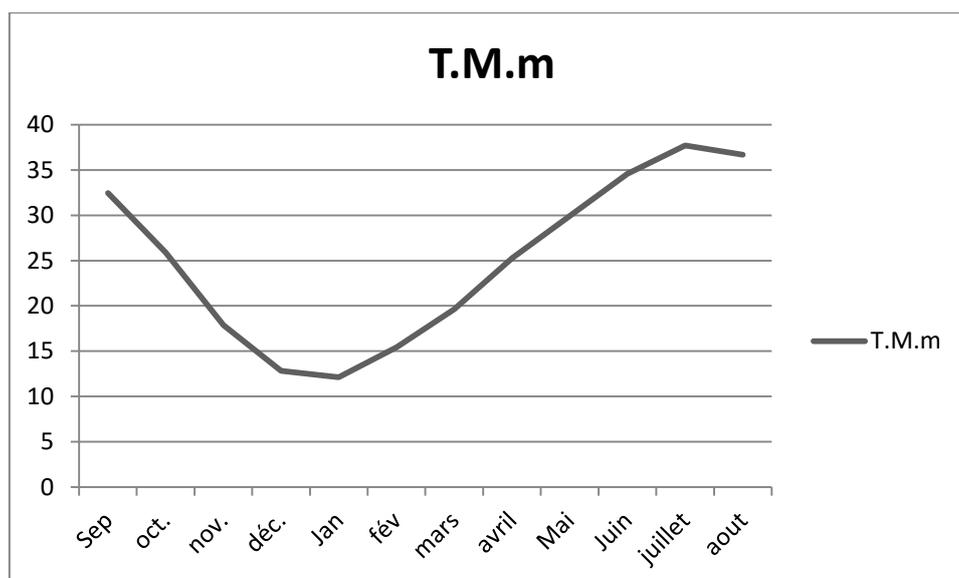
Tableau N° 01 : Caractéristiques de la station Hydro climatique de Timimoun.

III.2. Température :

La température est un facteur fondamental, elle varie généralement en fonction de l'altitude et L'éloignement par rapport à la mer. Ce facteur devient plus important quand il est en interaction avec d'autres facteurs climatiques.

III.2.1. Température moyenne mensuelle :**Tableau 2 :** variation moyenne mensuelle du température à la station de Timimoun (2006-2017)

Mois	Sep	oct.	nov.	déc.	Jan	fév	mars	avril	Mai	Juin	juillet	aout
T.M.m	32,45	25,90	17,87	12,83	12,14	15,43	19,62	25,25	29,91	34,58	37,71	36,69

**Figure4:** variation moyenne mensuelle du température à la station de Timimoun(2006-2017)

Le climat de la région de Gourara est caractérisé par deux saisons :

- Une saison froide s'étend d'octobre à mai, où c'est la période la plus froide.
- La deuxième saison est une saison chaude avec une température élevée, surtout pendant la journée. Cette saison s'étend de juin à septembre

III.2. 2. Température annuelle :

Le tableau suivant(Tab. 3)regroupe les températures annuelles de la région de Gourara en °C, pour une période de 12 ans, allant de 2006 à 2017:

années	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
T.an	25,1	24,9	24,8	24,7	26	24,7	24,5	24,8	25,6	25,1	25,7	25,2

Tableau 3 : La variation de la température annuelle à la station de Timimoun (2006 à 2017).

Le tableau 3 montre que l'analyse des données de la température annuelle pour un climat aride au niveau de la zone d'étude n'a pas une grande signification, alors que les plus intéressantes sont les températures annuelles et selon les données de tableau l'année la plus froide est 2012 et la plus chaude est 2010.

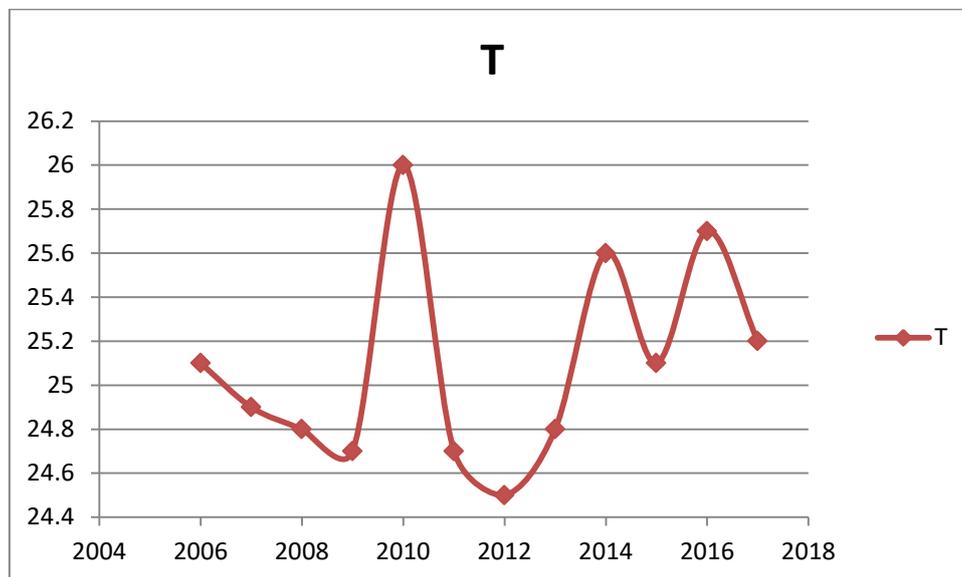


Figure 5 : La variation de la température annuelle à la station de Timimoun (2006 à 2017).

III .3. LES PRECIPITATIONS :

III.3.1 Variations interannuelles des précipitations :

Après avoir analysé les données de le(Tableau 4) et le (figure 6), nous avons remarqué que la Variations interannuelles des précipitations Augmentation en 2008 à une valeur maximale de 33,02 mm. La pluviométrie moyenne est estimée à 16.11.

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moy
Pp	19.56	0	33,02	23,37	24,65	0	18,29	27,18	11,43	4,06	10,67	21.08	16.11

Tableau4 : Variations interannuelles des précipitations

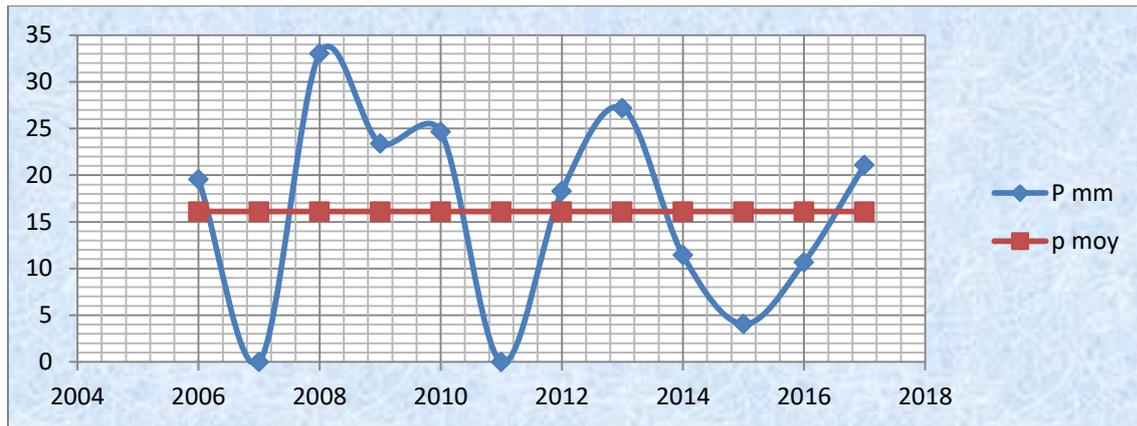


Figure 6: Variations moyen interannuelles des précipitations

III.3.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations

Mois	sep	oct	nov	dés	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
P mm	4,80	3,90	0,50	1,40	1,40	0,30	1,20	0,50	1,50	0,00	0,30	0,30

Tableau 5 Variations moyennes mensuelles des précipitations

L'analyse du(tableau5)et le(Figure 7) montre que les précipitations au cours de la période (2006-2017) que la valeur des précipitations augmente à un maximum en Septembre, où la proportion d'environ 4.80 mm de haut, tandis que le mois de Juin est le plus sec.

Le graphique ci-dessous montre ces analyses.

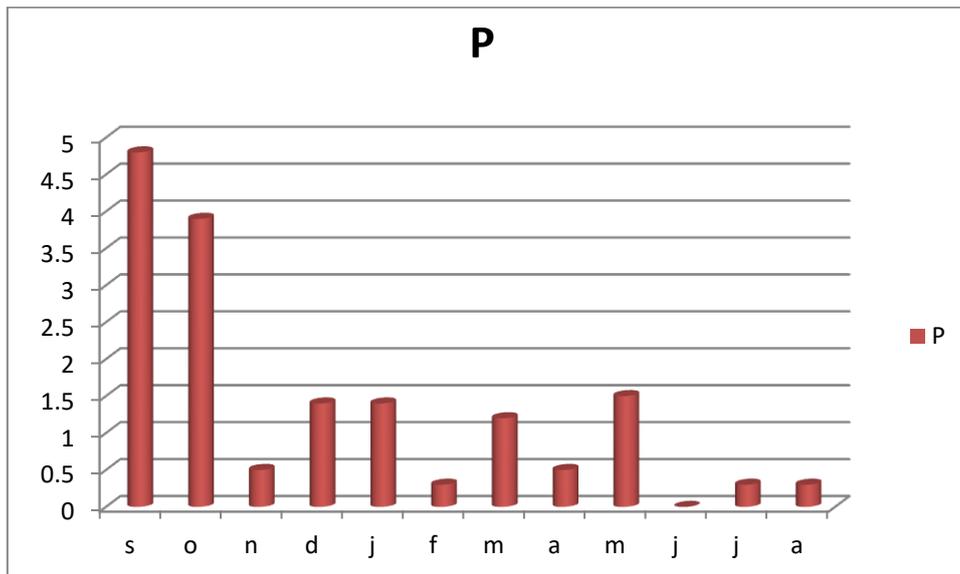


Figure 7. Les moyennes mensuelles des précipitations.

III.4. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN:

Un mois sec est défini, selon Bagnouls et Gaussen (1953, 1957) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T$). Ainsi, on constate que la saison sèche s'étale sur plusieurs mois consécutifs. Le diagramme de Gaussen (figure 7) permet de mettre en évidence une saison sèche qui s'étale sur tous les mois de l'année. Donc le bilan hydrologique dans notre région d'étude est déficitaire durant toute l'année.(HIDAOUI AHLAM-2014).

Mois	sep	oct	nov	dés	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
P mm	4,80	3,90	0,50	1,40	1,40	0,30	1,20	0,50	1,50	0,00	0,30	0,30
T Moy menseuel	32,45	25,90	17,87	12,83	12,14	15,43	19,62	25,25	29,91	34,58	37,71	36,69

Tableau6 les précipitations et température annuelles

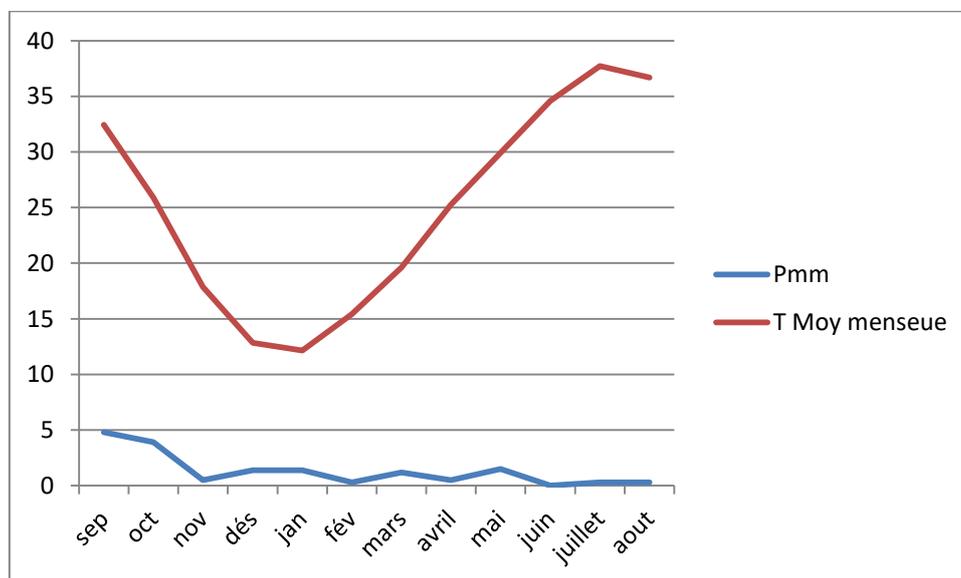


Figure8 : Diagramme ombro-thermique de GAUSSEN de la région Timimoun.

À travers la(table6)et le(Figure8) nous remarquons que la région de Gourara caractérisée par une saison sèche et notez que la proportion de précipitations est faible par rapport à la température.

III.5. LE VENT :

c'est un Déplacez ou déplacez les masses d'air dans le sens horizontal et déplacez le vent. La région de Gourara est l'une des régions sujettes aux vents forts ou aux tempêtes de sable. Le(tableau 07 et la Figure 9) représente les moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistré durant la période 2006 à 2017.

Mois	sep	oct	nov	dés	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
V km/h	14,35	13,89	12,83	14,57	14,03	16,02	16,56	17,88	19,06	15,97	14,4	14,48

Tableau07. présente la vitesse des vents dans la station de timimoun.

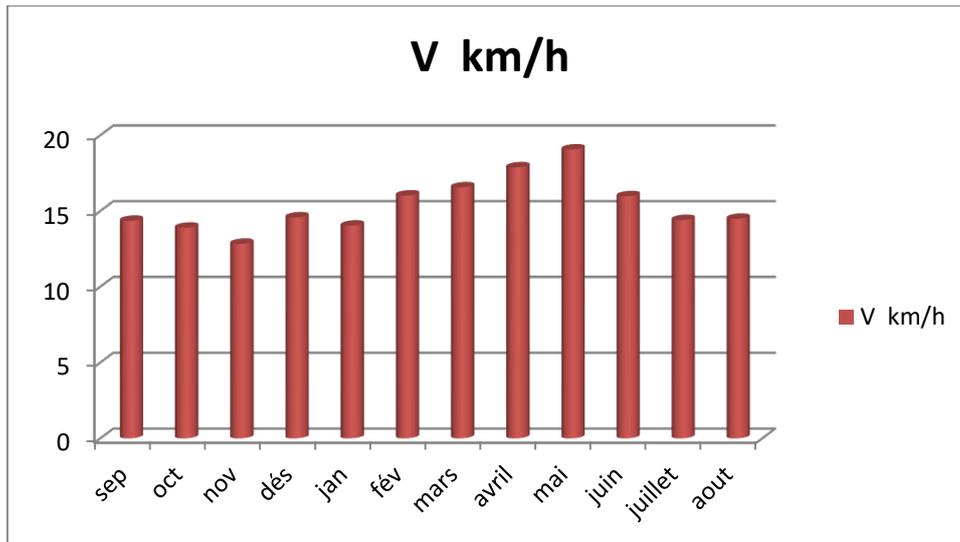


Figure9 : La variation de la vitesse du vent

À travers le tableau et le , nous notons que la vitesse du vent est relativement différente d'un mois à l'autre. En mars, la vitesse du vent est très forte par rapport aux autres mois.

III.6. HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR :

Est la quantité de vapeur d'eau . L'humidité varie en fonction de la température et de la pression de l'air, dans la région de Gourara humidité moyenne mensuelles dépasse 40,67%.

mois	sep	oct	nov	dés	jan	fév	mars	avril	mai	juin	Juillet	aout
H%	22,07	26,97	33,43	40,67	36,69	27,43	23,23	20,66	18,14	14,53	12,88	14,27

Tableau.08 le humidité moyenne mensuelles(2006-2017)

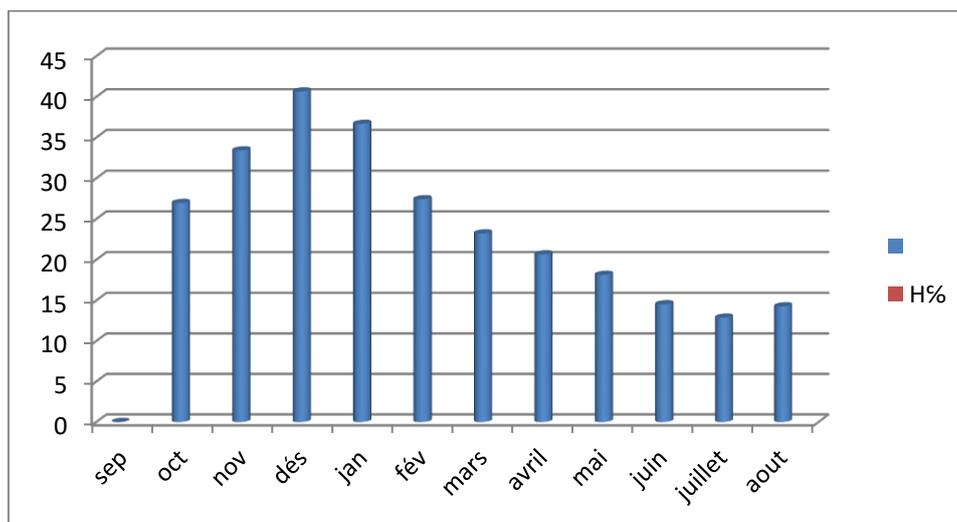


Figure 10: les moyennes mensuelles d'humidité relative de l'air (H %)

Dans la région de Timimoun, on peut voir sur le graphique que l'humidité annuelle moyenne dépasse 40,67% en décembre et tombe à la plus faible valeur de 12,88% au mois de juillet.

III.7. L'ENSOLEILLEMENT :

Globalement L'insolation journalière est élevée Elle influe sur la croissance et le développement des plantes, elle atteint son maximum en juin et son minimum en décembre .

III.8. DETERMINATION DES INDICES CLIMATIQUES

III.8.1 Indice d'aridité de Martonne :

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en (°C), en appliquant la formule suivante :

$$\text{Avec : } I = P / (T^{\circ} + 10)$$

I : Indice d'aridité.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Dans le cas de la station d'Adrar, on a : $I = 16,11 / (25,1 + 10) = 0,46$

Suivant les valeurs de (I), De Martonne a établi la classification suivante :

valeur de I	Type de Climat
$I < 5$	Climat hyper -aride
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré

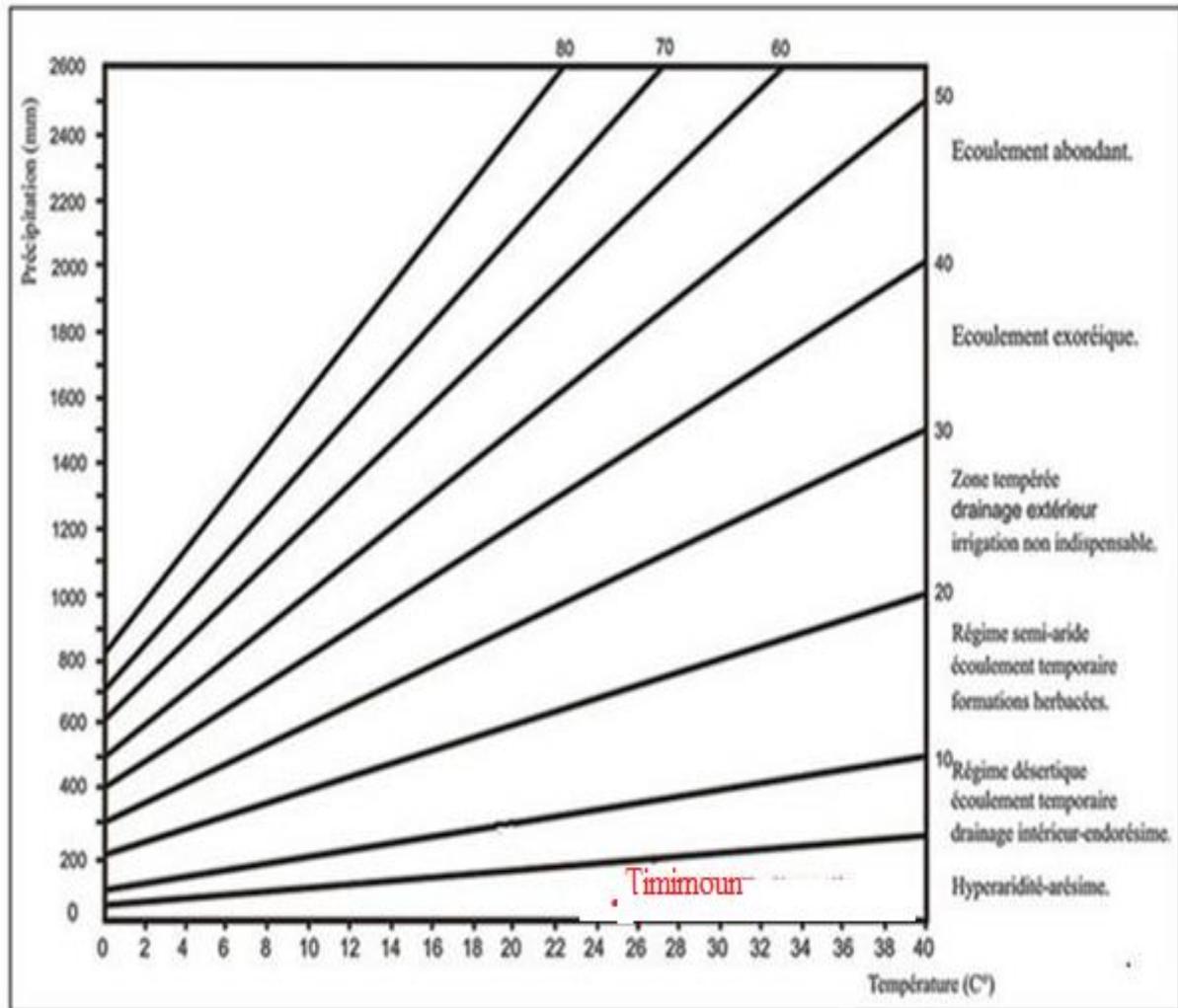


Figure 11 : Abaque de l'Indice d'aridité annuel De MARTONE.

D'après l'indice d'aridité De MARTONE, on peut dire que notre région d'étude se caractérise par un climat hyper aride $I < 5$, Figure 9 montre la position de notre région.

III.8.2. Climagramme d'Emberger :

Cet indice permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone étudiée, 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 : moyenne des minima du mois le plus froid (en degré Kelvin).

-P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

$P = 16.11 \text{ mm}$ $M = 310.71^\circ\text{K}$ $m = 285.14^\circ\text{K}$ Ce qui donne : $Q_2 = 2.11$

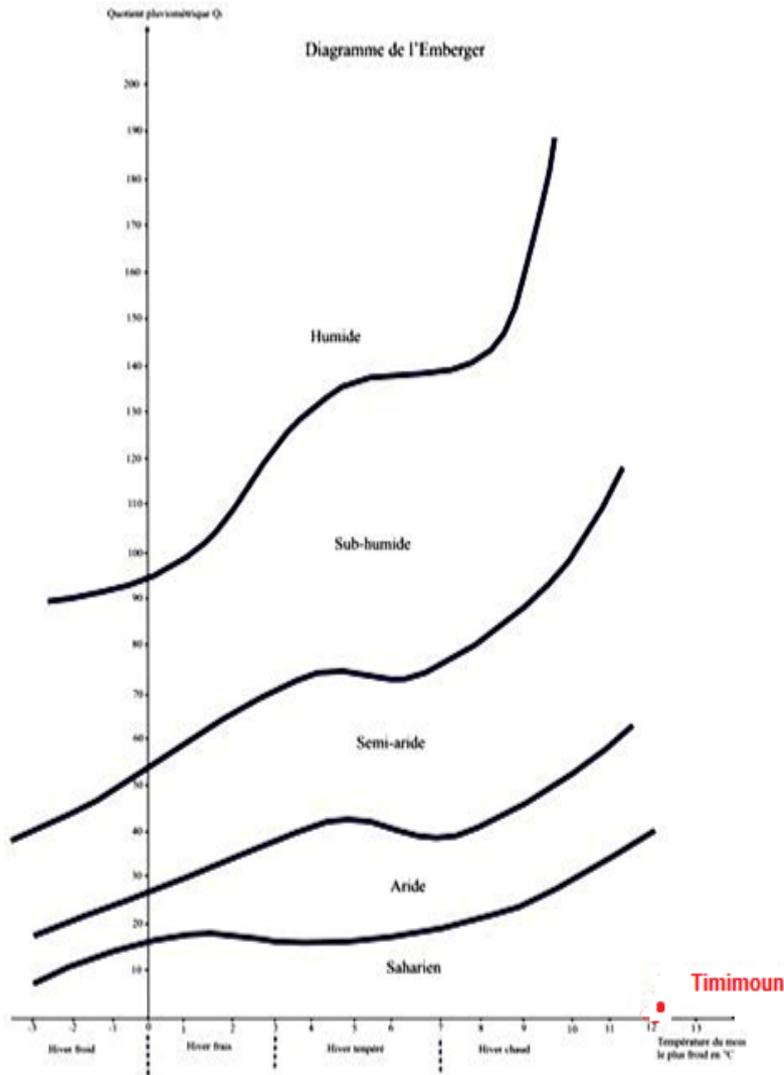


Figure. 12 Position de la région de Timimoun dans le diagramme d'Emberger.

Selon le diagramme pluviométrique d'Emberger (Figure 12), le coefficient d'Emberger égal à 2.11 situe la région de Timimoun dans l'étage bioclimatique saharien.

III.9. ÉVAPOTRANSPIRATION :

III.9.1. Estimation de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

L'ETP est la quantité d'eau qui serait évaporée et/ou transpirée à partir d'une surface, si l'eau disponible à l'évapotranspiration est suffisante. Plusieurs méthodes ont été proposées par différents auteurs afin de calculer l'ETP, à partir de quatre paramètres fondamentaux : la température, déficit d'écoulement, le vent et la durée d'insolation. En tenant compte des données disponibles, on se base sur la méthode de THORNTHWAITE dans le calcul de ce paramètre.

III.9.1.1. D'après la formule de Thornthwaite

Le développement de la formule de Thornthwaite donne la formule suivante :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a * K$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle corrigée en (mm).

T : température moyenne du mois en (°C).

$I = \sum i$ et $i = (t/5)^{1.514}$: indices thermique.

$a = (1.6.I/100) + 0.5$

K : coefficient de correction en fonction de la latitude

III.10. Bilan hydrique:

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU). Le bilan d'eau de THORNTHAITE fait intervenir d'une part l'évapotranspiration potentielle et d'autre part la pluviométrie (P).

Le principe de cette méthode est basé sur 2 cas :

- 1^{ere} cas : si $P > ETP$ \implies L'ETR est égale à l'ETP.

Et l'excédent des précipitations sur l'ETP est stocké dans le sol, il forme l'humidité pour THORNTHAITE, la saturation est atteinte lorsque les réserves superficielles cumulées atteignent la valeur de la réserve utile.

- 2^{eme} cas : si $P < ETP$ \implies dans ce cas il puisera des réserves du sol Jusqu'à ce que l'ETR soit égale à la pluviométrie. Une fois le stock est épuisé $ETR = P$.

Tableau9 les résultats des calculs de bilan hydrique de la région d'étude d'après C.W.THORNTHAITE de période (2006-2017) .

Mois	T(°C)	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	RU	ETPR	Def	Exc
S	32,45	16,97	1,03	198,40	4,8	-193,60	0,00	4,80	193,60	0,00
O	25,9	12,06	0,97	121,46	3,9	-117,56	0,00	3,90	117,56	0,00
N	17,87	6,88	0,86	53,01	0,5	-52,51	0,00	0,50	52,51	0,00
D	12,83	4,16	0,81	26,51	1,4	-25,11	0,00	1,40	25,11	0,00
J	12,14	3,83	0,87	25,62	1,4	-24,22	0,00	1,40	24,22	0,00
F	15,43	5,51	0,85	39,58	0,3	-39,28	0,00	0,30	39,28	0,00
M	19,62	7,92	1,03	75,89	1,2	-74,69	0,00	1,20	74,69	0,00
A	25,25	11,61	1,10	131,22	0,5	-130,72	0,00	0,50	130,72	0,00
M	29,91	15,00	1,21	199,47	1,5	-197,97	0,00	1,50	197,97	0,00
J	34,58	18,69	1,22	265,33	0	-265,33	0,00	0,00	265,33	0,00
J	37,71	21,31	1,24	318,22	0,3	-317,92	0,00	0,30	317,92	0,00
A	36,69	20,44	1,16	282,50	0,3	-282,20	0,00	0,30	282,20	0,00
Annuel	25,03	123,95		1737,21	16,10	-1721 ,1		16,10	1721,11	0,00

Pour vérifier le bilan, on a :

$$P = ETR + EX = 16.10 + 0 = 16.10 \text{ mm.}$$

$$ETP = ETR + Da = 16.10 + 1527.51 = 1737,21 \text{ mm.}$$

A partir de Tableau N°17 : on remarque que le bilan est déficitaire avec un déficit agricole de 1337,21 mm et un excédant nul.

CONCLUSION :

La région d'étude est caractérisée par un climat saharien de type hyper aride. Les précipitations annuelles sont très faibles, de l'ordre 16,10 mm, et le évapotranspiration largement supérieur à la précipitation ce qui provoque une reprise presque totale de cette lame d'eau par l'évapotranspiration où le ruissellement et la l'infiltration seront presque nul. La température moyenne mensuelle est très élevée durant toute l'année, et elle est de 25,03°C.

Chapitre IV

Hydrogéologie

IV.1. Introduction :

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.

La région est le secteur qualifié de désert qui rassemble les ressources les plus importantes en eaux souterraines contenues essentiellement dans les grés du continental intercalaire. L'influence de la lithologie sur l'hydrochimie de ces aquifères est très apparente en particulier par les gypses contenus essentiellement dans les marnes et les formations salifères. Dans toute la région, certains secteurs sont confrontés à un manque d'eau qui est à l'origine de mauvaises implantations. Dans cette zone les ressources en eau souterraine sont caractérisées par un contexte géologique favorable accentué par 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 ?

Le désert algérien, d'une superficie de 2 millions de km², contient une très importante réserve d'eau souterraine, souvent peu importante en raison de sa salinité et de sa profondeur. Le un système d'aquifère est formé par les aquifères continentaux, le complexe inter couche et terminal.

Les ressources en eau souterraine de la région dépendent de ces aquifères .Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits .Le système hydrogéologique de la région peut être décrit comme suit .En ce milieu aride le principale apport à la nappe est constitué par le ruissellement de quelques rares crues brutales sur la. L'existence d'aquifère superficiel est alors limitée à quelques Lits mangeurs découpés par des oueds. Dans l'immédiat on se limitera à une description du système hydrogéologique dont l'objectif est la caractérisation du mode d'alimentation, du gisement de l'aquifère et les possibilités d'atteindre et d'exploiter les eaux souterraines. Devant cet état de fait, de nombreuses questions nous ont conduits à classer le travail en deux domaines.

-Le premier domaine relatif aux formations géologiques qui représentent les provinces distributrices.

-Le second domaine se rapportant beaucoup plus au fonctionnement du système aquifère.

Ces formations géologiques véritable poumon par lequel respire la région présente une certaine assurance grâce à la pérennité de son contenu.

IV. 2. Système Aquifère du Sahara Septentrional :

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) couvre une grande extension régionale. Sa superficie totale couvre plus d'un million de km² donc 700 000 km² en Algérie, 80 000 km² en Tunisie et 250 000 km² en Libye .

Ce système aquifère présente une configuration géométrique et géologique complexe, il désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes :

IV. 2.1. Formation du Continental Intercalaire (CI) :

c'est la plus étendue et la plus profonde, elle est limitée au Nord par l'Atlas saharien, à l'Ouest par l'axe Béchar Reggane et au Sud par l'axe Reggane- Aïn Amenas. A l'Est, il se prolonge au-delà des frontières algéro-libyenne et algéro-tunisienne. (**Figure. 13.**)

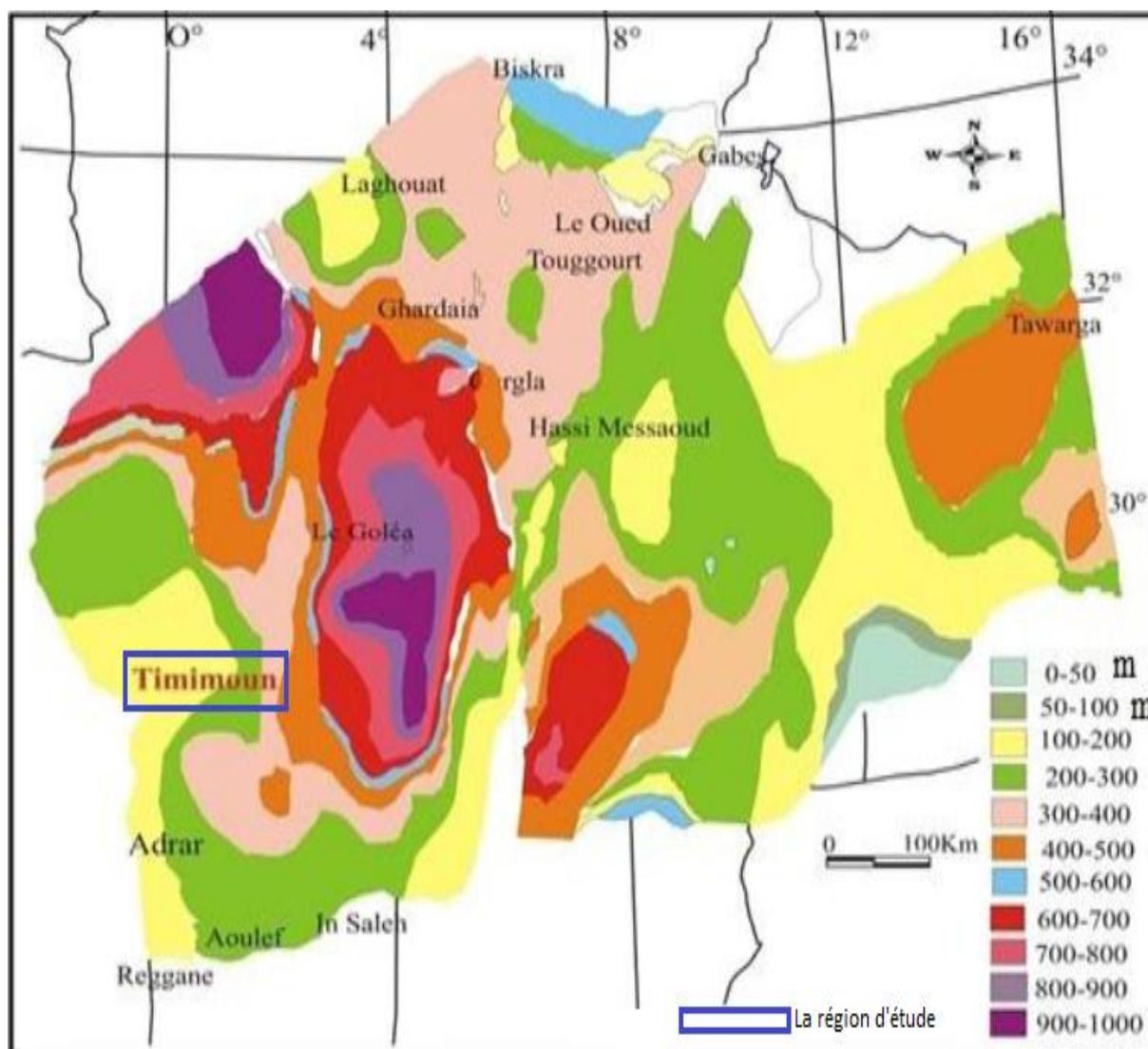


Figure. 13. Carte des épaisseurs du CI .(OSS, 2003 b)

IV. 2. .2. Formation du Complexe Terminal (CT) :

Elle est très sollicitée dans la région des Chotts algéro-tunisiens et dans le golfe de Syrte en Libye.(BELLOUI,2015)

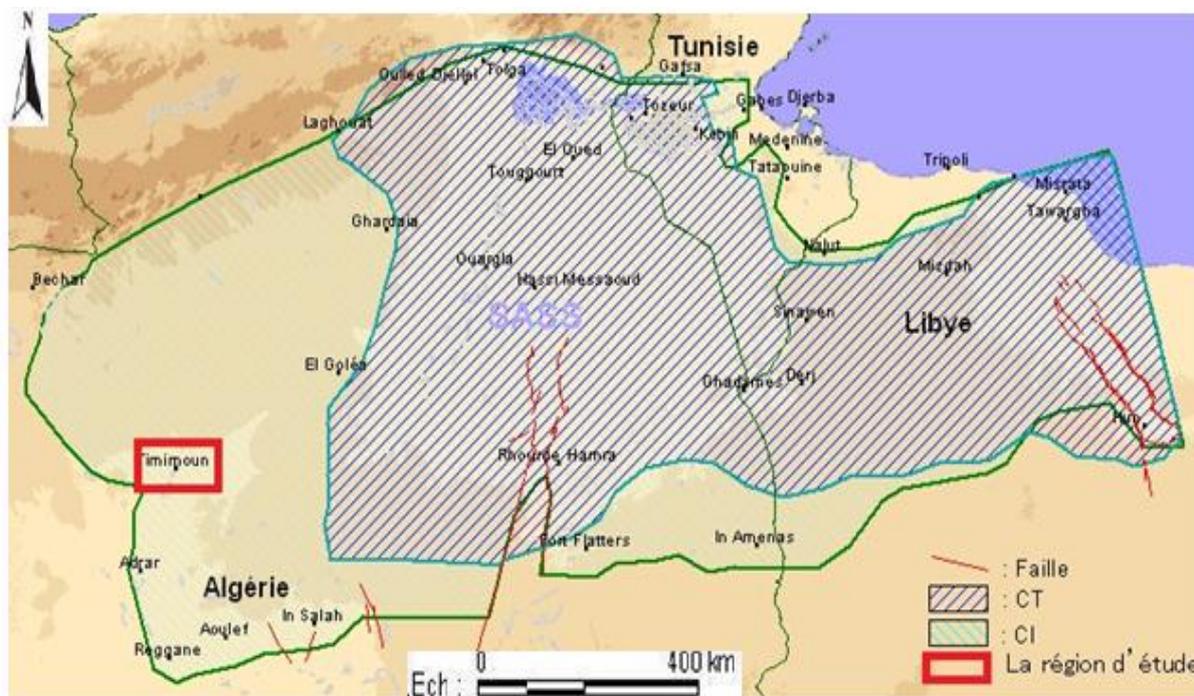


Figure. 14. Situation des formations du SASS dans le Sahara septentrional (OSS, 2003)

La saisie des aquifères n'est souvent pas permanente. En effet, il peut y avoir un contact entre les aquifères à une distance de quelques kilomètres puis ils sont isolés par un mur (une couche autre que l'aquifère) sur le reste du gisement. Dans ce contexte, les changements de pression sur l'exploitation de l'aquifère peuvent générer des transferts entre les deux aquifères.

IV.3 .Cadre Hydrogéologique du Continentale intercalaire(CI) :

C'est la formation hydrogéologique perméable la plus étendue, avec des matériaux meubles (sables-gréseux et argiles-sableux) d'âge Crétacé inférieur. Elle peut comprendre des séries plus anciennes du Jurassique et du Trias. Le mur de la nappe Continental intercalaire est constitué des formations sédimentaires (argileuses, argilo-sableuses ou carbonatées). On distingue au Sud et Sud-ouest une discordance sur les terrains du Dévonien, mais remarquons en remplacement le Paléozoïque(Dévonien) par le Crétacé inférieur(Néocomien) ou le Jurassique supérieur (Malm) au Nord - Est de la dorsale du M'Zab. Le Jurassique supérieur constitue le mur de la nappe dans toute la partie centrale, de Hassi-Messaoud jusqu'aux grands Chotts. Le toit de la nappe du Continental intercalaire est constituée par des formations argileuses du Crétacé supérieur (Cénomaniens) et les sables des ergs. Au Nord-Ouest vers l'Oued Saoura, le Cénomaniens est totalement érodé. Au l'Ouest et au Sud, le Continental intercalaire affleure largement dans le Touat, le Gourara et le Tidikelt. La nappe du Continentale intercalaire s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'au Nord des Tassilis du Hoggar et d'Est en Ouest depuis la Saoura, jusqu'à la Hamada El Hamra (désert de Lybie), ce réservoir a un volume considérable dû à la fois à son extension sur tout le Sahara

Septentrional (600.000 km²). La dorsal de M'Zab subdivise la nappe du Continental Intercalaire en deux bassins, oriental et occidental. La région du Gourara est située dans le bassin occidental. La nature lithologique des terrains constituant le réservoir est assez uniforme, Les épaisseurs totales de ce réservoir dépassent 250 m dans la plus grande partie du Système Aquifère du Sahara Septentrional(SASS). Elles atteignent 1000 m au Nord-Ouest (Ouest de Ghardaïa) et au Centre (Ouest de la dorsale primaire d'Amguid), et sont érodées dans la dépression du Gourara jusqu'à laisser affleurer les séries primaires dans la sebkha de Timimoun.

IV.4 La Nappe Du Continental Intercalaire Dans La Région Gourara :

Les formations géologiques et géologiques des aquifères profonds sont complexes, impliquant souvent de nombreux aquifères, auquel cas le terme «système aquifère» est utilisé. Notre zone d'étude est située au fond de l'aval (la confluence des bétons continentaux) de l'aquifère où l'aquifère est libre, tandis que la partie amont est confinée, ce qui stimule les différents comportements hydrodynamiques et géochimiques.

L'étude des coupes lithologiques et des logs des forages , dans notre région d'étude montre également que :

-le Continental Intercalaire n'est pas formé uniquement de sables et de grès, mais on y trouve également des sables argileux, des argiles sableuses, ainsi que des argiles franches.

- La structure en cuvette du CI dans le bassin du SASS présente une alternance de couches perméables, semi-perméables ou imperméables.

- les exutoires naturels de la nappe du CI dans la zone d'étude sont les sebkhas, qui occupent les fonds des dépressions. Tandis que les exutoires artificiels sont les foggaras, les puits et les forages.

IV.5. Constitution du Continental Intercalaire :

Le Continental Intercalaire est constitué de dépôts continentaux, des argiles, des argiles sableuses et des grés. C' est un système multicouche qui s' étend sur une superficie de l' ordre de 780.000 km², son réservoir total (en théorie) est estimé 6.103 m³ soit un débit fictif de 1000 m³/s durant 2 000 ans (UNESCO 1970).

- Puissance utile du réservoir du CI L' épaisseur de la formation du continental intercalaire varie du nord vers le sud et de l'est vers l' ouest, selon les données des forages semis profonds. Son épaisseur est de l'ordre de 150 à 400 m. Notant que l' épaisseur diminue progressivement de l' est vers l'ouest et du nord vers le sud et échoue en biseau sur le substratum du primaire. (Fig.15)

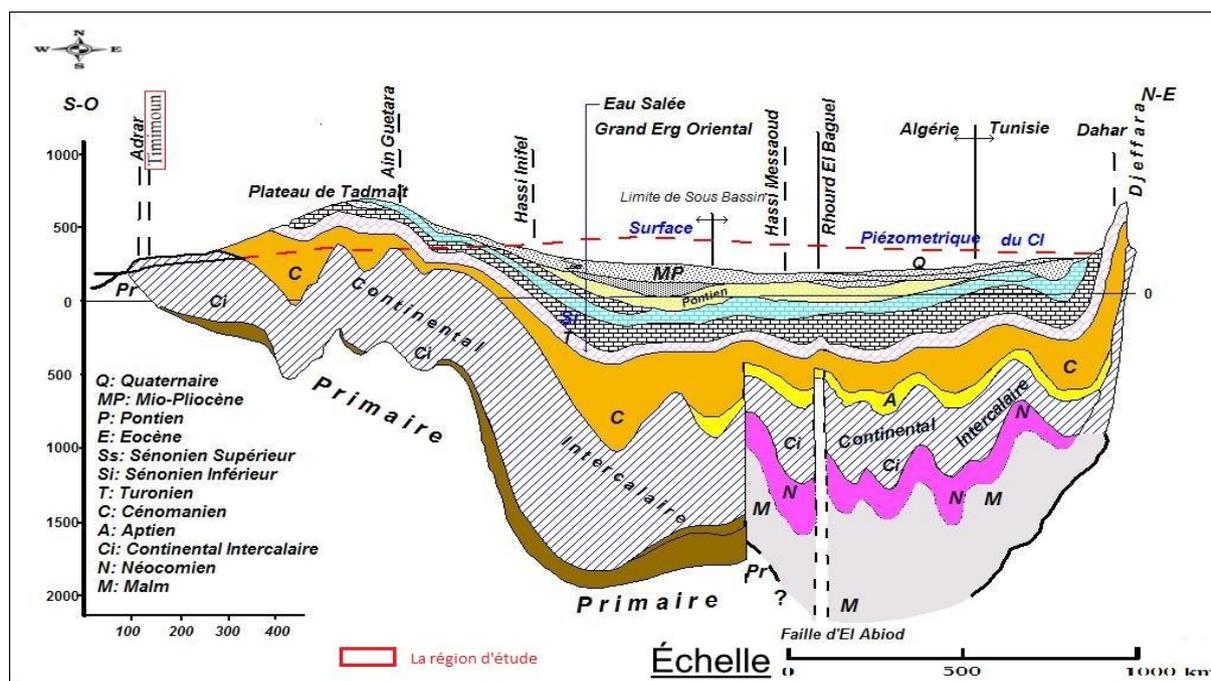


Fig.15 : Coupe hydrogéologique (AB) à travers le Sahara (UNESCO, 1972).

IV.6. L'alimentation Du Continental Intercalaire (CI) :

L'alimentation de la nappe du CI à l'échelle du bassin occidental du SASS s'effectue :

✓ Directement

- par infiltration des eaux de pluies et de ruissellements (crues des oueds 5 % seulement de ces eaux s'infiltrent) sur les zones d'affleurement, notamment

- Les piémonts Sud de l'Atlas saharien .

- Les bords Ouest et Sud du plateau de Tademaït (Touat, Gourara, et Tidikelt).

- · Infiltrations directes des eaux de précipitations

-Infiltration des eaux de ruissellement sur relief aux bordures du bassin.

✓ Indirectement :

- Dans le grand erg occidental à travers les sables dunaires ;

- Une partie de la Hamada Sud oranaise où s'écoule une importante nappe phréatique

dans des alluvions continentales d'âges tertiaires et du Complexe Terminal. (BELLOUI,2014)

IV.7. Direction d'écoulement du (CI) :

La continuité des formations perméables du Crétacé inférieur a permis le transport et la régularisation des eaux infiltrées des régions hautes vers les régions basses. L'écoulement des eaux provenant de l'Atlas saharien se divise selon deux principales directions d'écoulements :

- Une partie s'écoule vers le Sud et le Sud- Ouest vers les exutoires qui jalonnent les régions du Touat-Gourara et du Tidikelt et vers les zones évaporatoires du grand Erg occidental.
- Une autre partie s'écoule vers le Nord- Est (Zone côtière tunisienne) par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine(**Figure16**)

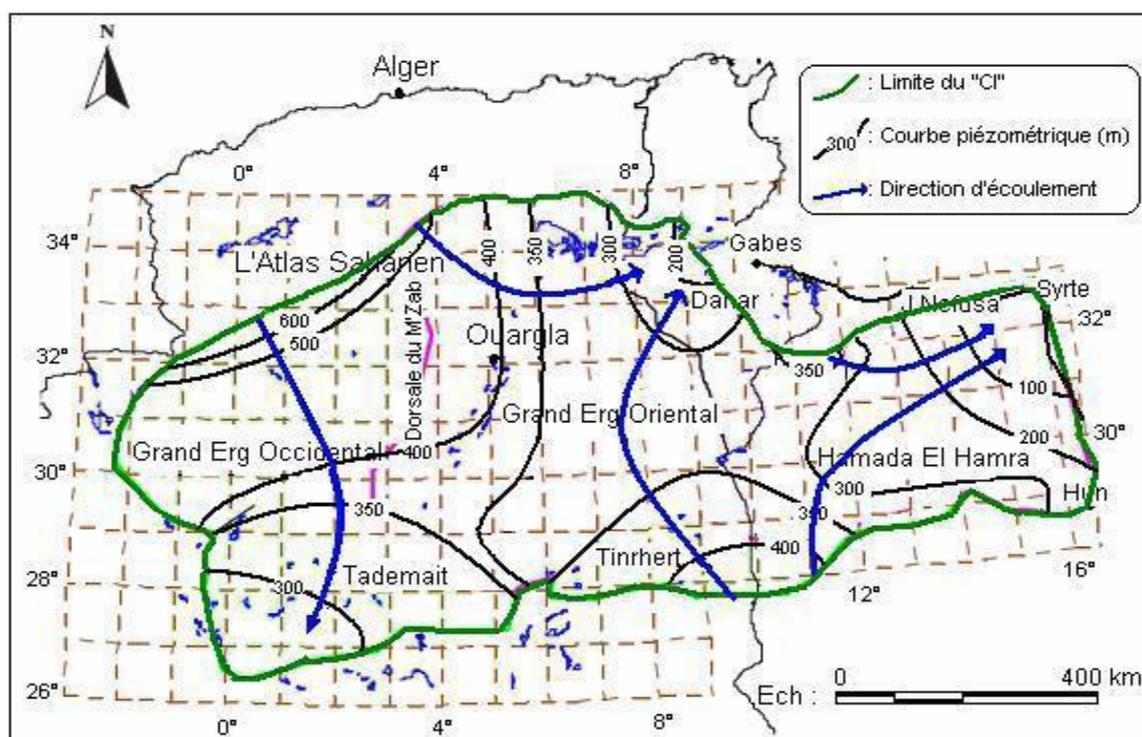


Figure16 Carte piézométrique de référence du "CI" source (OSS, 2003).

IV.7. Caractéristiques des eaux:

Dans le Bassin Occidental du SASS, les eaux sont toutes les jeunes (inférieures à 10000 ans). Tout au long de leur parcours (plus de 500km) de la zone de recharge principale qu'est l'Atlas saharien, vers la zone d'exutoire principale qu'est la vallée du Gourara, de Touat et de Tidikelt, les eaux du Continental Intercalaire de se renouveler tout au long de leur cheminement. Cette observation est en cohérence avec la géologie régionale; en effet, le CI n'est plus protégé ici par le Crétacé supérieur et la nappe du CI est à surface libre. (**BELLOUI,2014**).

IV.8. Les exutoires du Continental Intercalaire (CI).

-Ils sont constitués par:

- Les foggaras: longues galeries drainant, fonctionnent sous un faible rabattement et utilisant la topographie locale pour permettre l'écoulement libre de l'eau vers des points bas (cas du bassin occidental), plus fréquent dans la région d'étude, en va étudié par détaille dans sous chapitre à l'époque.
- Les puits artésiens : (bassin oriental).
- Les sebkhas: vastes étendues humides et salines, surfaces évaporant dont le débit total n'est pas négligeable.

IV.9. la carte Piézométrie:

La carte piézométrique est la synthèse essentielle de l'étude hydrogéologique. Elle schématise la morphologie de la surface piézométrique de la nappe et permet d'obtenir des informations importantes sur le sens d'écoulement des eaux souterraines et le comportement hydrodynamique de l'aquifère. L'établissement de cette carte repose sur des mesures piézométriques à une période donnée.

La carte piézométrique a été établie et réalisées à partir des données des puits fournies par l'A.N.R.H d'Adrar dans le but de

1. Définir le sens de l'écoulement des eaux souterraines.
2. Déterminer les zones de convergences.

Nous avons établie la carte piézométrique de la zone d'étude par logiciel Surfer (**Figure 17**)

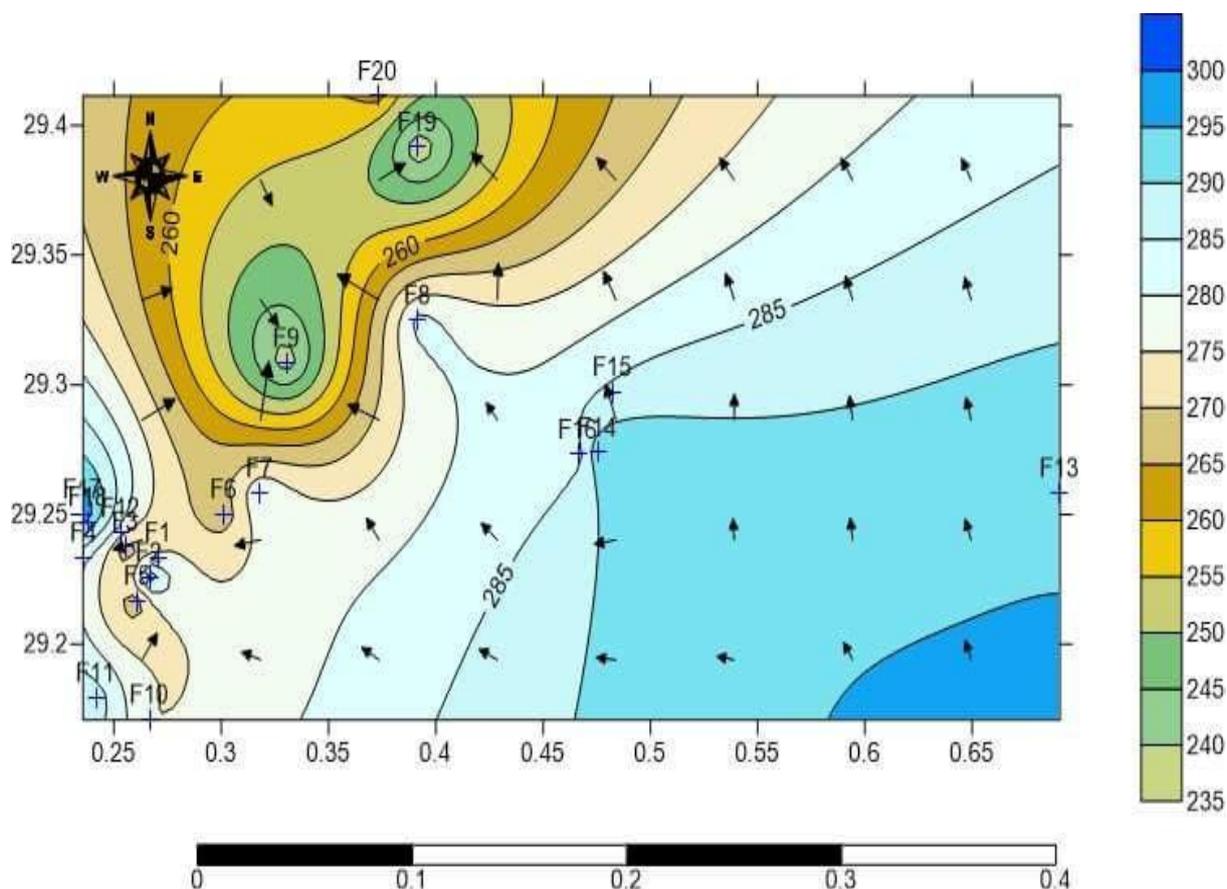


Figure 17: Carte piézométrique de la région de Timimoun.

IV.9.1. Interprétation :

La carte piézométrique, établie, montre l'existence d'une nappe radiale à deux axes de drainage, de deux directions différentes SW et SE, aller vers le NW. Ces axes sont en concordance avec l'alignement des Foggaras et correspondent en réalité à des empreintes d'anciens oueds qui alimentent la nappe. On remarque aussi que les lignes iso pièzes sont très serrées au NW de la carte ce qui montre l'importance du gradient hydraulique, elles sont bien espacées à SW de Timimoun (faible gradient hydraulique). D'une façon générale les deux axes montrent un seul sens d'écoulement allant du NW.

IV.9.2. Le gradient hydraulique :

La perte de charge par unité de longueur théoriquement donnée par la relation (h/l) est appelée encore gradient hydraulique (i) , d'après CASTANY le gradient hydraulique est déterminé par l'expérience suivante:

En plaçant 2 piézomètres distants de (L) mètres. Le gradient est le rapport entre la différence de niveau (Dh) des piézomètres et la distance (L) . Détermination du gradient hydraulique est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

Avec :

- **H₁**: niveau piézométrique au point 1 (en m).
- **H₂**: niveau piézométrique au point 2(en m).
- **L** : distance séparant les deux points (1, 2) (en m).
- **I** : Gradient hydraulique.

Les courbes isopièzes sont espacées dans la partie sud Est de la carte, indiquant un faible gradient hydraulique et lente, de l'ordre de 0.013, c'est une zone vierge, tandis que dans la partie Nord Ouest les courbes isopièzes est peut concentrer, indiquant un forte gradient hydraulique et rapide de l'ordre de 0.034.

Une simple constatation sur la coupe hydrogéologique, on conçoit qu'on a à faire à un système multicouche dont l'écoulement principal se situe dans la formation gréseuse épaisse et dans le niveau du mi-pliocène. La présence de quelques niveaux argileux et gréseux a permis la mise en place d'une nappe libre. La nappe aquifère des grès du continental intercalaire est susceptible de donner un débit important située à en profondeur. L'aquifère du Turonien influe directement sur le chimisme de la nappe des grès. Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits. En profondeur la région est constituée d'une bande de terrains plissés, formant une succession d'anticlinaux et de synclinaux orientés suivant une direction majeure Sud Ouest- nord est. Nous retiendrons simplement que cet aquifère est un système multicouche, à perméabilité mixte, où la fissuration joue un rôle important dans la circulation des eaux.

IV.9.3 Mode d'alimentation :

Dans cette région l'apport principal des précipitations pouvant parvenir à l'aquifère afin d'y être stocké se réalise selon deux composantes :

-Une composante à écoulement rapide constituant le ruissellement superficiel.

-Une composante lente à lieu à travers l'immensité de la formation gréseuse avec intercalation d'argile. Tout ce que l'on peut dire de ces deux composantes constituant l'unique mode d'alimentation est qu'elles sont inégales, la première concerne une évaporation, la deuxième à une lente infiltration.

Le régime des précipitations atmosphériques insuffisant et l'évaporation importante font l'alimentation de la nappe est faible. Ce qui conduit à d'autres considérations, les eaux souterraines sont des eaux fossiles..Le niveau piézométrique ne cesse de baisser progressivement provoquant l'assèchement des points d'eau .

Conclusion :

Les études hydrogéologiques réalisées dans le Sud de l'Algérie révèlent que les ressources en eau du Sahara se trouvent dans deux grands complexes géologiques : le continental intercalaire et le complexe terminal. Les deux nappes se situent dans le Sahara septentrional.

L'alimentation de la nappe du continental intercalaire est très faible dans la région d'étude par contre l'exploitation qui est très important soit par des forages d'eau (296) dans la région de Gourara et dans la même région il y a 426 foggara.

Le Continental Intercalaire dans la région d'étude est caractérisé par une épaisseur qui varie entre 100 et 200 m, Un niveau piézométrique varie (192m à 268m). Le sens d'écoulement va du plateau de Tademaït (NE-SO) vers la région de Gourara Le gradient hydraulique varie de 0 .0004% à 0.4%.

Chapitre V :

**Les TECHNIQUES
TRADITIONNELLES
D'IRRIGATION - (foggara)**

INTRODUCTION :

Les foggaras sont les seuls moyens utilisés pour irriguer les cultures agricoles de la région au cours des dernières années. C'est une technique traditionnelle exploitée par les habitants de la région pour combler leurs besoins tels que boire, se laver, arroser, malgré les conditions de vie extrêmement hostile que lui impose la nature (température étouffante, faibles apports météoriques, grande intensité du vent...etc.) grâce au génie technique des sociétés oasiennes d'extraction des eaux souterraines appelée la foggara.

V.2. Définition, origine du nom de foggara :

La foggara est une technique traditionnelle du captage des eaux souterraines très répandue dans les Oasis. La foggara est une canalisation souterraine creusée dans la zone de l'exutoire naturel de la nappe du continental intercalaire, elle est constituée de plusieurs puits communiquant successifs de profondeurs variables, réunis à la base par une galerie drainante appelée couramment « N'fad ». Les eaux mobilisées par les canalisations qui suivent une légère pente sont par la suite drainées par des seguias secondaires pour irriguer les palmeraies.

La distance respectée entre deux foggaras ne doit pas être inférieure à deux cents mètres environ sur terrain. Les puits sont séparés l'un de l'autre de six à douze mètres et même plus, une foggara peut atteindre 500 à 600 puits, sa longueur varie de 1 à 15 km, la distance entre les puits n'est pas forcément respectée, l'intervalle qui sépare deux puits s'appelle « N'fad » ou galerie drainante.

La foggara s'est développée principalement dans la région de Touat, Gourara et de Tidikelt . Elle permet la réalisation à la fois du captage et l'adduction d'eau de la nappe aquifère par un système de galeries drainantes en pente très douce, avec des puits d'aération et d'évacuation de remblais.

- On dit que le nom de la vertèbre revient au mot "foggara" et que son nom a changé par le facteur temporel " foggara " signifie faire exploser toute explosion d'eau dans un désert aride.
- Le nom "pauvre" vient du mot pauvreté, attribué aux tribus qui les utilisent comme pauvres.
- Il est également attribué à la colonne vertébrale dans le corps humain, et c'est parce que le pourri.

La foggara s'est développée principalement dans la région de Touat, Gourara et de Tidikelt . Elle permet la réalisation à la fois du captage et l'adduction d'eau de la nappe aquifère par un système de galeries drainantes en pente très douce, avec des puits d'aération et d'évacuation de remblais.

Cette technique de captage, par galerie drainante, utilisée dans le Sud algérien sous le nom de foggara, porte d'autres appellations dans d'autres régions ou d'autres pays du Maghreb et d'Orient tel que :

- « Chegga » à Bou-Saâda ;
- « Ngoula » ou « Kriga » dans le Sud tunisien ;
- « Khettara » au Sud marocain ;
- « Kanat » en Iran ;
- « Khiras » en Afghanistan ;
- « Sahrig » au Yémen ;
- « Medjrit » d'origine arabe, en Espagne (canal). D'où vient le nom de la ville Madrid.

V.3. DIFFERENTS TYPES DE FOGGARAS :

Selon le contexte géologique et hydrogéologique dans lequel sont aménagées les foggaras, différents types peuvent être distingués (ANRH Adrar).

V.3.1. 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.

V.3.2. 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.

V.3.3. 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. (source. Direction d'observatoire de foggara de la wilaya Adrar) .

V.4. LES ELEMENTS D'UNE FOGGARA

Le système de Foggara est divisé en deux parties le captage et la distribution.

1. Le captage :

Le captage de l'eau souterraine est assuré par une galerie de plusieurs kilomètres, de faible pente, qui draine l'eau de la nappe vers la surface libre. Cette galerie est équipée de plusieurs puits verticaux qui servent à l'entretien et à l'aération de la Foggara .
forme par : les puits et galerie.

a) Les Puits « Hassi » :

La galerie de la Foggara est munie d'une succession de puits verticaux espacés de 10 à 20 mètres. A Adrar et à Timimoune, certains puits traversent à même le centre-ville .
Au début de la réalisation de la Foggara, les puits servent l'évacuation des déblais ou à l'apport de remblais. Une fois en exploitation, ces puits sont utilisés comme accès pour l'entretien et pour l'aération de la galerie. Leur profondeur varie de 1 à 40m et leur diamètre de 0,5m à 1m.(**Figure. 18.**)

b) Galerie :

La galerie est l'élément moteur de la Foggara. Elle est composée de deux parties. La première partie est le siège d'un écoulement en charge, tandis que la seconde partie est le lieu d'un écoulement à surface libre.

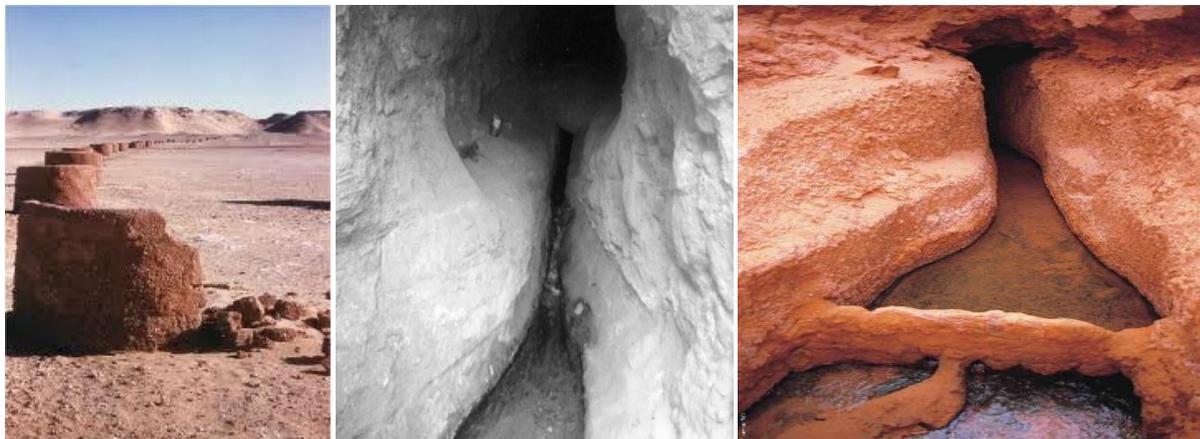
L'ouvrage se compose d'une galerie de section variable, de largeur variant de 50cm à 80cm et de hauteur allant de 90cm à 150cm. La longueur de la galerie.(**Figure. 18.**)

c) L'Aghisrou :

C'est la partie où la galerie sort en surface, il est situé entre le premier puits et le canal principal «Majra ».Ou est un endroit pour recevoir l'eau provenant du tunnel pour être dirigé vers la coercition et ensuite distribué à l'entrée des vergers dans le but de leur distribution.(**Figure. 18.**)

d) Canal Principal « Majra » :

C'est un canal de forme rectangulaire qui sert à conduire l'eau vers le peigne répartiteur «Ksaria», sa longueur est de quelques mètres à quelques kilomètres, il est construit par des argiles, actuellement ces canaux sont en ciment et même en PVC, pour minimiser les pertes par infiltration. (source. Direction d'observatoire de foggara de la wilaya Adrar).(**Figure. 18.**)



a) Puits

b) G alerie

c) L'Aghisrou



d) Kasria et Seguia

e) Madjen

Figure. 18.(a ; b ;c ;d ;e) : Les éléments de captage de la Foggara.

2. la distribution:

La distribution de l'eau s'effectue juste à la sortie de la galerie et repose sur quatre éléments majeurs qui sont : *Kasria* (répartiteur); *Seguia* (canal), *Madjen* (bassin de récupération) et *Gamoun* (Jardin). Une fois l'eau arrivée à la sortie de la galerie, elle est répartie entre les propriétaires par la *Kasria*. Le cheminement de l'eau jusqu'au *Madjen* s'effectue par l'intermédiaire des *Seguias*. (Figure. 19)

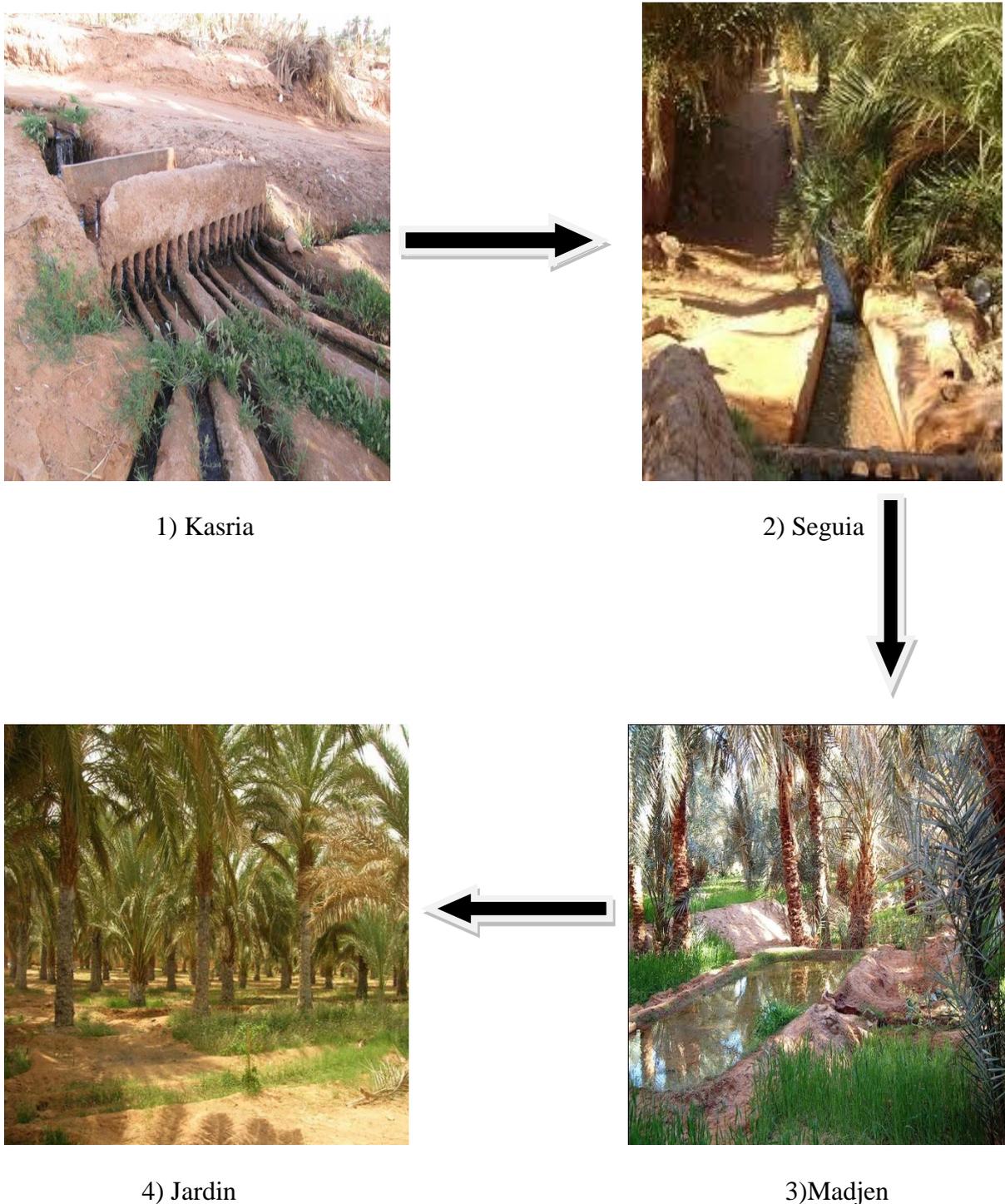


Figure. 19 la distribution des eaux de foggara

V.5 .Avantages et inconvénients des foggaras:

V.5 .1. Les Avantages :

- Une source d'eau permanente et gratuite
- Est un facteur efficace pour stimuler l'agriculture dans la région
- Système d'irrigation continu
- Il a une prestation touristique
- Utilisé dans le traitement de certaines maladies
- Réduire la sécheresse et la désertification
- Augmentation de la productivité et de la qualité de la production agricole

V.5 .2. Les inconvénients :

- Vous avez besoin d'un grand effort musculaire
- Besoin d'entretien et de travail manuel en continu
- Vulnérable à la pollution
- Travailler dans la foggara est difficile et dur

V.6 .Relation entre l'oasis et la foggara :

Timimoun peut être divisé en quatre parcelles fonctionnelles parallèles du point haut (plateau) vers le bas Point (sebkha):

- **Phase I:** est la zone confinée entre le plateau et le palais, et il y a des foggaras de Timimoun.
- **Phase II:** est la zone du palais et situé verticalement sur la ligne de tendance commune des foggaras avec une piste Les eaux souterraines ce stade, il y a des puits de foggara qui ont un rôle de distribution d'eau jusqu'à l'étape suivante.
- **Phase III:** c'est le stade des vergers ou des palmeraies qui représente le débouché de la ville et les pare-chocs du vent d'ouest. Cette phase représente la dernière partie des foggara, se trouve le dernier suivi de la kas ria principale. L'eau est distribuée au groupe du verger à travers les substrats secondaires par un moteur et est une phase de consommation L'eau des pauvres.

- **Phase IV:** le stade naturel du sable et du sebkha. Dunes de sable . Il donne à la région un caractère purement désertique, mais ce dernier est un obstacle à l'agriculture dans le cas de Terres agricoles par le vent.

sebkha est un bassin de l'eau salée, dont la plus grande partie est constituée de stations de la mauvaise eau utilisée pour l'irrigation. Le sebkha est devenu une sortie d'eaux usées .Et constituant ainsi un facteur préjudiciable à la santé publique de la région. (source. Direction d'observatoire de foggara de la wilaya Adrar) .

V.7. LA REPARTITION DES EAUX DE FOGGARA :

La répartition se fait à travers un outil en forme 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 Au bout de ces majras des kasrias secondaires répartissent les eaux dans d'autres majras plus petits ou des « seguia » (petites rigoles). Les souagui rejoignent les madjens (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 matinée en hiver. D'autres kasrias minimales se trouvent tout le long des différents parcours suivant la nécessité. (**Figure .20**) (source. Direction d'observatoire de foggara de la wilaya Adrar) .

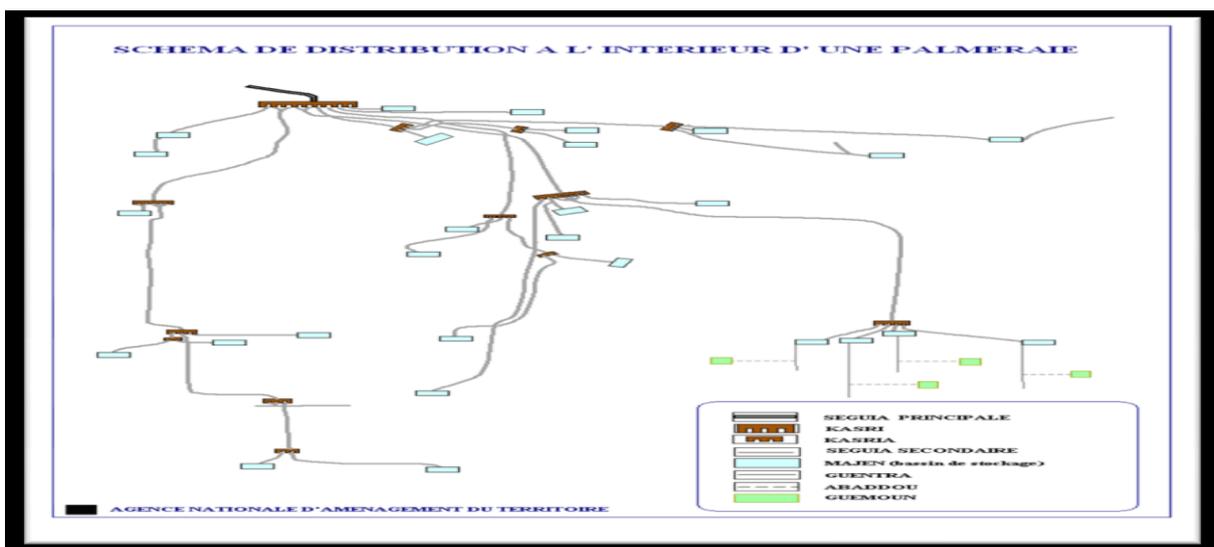


Figure 20. Schéma explique le Système de la répartition de eaux de foggara par la *Kasria*. (source. Direction d'observatoire de foggara de la wilaya Adrar) .

V.8. Exploitation des eaux de la foggara.

La vie sociale des habitants de la région n'est pas limitée. Beaucoup d'autres objectifs à la fois avant l'avènement des aquifères modernes. Les habitants de la région étaient dépendants dans leur vie dans une large mesure sur les eaux des foggaras. Dans le domaine de l'agriculture dans la fourniture d'eau végétale, parce qu'il a été créé à cette fin et pour donner un bon produit agricole. Toute l'agriculture fournie par les gens de la région est créditée au système de foggara.

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 .

V.9. Description et fonctionnement de la foggara :

La foggara est une galerie drainante creusée en ligne droite de l'amont en aval, qui capte et amène de l'eau souterraine vers le terrain à irriguer et ce, grâce à une pente appropriée. L'arrosage se fait par écoulement gravitaire, il est favorisé par les conditions topographiques favorables, dont le niveau du sol est inférieur au niveau piézométrique de la nappe du continental Intercalaire. La partie drainante ou essentielle de la foggara est la partie poreuse du canal ou appelé également, galerie drainante, elle est creusée en sorte qu'elle puisse faire circuler l'eau et permet le passage de l'ouvrier en phase de réalisation.

Les puits creusés le long de la foggara, permettent de visiter la galerie pour des éventuels entretiens et curage. Il est à préciser que le canal situé en dehors de la nappe, ne sert que de transporter l'eau et ce, contrairement à la galerie située à l'intérieur de la nappe, qui est la partie utile de la foggara.

V.10. Les facteurs influençant sur le fonctionnement de la foggara :

Le débit des foggaras est influencé par plusieurs facteurs :

- Naturels : la sécheresse et l'ensablement.
- Humains : le manque d'entretien, l'influence des forages, et autres.

a-La pente :

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

b. 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 étroites de l'ordre de 0,4 à 0,5 m de largeur, pour augmenter la vitesse d'écoulement et favoriser l'auto curage.
- Des zones très larges > 0,5 m et plus profondes jusqu'à 1,2m, permet d'augmenter le volume d'eau captée et favorise l'accumulation des sédiments à cause de diminution de vitesse.

c. Le rabattement :

Le rabattement est donné par la différence du niveau de l'eau dans la foggara et la surface piézométrique de la nappe phréatique.

V.11. TECHNIQUES ET ORGANISATION DE LA MESURE DES EAUX DE LA FOGGARA :

Pour mesurer l'eau dans la foggara, Personne n'a le droit de mesurer une kasria qui soit principale ou secondaire sans prévenir 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 sghira d'une seguida 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.

V.12.Méthode de mesure :

- Il existe deux méthodes soit :

V.12.1. Le partage horaire: basé sur l'unité de temps. Le partage de l'eau s'effectue par le procédé horaire, appelé nouba, c'est-à-dire tour à tour.

V.12.2. Le partage par débit : effectuée par débit qui est la mesure et la distribution des eaux, par débit, est effectuée à l'aide d'un instrument originel et ingénieux, cet outil est connu communément par : « Chegfa ».

V.13. Unité de mesure :

L'unité de mesure du débit « Habba » « Habba zrig » « Habba maaboud » change de nom dans chaque région, elle s'appelle kherga dans le Tidikelt, Tmen, Majen, Sba, Aud, Kherga dans la Gourara et Sbaa, Majen, Habba dans le Touat. L'unité de mesure n'est pas la même dans toute la région, elle diffère d'une région à l'autre et même d'une foggara à l'autre dans le même ksar, d'où les différents outils utilisés pour la mesure du débit pour chaque foggara, dans le Touat elle est de l'ordre de 0.058 l/s, alors qu'elle est de 0.133 l/s dans le Tidikelt (Hamadi, 1982), le tableau 4.1 ci-dessous donne les différents débits dans la région d'Adrar.(HIDAOU,2014)

La Habba vaut 24 Kirat « Carat » tableau 4.2 et le Kirat vaut 24 Kirat de Kirat , tellement l'eau est précieux, ils ont utilisé l'unité de mesure de l'or « le carat » pour le partager, la codification suivante utilisée pour la mesure du débit.

Pour mesurer les Foggara, il y a une plaque d'argile plantée dans un cours d'eau, trouée, où l'eau sort et les ouvertures sont différentes selon les unités de mesure: le Habba, le prix, le quartier et autres unités standard.

- kirat \approx 24 Habba.
- Dirham \approx à 96 Habba.
- La perle est équivalente à 2 litres par minute.

Valeur	Quantité	Equivalent	Symbole
Habba	1	24 Kirat	•
Habba Zerig	1	24 Kirat	•
Habba Maaboud	1	24 Kirat	•
Un Kirat de Habba	1/24	1/24 de Habba	.
Deux Kirat de Habba	1/12	2/24 de Habba	:
Tois Kirat de Habba	1/8	3/24 de Habba	
Quatre Kirat de Habba	1/6	4/24 de Habba	
Six Kirat de Habba	1/4	6/24 de Habba	:
Huit Kirat de Habba	1/3	8/24 de Habba	
Dous e Kirat de Habba	1/2	12/24 de Habba	
Vingt-quatre Kirat de Habba	1	24/24 de Habba	

Tableau 10 : les unités de mesure du débit (sous multiples de Habba).

Valeur	Quantité	Equivalent	Symbole
Kirat	1	24 Kirat	•
Un Kirat de Kirat	1/24	1/24 de Habba	•
Deux Kirat de Kirat	1/12	2/24 de Habba	••
Tois Kirat de Kirat	1/8	3/24 de Habba	•••
Quatre Kirat de Kirat	1/6	4/24 de Habba	—
Six Kirat de Kirat	1/4	6/24 de Habba	:
Huit Kirat de Kirat	1/3	8/24 de Habba	
Douse Kirat de Kirat	1/2	12/24 de Habba	
Vingt-quatre Kirat de Kirat	1	24/24 de Habba	

Tableau 11 : les unités de mesure du débit (sous multiples de kirat).

V.14. Méthodes de mesure de la quantité d'eau :

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 Kasria et à 80cm pour permettre de tranquilliser l'écoulement. Pendant la mesure, on ne laisse personne prendre l'eau de la Foggara, tout au moins sur 100m. 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 Kial 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 l'argile. 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 de 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 de 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. (HIDAOUI AHLAM, 2014).

V.15. Évolution des débits foggara :

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.

- 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.

- 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. **(Figure .21)** Les bassins collecteurs finissent alors par se trouver au-dessous du niveau des jardins et l'irrigation se fait par puisage. (A.N.R.H. de la wilaya d'adrar)

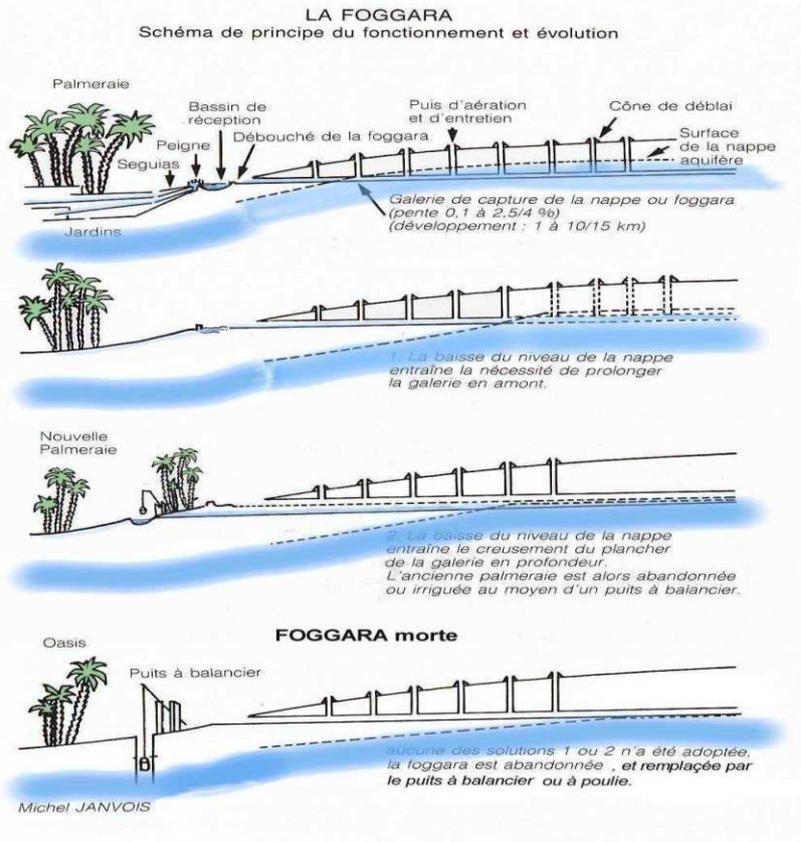


Figure .21: Schéma explique le Evolution des foggaras.

V.16.Facteurs de dégradation de la Foggara :

-**Naturels** : la sécheresse et l'ensablement.

-**Humains** : le manque d'entretien, l'influence des forages, et autres.

V.16.1. Naturels :

a. La sécheresse :

Affecté par des facteurs naturels: la rareté Les précipitations, en particulier au cours des dernières décennies (Évaporation extrême). Ces deux agents sont des facteurs qui ont contribué à la relation dans Niveau de la nappe phréatique Ventilation Foggaras.

b. l'ensablement :

C'est le deuxième facteur qui menace fortement les foggaras. Gourara est l'un des Les zones les plus ventilées où les vents conduisent à une grande formation d'Ergs et de dunes de sable où les foggaras disparaissent progressivement sous les dunes, Ces vents travaillent à enterrer le kasria et le saguia par le sable.

V.16. 2. Humains :

a. 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, Cela élimine directement les vergers et les foggaras.

- L'apparition des professions multiples en rivalité avec l'agronomie.

b. L'influence des forages : en 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.

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 des gens, Préférez-nous ou précédez-nous.

V.17. LES SOLUTIONS POUR AMELIORER ET SAUEGARDER LES DEBITS DES FOGGARAS :

Pour faire face aux problèmes menaçant la foggara, plusieurs recommandations peuvent être proposées :

- La formation et le perfectionnement des gestionnaires et les copropriétaires des foggaras
- La réhabilitation des foggaras.
- Faire des corrections des débits des forages qui existent dans les champs de captage des foggaras.
- Etablissement des périmètres de protection (immédiat, rapproché et éloigné) et Fermeture des puits pour limiter les apports éoliens et l'ensablement.
- Utiliser l'énergie hydraulique des eaux des foggaras pour la production de l'électricité qui peut être utilisée dans des travaux d'entretien ou autre.

- Renforcement des foggaras par des puits équipés de pompes à énergie solaire ou Eolienne.

CONCLUSION :

Le foggara est une ressource en eau importante à Timimoun en raison de son importance agricole, économique et touristique, C'est une technique traditionnelle pour l'irrigation des cultures agricoles. Elle permet une exploitation rationnelle des eaux de la nappe du CI. Elle est la source de vie des générations passées et elle doit l'être pour les générations futures. Cette technique est menacée par plusieurs problèmes qui aggravent son état et la rendent incapable de faire face aux défis de la demande croissante en eau tel que :

- Creuser de nouveaux puits près des foggaras causant la Négligence, dégradation et bas niveau d'eau.
- Manque d'entretien et manque de supervision.
- Facteurs naturels tels que la désertification, la sécheresse, et l'élevé Chaleur.

Pour faire face aux problèmes menaçant la foggara, on peut proposer de :

- Considérer la foggara comme une vraie entreprise ayant son propre capital et ses gestionnaires hautement qualifiés et compétents.
- Le soutien financier des foggaras par l'état la sensibilisation contre les risques qui menacent la foggara.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Notre zone d'étude fait partie de Sahara Septentrional. C'est une région caractérisée par un relief saharien qui a été modelé au cours du Quaternaire ancien à l'actuel, suite aux phénomènes d'érosion intensives.

Le réseau hydrographique dans l'ensemble du Sahara Septentrional témoigne des écoulements endoréiques de surface au cours des périodes humides du Quaternaire. L'analyse climatologique, basée sur les données disponibles, a permis d'aboutir aux résultats suivants :

De point de vue géologique les terrains du Crétacé inférieur affleurent largement dans la région, ils sont essentiellement grés-argileux, ils reposent en discordance sur les terrains du paléozoïque. Ces terrains sont recouverts par des terrains argilo-gypseux provenant de la transgression cénomaniennne, qui sont eux même surmontés par une dalle calcaire d'âge Turonien et Sénonien.

L'analyse climatologique, basée sur les données disponibles, a permis d'aboutir aux résultats suivants :

Elle est caractérisée par un régime climatique Saharien hyperaride, ou la sécheresse est permanente et l'aridité est nettement exprimée. Ce type de climat est caractérisé par deux saisons :

- une saison froide relativement courte.
- une saison chaude où la température est nettement supérieure à 20°C.
- Le taux d'humidité est très faible, il indique un signe de sécheresse accentuée ;
- Les températures sont très élevées, elle dépasse les 45°C en période estivale avec une moyenne annuelle de l'ordre de 25-26 °C .
- Les précipitations sont quasi nulle et irrégulières dans le temps et dans l'espace, elles ne dépassent pas les 33 mm /an .
- La fréquence des vents est considérable, elle est de l'ordre de 3 à 4 m/s durant toute l'année avec une accentuation en mois de Mars, Avril et Mai.

L'approche hydrogéologique a permis de montrer que la nappe du continental intercalaire appelée aussi nappe albiennne constitue la seule ressource en eaux souterraine dans la région, elle est contenue dans les formations grés-argileuses du Crétacé inférieur. Elle possède une grande extension régionale, elle forme avec la nappe du complexe terminal ce qu'on appelle le système aquifère du Sahara septentrionale (SASS). Cette nappe est captive dans la partie centrale et orientale du bassin, et libre sur la partie occidentale du bassin qui forme l'exutoire naturel de la nappe.

Le système traditionnel des foggaras très adapté aux conditions climatiques et sociales de notre région permet une exploitation rationnelle des eaux de cette exploitation insuffisante avec l'augmentation des besoins notamment pour l'agriculture, car il y a des foggaras qui ont un faible débit et occupent une large surface.

CONCLUSION GENERALE :

Actuellement, plusieurs problèmes menacent ce système audacieux des foggaras qui assure la vie de plusieurs générations depuis le passé. Le plus dangereux est celui de l'exploitation intensive de la nappe par les forages avec le temps cela va provoquer un tarissement des foggaras.

La mort de Foggaras est liées aussi socialement a la culture des générations actuelles qu'ont attaché par la mondialisation,

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

HIDAOUI AHLAM et LOUANNAS ABDELMONAIM ;(2014). Etude du système traditionnel d'irrigation au Sahara, exemple des Foggaras de la région d'Adrar.

HASSANI Abdallah & DJOUALIL Ismail ;(2014) . Contribution a l'étude hydrogéologique de la nappe continental intercalaire de la région de Gourara (Timimoun, Tinerkouk).

A.N.R.H. Des forages (2016) de la région du Timimoun

Observation de foggara de Adrar ; les Données des figgara

ONM, Données climatiques (2017). Station météorologique de Timimoun

AZZOUG Abdelmadjid et BOUCHAREB Abdelhamid ,(2014). Contribution à l'étude hydrogéologique de la région d'Aoulef wilaya d'Adrar.

UNESCO, (1972). Étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Plaquette 5. Utilisation des modèles pour l'établissement des programmes d'exploitation. 340p

BELLOUI BOUDJEMAA ;(2014).étude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe continental intercalaire de la région de Touat(wilaya d'Adrar)

OSS (2003a) : Système Aquifère du Sahara Septentrional. Volume 2 : Hydrogéologie. Projet SASS. Rapport interne. Coupes. Planches. Annexes. Tunis, Tunisie. 275p.

Site web et Encyclopédie électroniques : Google earth, Google maps.

Internet (Google),, wikipedia

Logiciels utilisés : Surfer 11 ; MapInfo 7,5



Afrague : Brise-vent Lutte contre l'ensablement



Influence de la salinité (Sur les jardins)



Influence de la sécheresse



Photo :Guémoun



Photo : segua de foggara morte



Photo : différent type de segua

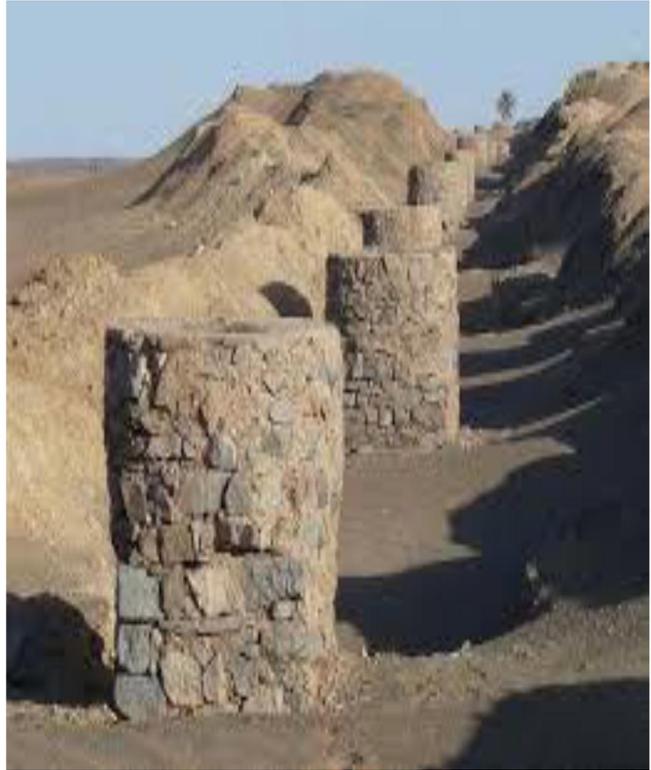


Photo sécessions des puits



Photo : Chegfa

1. Sunrise
2. Sunset
3. Midday
4. Morning
5. Afternoon
6. Time shares

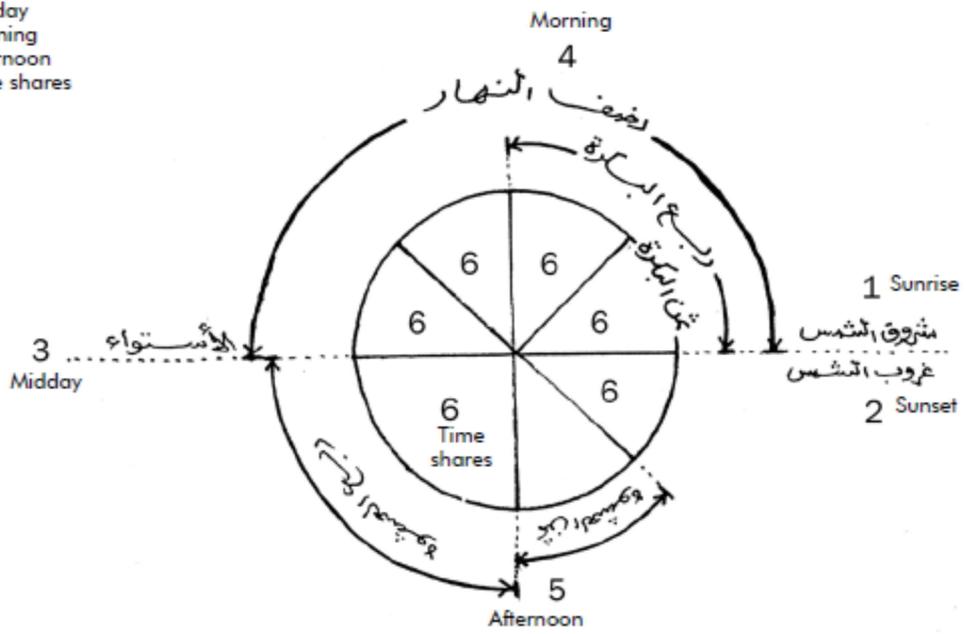


Photo : Nouba

الملخص

تعتبر واحات مدينة تيميمون من بين الواحات التي تعتمد على السقي التقليدي (الفقارة) والذي يعتبر العمود الأساسي لحياة سكانها غير أن التوسع العمراني والنمو الديمغرافي والتطور الفلاحي والصناعي لها أيضا علاقة بوفرة المياه، و اللجوء الى استخراج كميات معتبرة من المياه في العشرية الأخيرة لسد هذه الحاجيات المتزايدة باستعمال الطرق الحديثة للبحث والاستخراج أدى إلى تراجع وهبوط مستوى منسوب الطبقي للمياه القارية المتناوب على المستوى الجهوي أثر سلبي على الفقاقير ضف إلى ذلك عدم صيانة الفقاقير و إهمالها أدى إلى موت بعضها.

-اعتمادا على المعلومات السابقة والحالية سمحت لنا الدراسة بإعطاء التفاتة الى فقاقير مدينة تيميمون لمنح اقتراحات للحفاظ عليها و حمايتها لكونها موروث إنساني. ولكونها حافظت على ديمومة الحياة في الواحات في قلب منطقة تعتبر اشد المناطق قساوة في العالم

الكلمات المفتاحية

الفقارة _ نظام السقي التقليدي _ تيميمون _ الواحات

Summary :

Considéé oasis Timimoun un oasis qui comptent sur l'irrigation traditionnelle (Foggara), qui est le colonne 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.

Selon les informations passé et actuel, il nous a permis d'étudier donnant geste pour les Foggaras Timimoun 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 lecoeur d'une zone considérée comme la plupart des zones de cruauté dans le monde.

Mots clés :

Foggara _ système d'irrigation traditionnel –Timimoun- oasis

Summary :

Considered Timimoun 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.

According to past and current information, it has allowed us to study giving gesture for Foggaras Timimoun f 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:

_ Foggara _ the traditional irrigation system Timimoun - oasis