

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ELCHAHID HAMMA lakhdar



Faculté des technologies

Département d'hydraulique et de génie civil

Filière d'hydraulique

MEMOIRE :

*Présente en vue de l'obtention du diplôme du master professionnel en
Hydraulique*

Option: Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

THEME :

**L'effet Sur exploitation d'irrigation Sur La
Nappe complexe Terminale
(oued Righ Sud)
Partie de la wilaya de Ouargla**

Présenté par :
Mr Mesai Mohammed Mohammed
Mr Mansouri Abdellatif

Promoteur : MR
Sayah lembarek
Mohammed

Promotion : mai 2018

œ Remerciement œ

Nous remercions notre Dieu qui nous a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

Nous adressons tous nos respects et nos remerciements à ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude et particulièrement à :

- *Notre promoteur MR SAYEH LAZHAR pour ses orientations et son soutien.*
- *A tous les enseignants d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.*
- *Aux membres du jury qui ont bien voulu examiner notre travail et de l'apprécier à sa juste valeur.*

Mohammed - Abdellatif

Promotion :Mai 2018

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect .:

- * A mon père qui m'a tant aidé et encouragé.*
- * A ma mère qui n'a pas cessé de me prodiguer.*
- * A tous mes frères et sœurs.*
- * A tous mes camarades .*
- * A tous la famille mansouri.*
- * A Tous mes amis de l'université d'el-oued .*

Mansouri Abdellatif

Promo : Mai 2018

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect .:

** A mon père qui m'a tant aidé et encouragé.*

** A ma mère qui n'a pas cessé de me prodiguer.*

** A tous mes frères et sœurs.*

** A tous mes camarades .*

** A tous la famille mesai.*

** A Tous mes amis de l'université d'el-oued .*

MESAI MOHAMMED MOHAMMED

Promo : Mai 2018

Résumé:

La région de Oued Righ Sud. fait partie de cet immense désert. Elle couvre le Nord Est de cet ensemble et n'a jamais connu le manque d'eau. Néanmoins, malgré la disponibilité de la ressource, la population de Oued Righ Sud achète quotidiennement pour son alimentation en eau potable, de l'eau de meilleure qualité chimique, transportée dans des camions citernes, depuis le massif des Aurès.

Le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) représentent deux systèmes aquifères multi couches, qui renferment des réserves en eaux considérables. Faiblement réalimentées actuellement, ces nappes se sont constituées au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire. La région des chotts constitue l'exutoire naturel de ces complexes hydrauliques.

Abstract :

The region of Oued South Righ. is part of this huge desert. It covers the North East of this ensemble and has never known the lack of water. Nevertheless, despite the availability of the resource, the population of Oued Righ Sud buys daily for its drinking water supply, water of better chemical quality, transported in tank trucks, from the Aurès massif.

The Continental Intercalaire (CI) and the Terminal Complex (CT) represent two multi-layered aquifer systems, which contain considerable water reserves. These tablecloths have been weakly rehabilitated during the Quaternary rainy periods. The Chotts region is the natural outlet for these hydraulic complexes.

ملخص:

منطقة جنوب واد ريغ جزء من هذه الصحراء الضخمة ويغطي شمال شرق هذه المجموعة، ولم تعرف هذه المنطقة نقص في المياه على الرغم من توفر الموارد، فإن سكان جنوب واد ريغ يحتاجون يوميا للتغذية بالمياه الصالحة للشرب .
تمثل المجمع الطرفي نظام جوفي متعدد الطبقات ويحتوي على احتياطات كبيرة من المياه ، وتعتبر هي المنفذ الطبيعي لهذه المجمعات الهيدروليكية .

الكلمات المفتاحية

واد ريغ، بطاقة بيزومتريك، المياه، السقي، المياه الجوفية.

Liste des tableaux

Chapitre I	Région d'étude.
Tableau.(I-1): Besoins et ressources de la région de Touggourt	11
Tableau.(I-2): Précipitations moyennes mensuelles à la station de Touggourt durant les deux périodes (1913–1961 et 1974–2002)	11
Tableau.(I-3) : Températures moyennes mensuelles à Touggourt (1975–2002)	12
Tableau.(I-4): Humidité relative moyenne mensuelle à Touggourt (1975–2002)	14
Tableau.(I-5): Evaporation moyenne mensuelle à Touggourt en % (1975–2002)	15
Chapitre II:	Hydrogéologie.
Tableau.(II-1): Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sans échelle) ...	36
Tableau.(II-2): Potentialités de nappe du Continental Intercalaire	34
Tableau.(II-3): Potentialités de nappe du Complexe Terminal	35
Tableau.(II-4): Synthèse des potentialités en eau de CI et CT	35
Chapitre III : Les méthodes d'irrigation de la région (classiques et modernes).	
Tableau: les avantages et les inconvénients Le méthode d'irrigation classique	43
Chapitre IV :	Etablissement d'un carte piézométrique et résultats.
Tableau. (IV-1): La situation géographique des piézomètre	55
Tableau. (IV-2): des points piézomètres en 2015.....	57
Tableau. (IV-3): des points piézomètres en 2018	59

Liste des figures et photos

Chapitre I	Région d'étude.
Fig.(I-1): Situation géographique de la région Touggourt, d'après Larousse (2004)	05
Fig.(I- 3) : Carte de découpage administratif de la Wilaya d'Ouargla.....	06
Fig.(I-4) : Carte de découpage administratif de la région de Touggourt	07
Photo.(I-2): lac de Témacine	9
Fig.(I-5): Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station de Touggourt Durant les deux périodes (1913–1961 et 1974–2002).....	11
Fig.(I-6): Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Touggourt (1975–2002).....	13
Fig.(I-7): Variation interannuelle (1975 à 2002) des températures moyennes à Touggourt.	13
Fig.(I-8) : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt.	14
Fig.(I-9): Variation interannuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt (1975–2002)	15
Fig.(I-10): Variation mensuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (1975–2002).....	16
Fig.(I-11): Variation interannuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (1975–2002)	16
Fig.(I-12): Coupe géologique synthétique du Sahara oriental, d'après Sonatrach	17
Fig (I-13): Carte géologique du Sahara orientale 1/1 000 000. Extrait de la carte géologique du Nord Ouest de l'Afrique (1976)	18
Fig(I-14) : Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique 1/500 000 de l'Algérie, (feuille de Constantine sud)	23
Fig.(I-15): Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle).....	25
Chapitre II:	Hydrogéologie
Fig.(II-1): Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002	32
Fig.(II-2) : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ sud	36
Photo (II-1): d'un forage du Complexe Terminale (2 ^{ème} nappe) à Sidi Mahdi	37

Chapitre III : Les méthodes d'irrigation de la région (classiques et modernes).

Fig (III-1): Système traditionnelle d'irrigation	44
Fig (III-2): Irrigation par canaux ouvert	45
Fig (III-3) : Ancien palmeraie	45
Photo .(III.1) : Système d'irrigation par conduite.....	49
Photo .(III.2) : Système d'irrigation par conduite	49

Chapitre IV : Etablissement d'un carte piézométrique et résultats.

Photo (IV-1): piézomètre N°4 à la région de sidi mahdi	54
Fig (IV- 01): Oued Righ CT	56
Fig (IV-02): Oued Righ CT NP en 2015	57
Fig (IV-03): Oued Righ CT NP 2015	58
Figure (IV-04): Oued Righ CT NP 2018	59
Figure (IV-05): Oued Righ CT NS 2018	60
Figure(IV-06): Oued righe CT NP 2015-2018	61

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

1

Chapitre I: région d'étude

Présentation de la

Introduction

4

I. Situation géographique et administrative de la région de oued Righ
Sud 5

II. Climat et végétation

5

III. Activité économique

5 IV. Géomorphologie

9

V. Besoins et ressources en eau

10

Climatologie

11

I- Etude des précipitations

11

II. La température

12

L'humidité

14 Géologie

17

Cadre géologique régional du bas Sahara

20

I-Cadre géologique local

2

2

Le Barrémien

2

4 II- Le Cénomanién

2

4

III- Le Turonien	
24 IV-	
Le Sénonien	
26	
I- Le Cénozoïque	
29	
Conclusion	
30	

Chapitre II: Hydrogéologie

I. Introduction	
31	
II-Hydrogéologie régionale	
32	
II-1 Le Continental Intercalaire (CI)	
33	
II-2 Le Complexe Terminal (CT)	
33	
II-3 La nappe phréatique	
	34
II-4 Potentialités en eau	
35	
III-Hydrogéologie locale	
35	
III-1 La nappe phréatique: B- Etat des regards	
36	
III-2 Les Nappes du Complexe Terminal	
36	
III- 3 La première nappe des sables	
37	
III-4 :Nappe du Continental Intercalaire dans le secteur de l'oued Righ	
Sud	38
Conclusion	
40	

Chapitre III: Les méthodes d'irrigation de la région (classiques et modernes)

III Introduction	42
------------------	----

Introduction General

INTRODUCTION GENERAL

En Algérie, la zone saharienne, aride, couvre les deux tiers de la superficie du pays. Malgré le caractère hyperaride du climat, cette région renferme deux grands systèmes aquifères dans son sous-sol:

- ☞ les nappes du « Continental Intercalaire », très profondes dans le bassin nord oriental, et contenant des eaux chaudes et souvent très minéralisées,
- ☞ les nappes du « Complexe Terminal », moins profondes mais salées.

Ces différentes nappes recèlent des potentialités hydriques importantes, qui sont actuellement abondamment exploitées pour les usages domestiques, industriels et l'irrigation des palmeraies.

La région de Oued Righ Sud. fait partie de cet immense désert. Elle couvre le Nord Est de cet ensemble et n'a jamais connu le manque d'eau. Néanmoins, malgré la disponibilité de la ressource, la population de Oued Righ Sud achète quotidiennement pour son alimentation en eau potable, de l'eau de meilleure qualité chimique, transportée dans des camions citernes, depuis le massif des Aurès.

Notre projet de fin d'études aborde précisément et les problèmes techniques posés par l'exploitation des différentes nappes de cette région.

nous permis de visiter et d'effectuer différentes observations, mesures et prélèvements :

- ⊕ dans quelques forages exploitant les nappes du Complexe Terminal,
- ⊕ du canal de l'oued Righ et la zone des chotts.

Sur le terrain, nous avons bénéficié du soutien de l'équipe locale de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) et d'autres services et bureaux d'études locaux intéressés par ce sujet.

Les paramètres physicochimiques (conductivité, températures) ont été mesurées in situ, à l'aide d'un matériel de terrain que nous avons emporté avec nous depuis Alger. Quant aux échantillons prélevés, nous les avons analysés à Touggourt-Sidi Mahdi, au laboratoire de l'INRA (Institut National de Recherche en Agronomie), avec l'aide du technicien du laboratoire. Du fait de l'indisponibilité de certains réactifs, cette opération nous prit beaucoup

- L'exploitation de la nappe CT dans les systèmes d'irrigation à palmeraie :

Les problèmes techniques posés par l'exploitation de ces nappes d'eaux été également abordés : entartrage et corrosion des conduites et tubages de forages, salinisation des sols agricoles et problèmes de santé dus aux maladies à transmission hydrique.

Par ailleurs, au cours de notre séjour, une documentation conséquente a pu être rassemblée au niveau de l'antenne de Touggourt de l'ANRH (Agence Nationale de Ressources Hydrauliques) et sa direction Régionale située à Ouargla. Mais également auprès de la DHW (subdivision de la Direction de l'Hydraulique de Wilaya), HF (Hydroforage), de l'AGID (Agence nationale de réalisation et de Gestion des Infrastructures hydrauliques pour l'irrigation et le Drainage) et de l'I.N.R.A (Institut National de Recherche en Agronomie), DTP (Département de Transport et Production, unité de Touggourt, Sonatrach).

Ce mémoire comporte quatre ,

- ⊙ L'introduction générale expose les activités économiques de la région, l'aspect agricole et les besoins en ressources en eau.
- ⊙ L'Hydro climatologie caractérise, sur la base de 29 années d'observation, les paramètres climatiques.
- ⊙ La partie géologique décrit la colonne stratigraphique locale et les formations susceptibles d'être aquifères.
- ⊙ L'Etude hydrogéologique définit les particularités hydrodynamiques et piézométriques de chaque niveau aquifère.

Chapitre I
**Présentation de
région d'étude**

Introduction

La région de oued Righ Sud fait partie de cet immense désert. Elle couvre le Nord Est de cet ensemble et n'a jamais connu le manque d'eau. Néanmoins, malgré la disponibilité de la ressource, la population de Touggourt achète quotidiennement pour son alimentation en eau potable, de l'eau de meilleure qualité chimique, transportée dans des camions citernes, depuis le massif des Aurès.

La région de oued Rège Sud que nous étudions fait partie du bas Sahara qui est limité :

- Au nord par l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès,
- au sud, par la falaise méridionale du TINHERT,
- à l'est par les affleurements crétacés du DAHAR,
- A l'ouest par la dorsale du Mزاب.

II-01: Situation géographique et administrative de la région de oued Righ Sud :

oued Rège Sud était la capitale historique de la région de l'oued Righ comprise entre le grand Erg Oriental, au sud-est et la zone des chotts, au Nord.

D'un point de vue administratif la daïra de oued Rège Sud appartient actuellement à la wilaya de Ouargla. Elle est située à 600 Km au sud-est d'Alger dans le Sahara Nord oriental entre le grand Erg oriental et le massif des Aurès (Fig. I, 1).

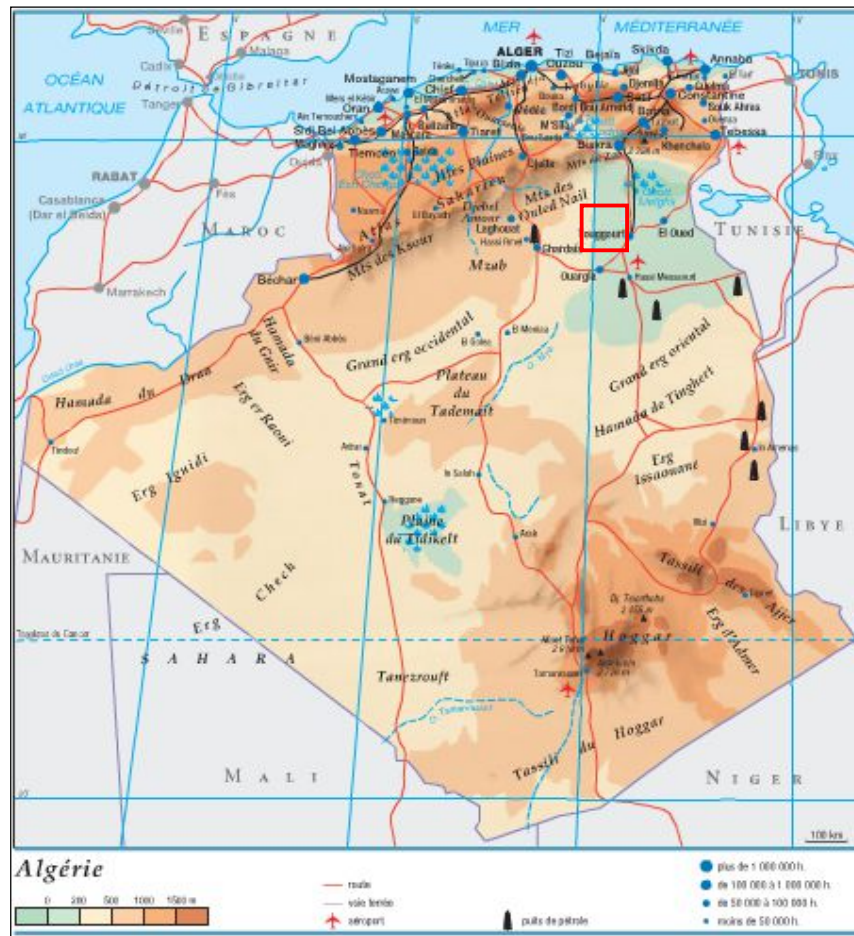


Fig.(I-1): Situation géographique de la région Touggourt, d'après Larousse (2004).

La région de oued Rège Sud est située entre les latitudes nord 32° 54' et 34° 9' et les longitudes Est 5° 30' et 6° 20'. L'altitude est proche de 70 m.

Cette région, peuplée d'environ 173 000 habitants, couvre une superficie de 1334 km².

Elle est divisée administrativement en 3 (trois) daïra et 5 (cinq) communes qui sont les suivantes :

- TOUGGOURT
 - ZAOUIAT SIDI EL ABED
 - EL NEZLA
 - TEBESBEST
- EL MGARINE
 - SIDI SLIMANE
- TEMACINE
 - BELIDAT AMOR

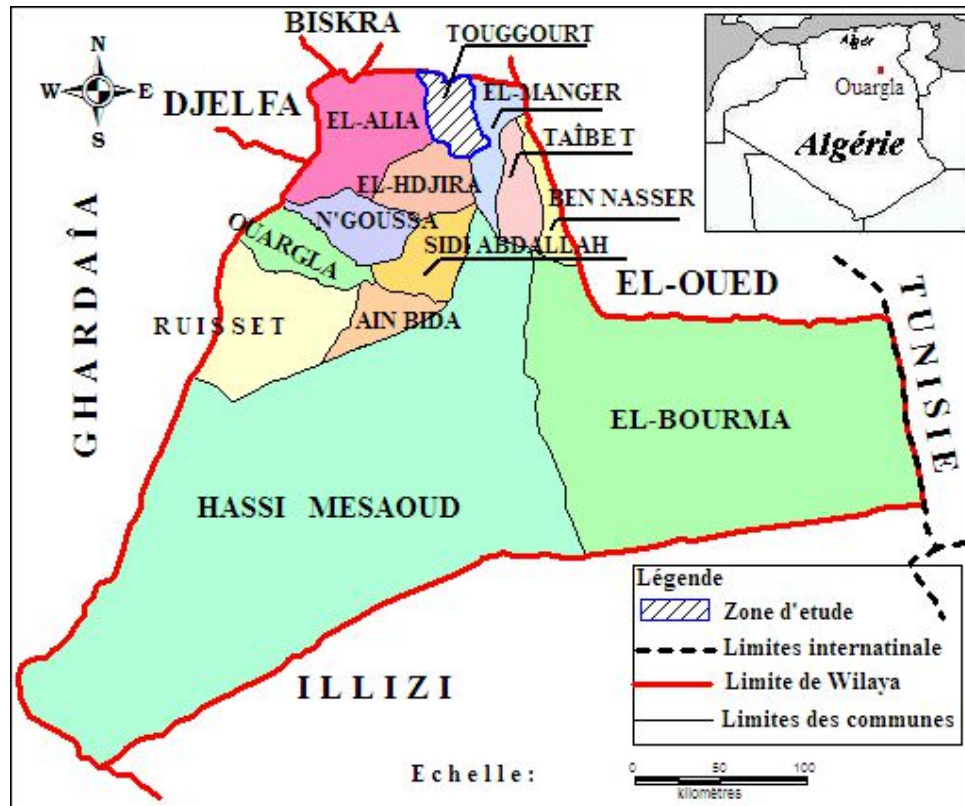


Fig.(I- 2): Carte de découpage administratif de Touggourt.

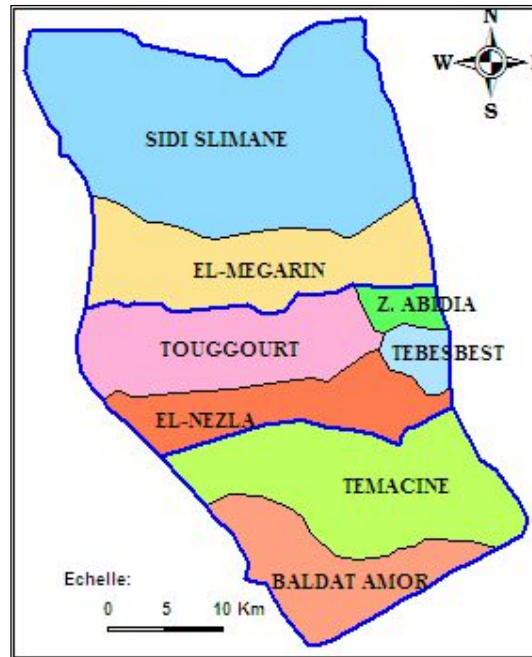


Fig.(I-3) : Carte de découpage administratif de la région de Touggourt.

Climat et végétation :

Les données de plusieurs décennies d'observations météorologiques à la station de Touggourt (Sidi Mahdi) montrent que la région de Touggourt est caractérisée par un climat typiquement saharien : des précipitations faibles et aléatoires, une température élevée avec une humidité faible. Les études agro hydrologiques font ressortir que les eaux des pluies ne prennent presque aucune part dans l'irrigation des cultures.

Activité économique

De part sa situation géographique au nord du Sahara, le voisinage des champs pétroliers et gaziers et la production des dattes, cette région est devenue actuellement un pôle économique important.

La ville de Touggourt est aussi le dernier point, vers le sud est, du chemin de fer.

L'activité principale a longtemps été basée sur l'agriculture et, notamment, l'exploitation du palmier-dattier. Mais, au fur et à mesure que Touggourt devenait une cité administrative importante, d'autres activités, initialement embryonnaires, se sont développées : l'artisanat, le tourisme et plus récemment, quelques petites industries.

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité, est quelque peu délaissé actuellement à cause du faible rendement des palmiers, dû aux effets néfastes de la « salinisation »

des eaux et des sols, du phénomène de « remontée des eaux », du vieillissement des palmiers etc... De plus, les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés et accentuent, malgré l'aide de l'état pour la mise en valeur des terres, le déséquilibre au détriment de l'activité agricole.

Les dernières statistiques (1998) montrent que l'agriculture n'occupe, dans la région de Touggourt, qu'un faible main d'oeuvre.

Etant donné le contexte climatique hyper aride, l'agriculture est très consommatrice d'eau.

Parmi les espèces cultivées on note la prédominance du palmier dattier, notamment la variété « Dajlat Nour ».

En dehors du palmier dattier, les autres espèces culturales sont peu développées et n'occupent que 10 à 15% de la superficie cultivée.

On note aussi l'existence d'élevage de quelques espèces animales typiques.

Dans le domaine de l'industrie il existe plusieurs petites usines, surtout des briqueteries (8), implantées à proximité de la source de matière primaire, ainsi que des complexes de transformation d'hydrocarbures (DTP), transformation de plastique), fabrique d'aluminium, ainsi que des entreprises de conditionnement de dattes.

Le tourisme existe aussi. Il occupe une partie importante de la population de Touggourt à cause de l'existence de quelques repères touristiques comme les oasis, le lac de Témacine, les anciennes médinas de Touggourt et de Témacine etc....

Enfin, citons l'existence dans cette région de la Zaouïa Tijaniya qui accueille de nombreux visiteurs chaque année.



Photo.(I-1: lac de Temacine RAKROUKI N, MERCHRI T (2017): Thème de mémoire problématique D'irrigation Dans La Région D'Oued Righ La Wilaya D'El Oued 74 pages).

Géomorphologie :

La région de Touggourt occupe un large fossé en forme d'arc orienté nord-sud, le plus souvent dénommé « oued Righ », qui repose sur les formations du Mio-pliocène et de l'Eocène.

Les pentes topographiques y sont faibles et les reliefs peu marqués. La dénivellation entre le haut et le bas du paysage ne dépasse pas la centaine de mètres sur 100 km ; la pente globale est de l'ordre de 1%.

Cette région est connue sous le nom de Bas Sahara, à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone des chotts au nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer.

Besoins et ressources en eau :

Tableau(I-1): Besoins et ressources de la région de Touggourt.

	Besoin l/s	Ressources			Débit du canal en différentes stations m ³ /s
		AEP l/s	AEI l/s	AEA l/s	
Beldat Amor	150	50	0,00	1234,50	0,26
Témacine	170	70	0,00	687,82	0,81
Touggourt	200	120	15,00	417,00	1,30
Sidi El Abed	200	120	0,00	543,52	1,30
Tebesbest	200	120	2,50	535,26	1,30
Nezla	200	120	0,00	1590,44	1,30
Megarín	200	120	0,00	653,84	2,14

Sidi Slimane	240	120	0,00	663,00	2,45
Total		840	17,50	6325,38	2,45
Moyen	195				

Dans la région de Touggourt, les ressources en eau existantes sont supérieures aux besoins. Le besoin journalier (en moyenne : 195 l/j/h) dépasse les normes mondiales (100 à 150 l/j/hab). De ce fait, les ressources mobilisées pour l'AEP (alimentation en eau potable), l'AEI (alimentation en eau industrielle) et l'AEA (alimentation en eau d'irrigation) sont supérieures aux besoins respectifs. On constate aussi que le débit fourni pour l'agriculture est très supérieur à ceux des autres secteurs d'activité.

Le débit du canal de l'oued Righ est de l'ordre de 260 l/s au point de départ (Beldat Amor) et augmente progressivement vers l'aval (2450 l/s à Sidi Slimane) .

Climatologie :

I- Etude des précipitations :

I-I- Précipitations mensuelles observées à la station de Touggourt :

Le tableau ci-dessous donne les précipitations moyennes mensuelles observées durant deux périodes allant de 1913 à 1961 puis 1974 à 2002.

Tableau.(I-2): Précipitations moyennes mensuelles à la station de Touggourt durant les deux périodes (1913–1961 et 1974–2002).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	An
1913–1961	1,9	5,3	10	7	6,3	4,6	9,6	4,8	2,9	2,9	0,6	0,8	56,9
1974–2002	3,83	4,54	8,9	5,4	11	5,92	10,1	5,87	3,6	1,79	0,53	0,72	62,73

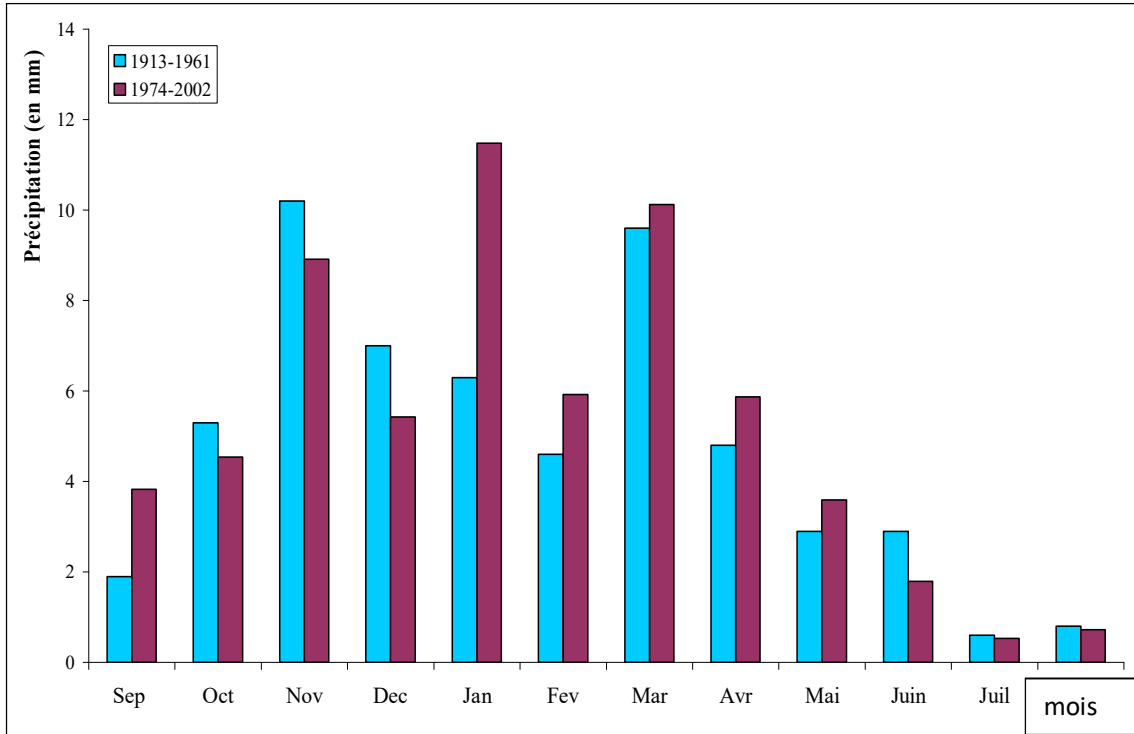


Fig.(I-5): Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station de Touggourt Durant les deux périodes (1913–1961 et 1974–2002).

L’histogramme qu’est on déduit (fig I-8) montre que les précipitations se produisent du mois de Novembre à mars alors que le reste de l’année est relativement sec (particulièrement en juillet et août).

La lame précipitée mensuelle moyenne varie entre 0,52 et 8,24 mm et le total annuel est de 62,73 mm.

La température :

La température joue un rôle primordial sur le climat. Dans notre zone d’étude, de type désertique, elle a plus d’ampleur et influe grandement sur les autres paramètres météorologiques tels que l’évaporation et le taux d’humidité de l’atmosphère. Elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique.

Le tableau suivant donne les valeurs des températures moyennes mensuelles observées à Touggourt, durant la période 1975–2002.

Tableau.(I-3) : Températures moyennes mensuelles à Touggourt (1975–2002).

Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	An
9.85	12.43	16.16	20.44	25.62	30.76	33.35	32.83	28.44	21.163	15.40	11.20	21.51

La courbe qui découle de ce tableau illustre les variations mensuelles de la température. On constate que les valeurs les plus élevées s'observent entre mai et septembre ($>25^{\circ}\text{C}$), et les plus basses en décembre et janvier avec respectivement $11,20$ et $9,85^{\circ}\text{C}$. La moyenne annuelle est de $21,51^{\circ}\text{C}$. On note que l'écarte entre le jour et la nuit est important varie de 12 et $14,5^{\circ}\text{C}$.

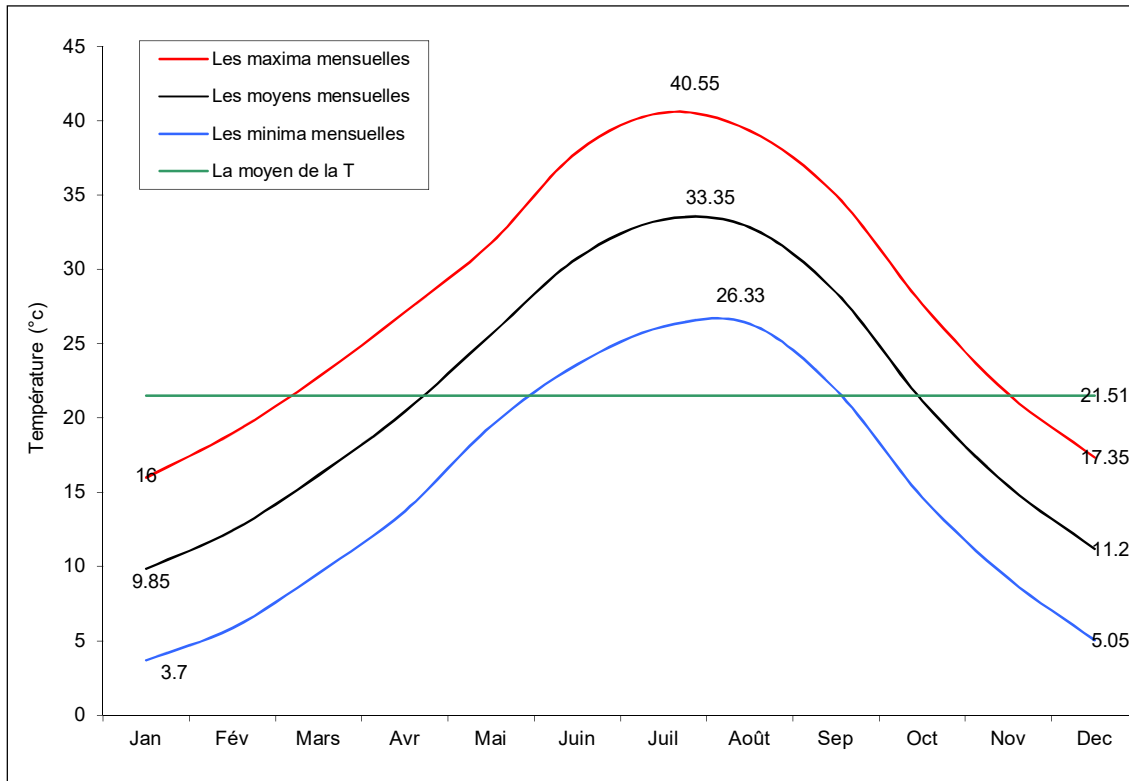


Fig.(I-6): Variation mensuelle des températures moyennes à la station de Touggourt (1975-2002).

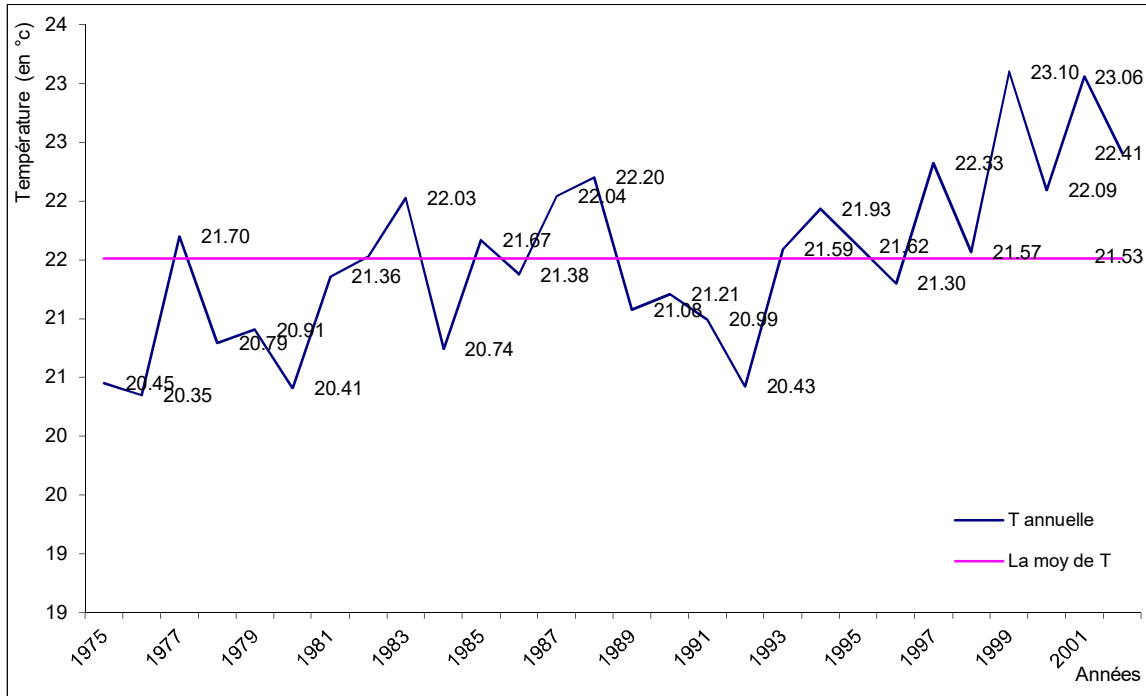


Fig.(I-7): Variation interannuelle (1975 à 2002) des températures moyennes à Touggourt.

La courbe des variations interannuelles des températures montre que celles-ci sont plus souvent inférieures à la moyenne durant la première partie de la période d’observation (1975–1996) et supérieures durant la seconde (1997–2002), à cette valeur moyenne, traduisant un léger réchauffement de l’atmosphère.

L’humidité :

Le tableau suivant donne les valeurs d’humidité relative moyenne, observées en 28 ans d’observations (1975–2002). Le graphique qui en découle permet de distinguer les mois secs des mois relativement humides.

Tableau.(I-4): Humidité relative moyenne mensuelle à Touggourt (1975–2002).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
HR %	64,07	54,82	49,11	44,61	40,71	35,50	32,18	33,96	44,43	52,54	61,46	65,79	48,26

On remarque grâce à ces valeurs que les mois « humides » (HR > 48,26% = Moy), sont janvier, février, mars, octobre, novembre, décembre et les mois « secs » caractérisant le reste de l’année.

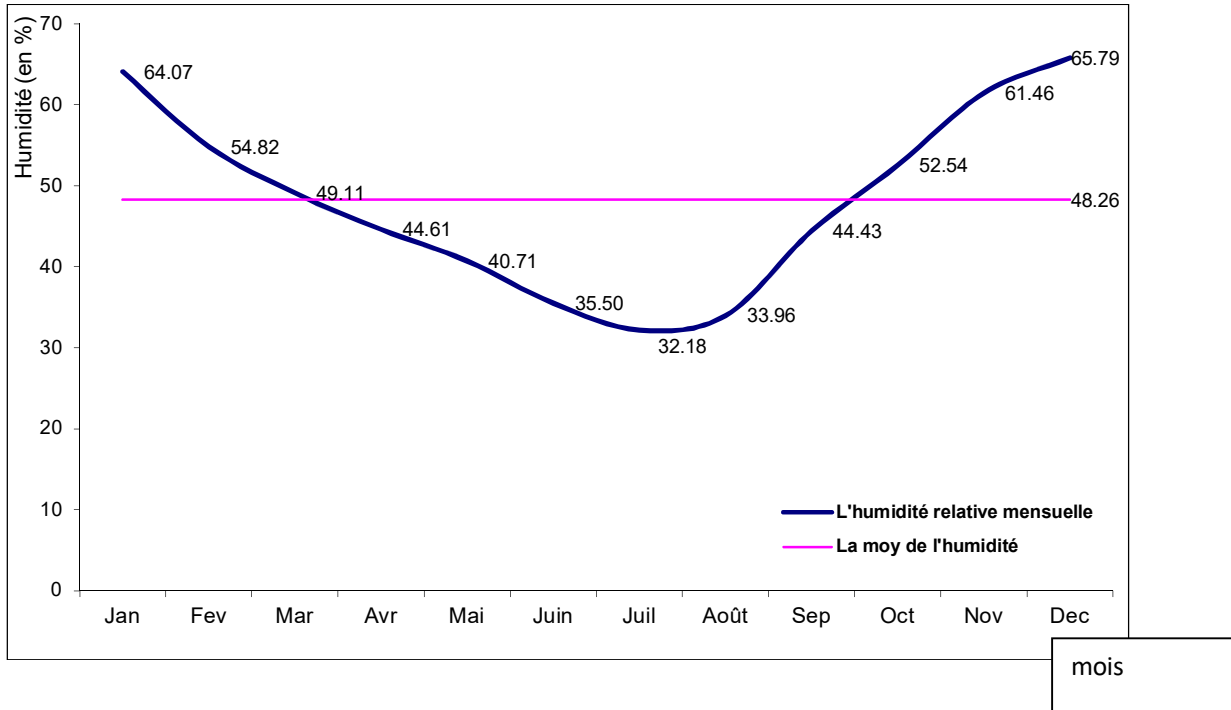


Fig.(I-8) : Variation mensuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt (1975–2002).

En ce qui concerne les variations interannuelles, on remarque que le taux d'humidité oscille autour de sa valeur moyenne (48,26%) sauf en 1976 qui présent un pic à 54,50% et en 1983 marquant un minimum à 42,08 %.

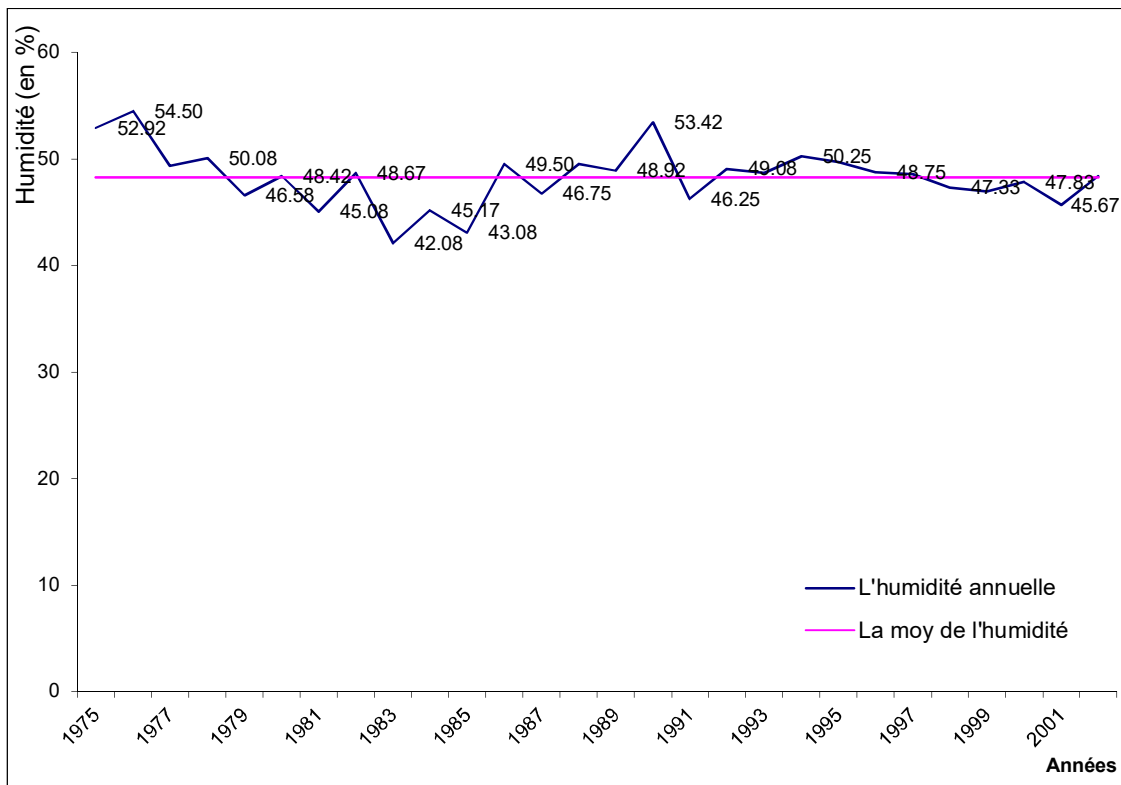


Fig.(I-9): Variation interannuelle de l'humidité relative moyenne à la station de Touggourt (1975–2002).

L'évaporation :

Le tableau suivant porte les valeurs mensuelles de l'évaporation (période 1975–2002).D'après ce tableau, l'évaporation la plus élevée se produit en juin, juillet et août et la plus faible en janvier. En Moyenne elle est de 257.77 par an.

Tableau.(I-5): Evaporation moyenne mensuelle à Touggourt en % (1975–2002).

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	An
110,7 1	139,0 7	223,3 9	279,6 1	347,3 6	404,6 1	435,7 9	410,8 2	291,2 1	208,9 3	127,8 9	113,8 2	257,7 7

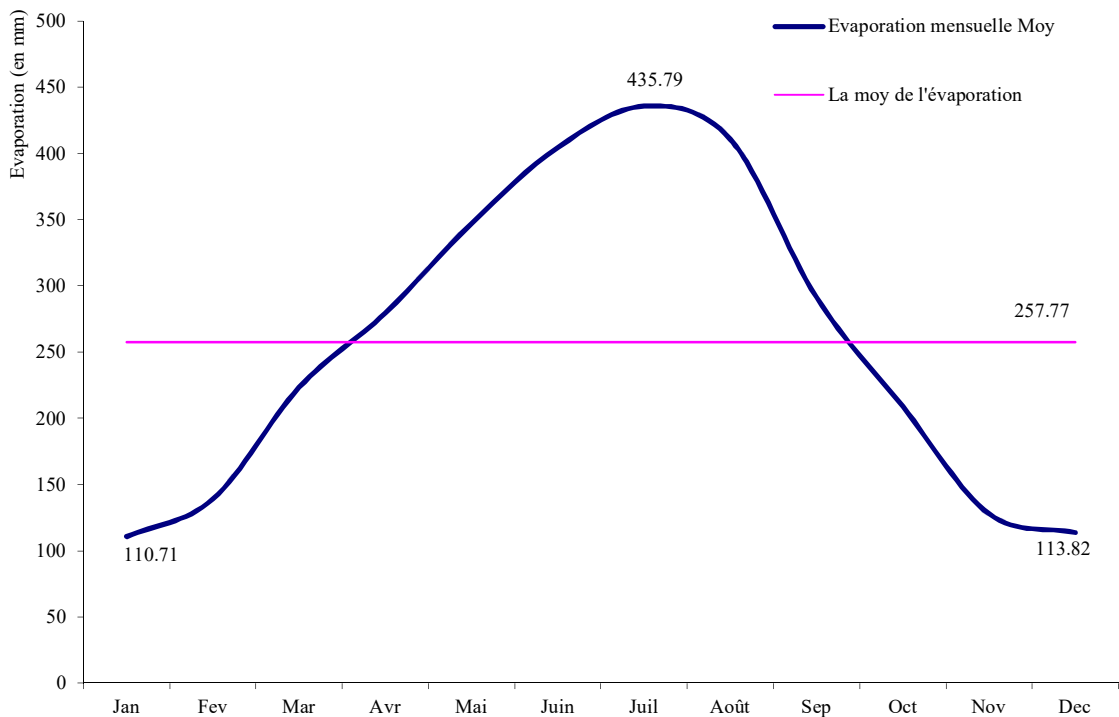


Fig.(I-10): Variation mensuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (1975–2002).

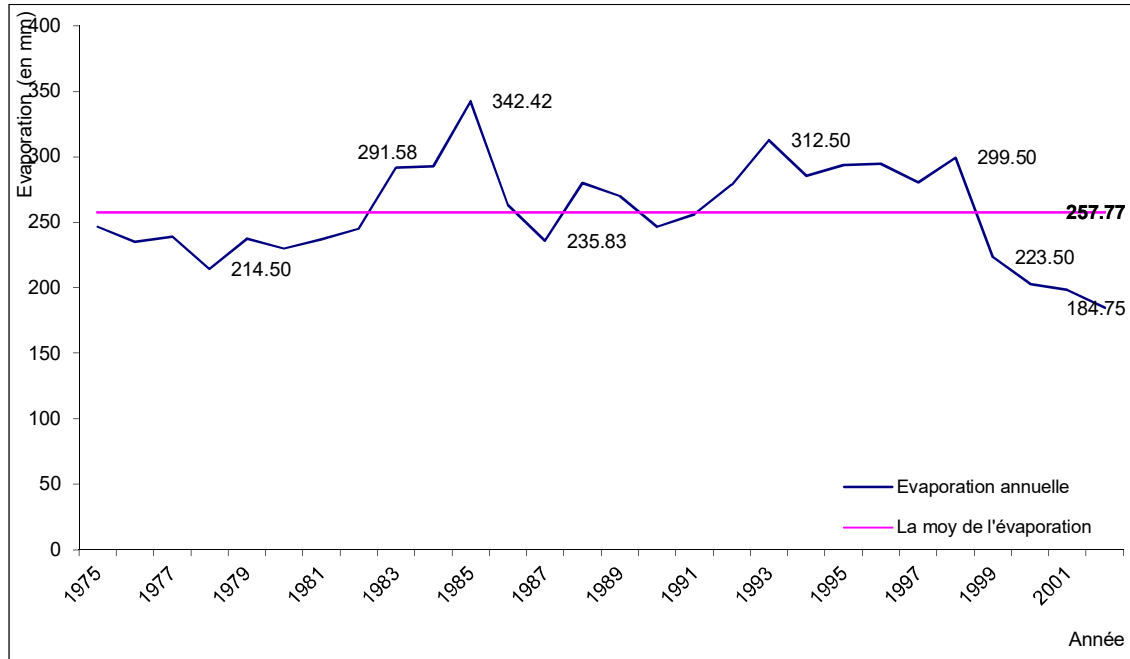


Fig.(I-11): Variation interannuelle de l'évaporation moyenne à la station de Touggourt (1975–2002).

Géologie :

I-1-Cadre géologique régional du bas Sahara :

La région d'Oued Righ Sud que nous étudions fait partie du bas Sahara qui est limité :

- Au nord par l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès.
- au sud, par la falaise méridionale du TINHERT,
- à l'est par les affleurements crétacés du DAHAR,
- A l'ouest par la dorsale du Mzab.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara (fig. 24). Avec plus de 600 Km de diamètre il couvre 720 000 Km² de superficie. Il s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassilis au sud. Une grande partie du bassin est recouverte par le grand Erg oriental, soit 125 000 Km². La région de Touggourt que nous étudions fait partie de cet ensemble.

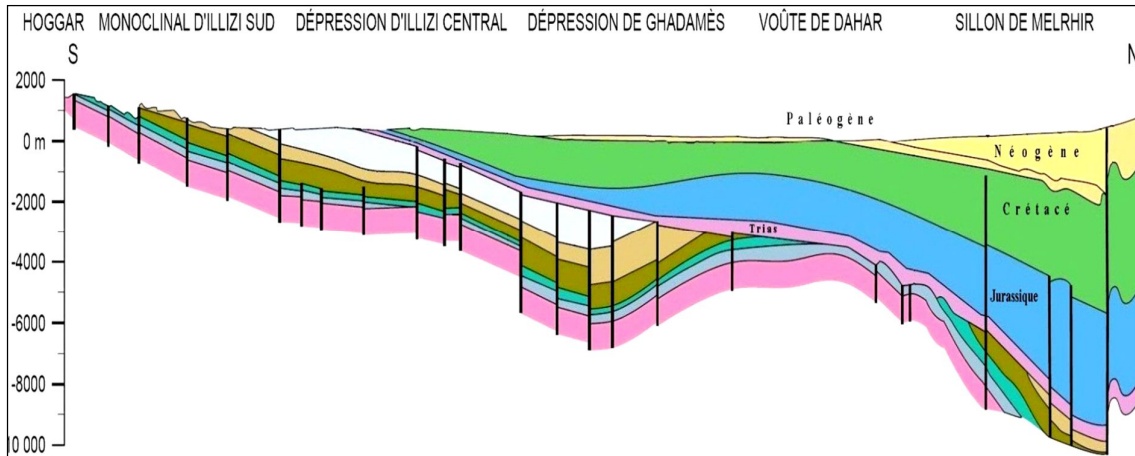
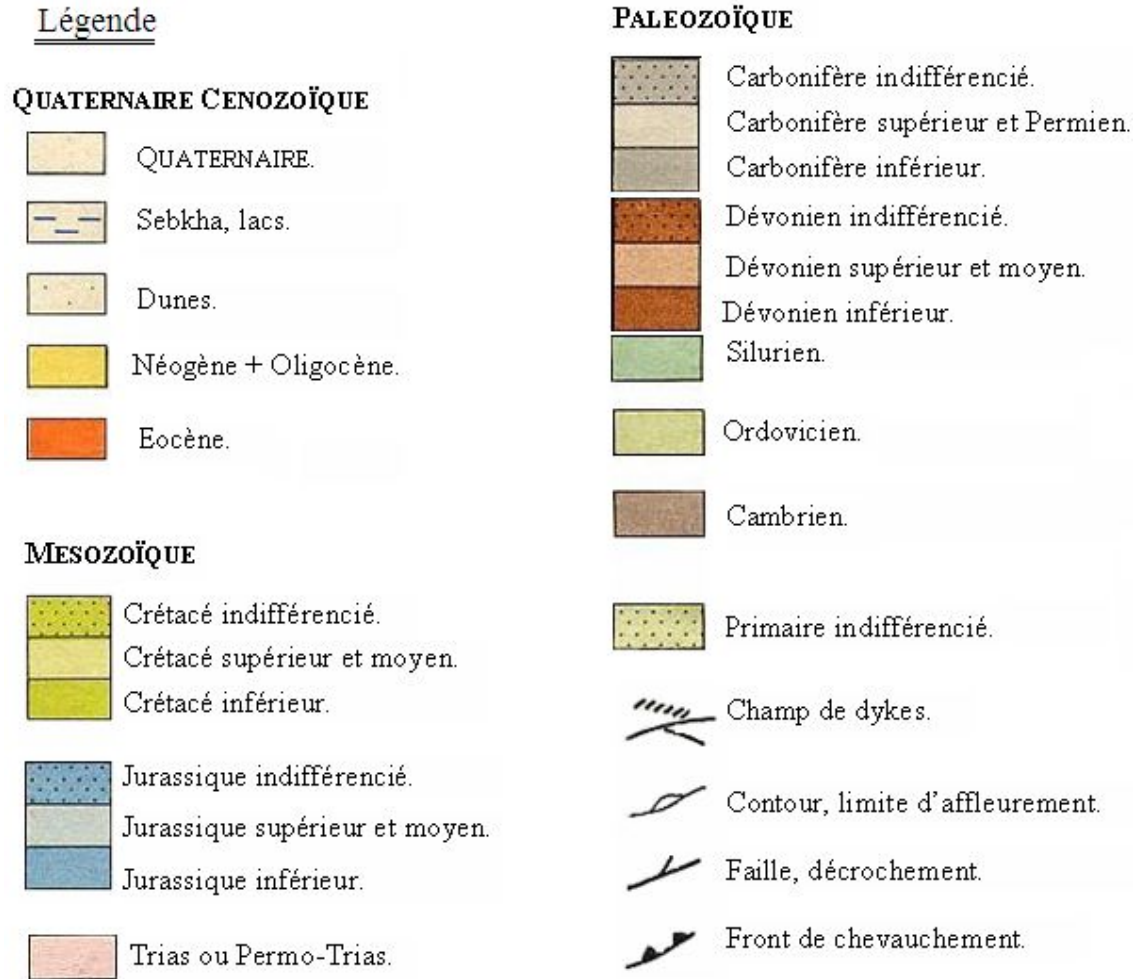


Fig.(I-12): Coupe géologique synthétique du Sahara oriental, d'après Sonatrach.

Le Bas-Sahara est caractérisé par l'extrême simplicité de sa topographie. Mis à part le côté Nord, les autres bordures sont de hauteur modeste et s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée, matérialisée par l'axe SSW-NNE et parcourue par les oueds Mya et Righ. Vers le nord au contraire, se dresse une haute barrière composée des monts des Ouled Naïl, des Aurès et des Nemamcha, bordant une dépression longitudinale occupée par des chotts, et dont le fond est inférieur au niveau de la mer.

Le bas Sahara se présente ainsi comme une cuvette synclinale.

Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental. Cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures.



I- Cadre géologique local :

Pour étudier la géologie de la zone de Touggourt, nous étendrons le champ d'investigation à tout le Bas-Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques, caractérisant la région.

Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles (fig. 25 et 26):

- Les terrains paléozoïques affleurent au sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar,
- Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordure du bas Sahara.,

Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre de la cuvette (fig. 26 et 27).

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle précambrien (*FURON, 1968*), qui se situe entre 3000 et 5000 mètres. Il s'ensuit que les dépôts sédimentaires font environ 4500 mètres d'épaisseur.

Dans cette étude, nous nous intéresserons surtout à la couverture sédimentaire post Paléozoïque, qui renferme les principaux aquifères du Sahara. La série géologique (fig. 28) renferme deux ensembles hydrogéologiques importants dénommés : Continental Intercalaire (à la base) et Complexe terminal (au sommet), présents dans tout le Sahara Nord oriental.

Les nombreux travaux d'auteurs tels que : (*J. SAVORIN 1931, R. KARPOFF 1952, A. CORNET 1961 et R. FURON 1968*) ont permis de reconstituer une série stratigraphique, aussi complète que possible.

Les formations géologiques seront décrites du plus ancien au plus récent.

I- Le Mésozoïque :

II- Le Crétacé :

Cette époque géologique est intéressante pour deux raisons : d'une part, le Crétacé affleure sur les bords du Bas-Sahara et constitue le substratum immédiatement superposé au Paléozoïque (KARPOFF, 1952) d'autre part, l'étendue des affleurements crétacés est très importante en Algérie orientale.

III- Le Néocomien :

Se subdivise en deux séries :

⊙ **la série inférieure :**

A prédominance argileuse, elle est représentée par des argiles grises et vertes, plus ou moins pélitiques. Dans ces argiles, sont intercalées des dolomies microcristallines et cristallines.

⊙ **la série supérieure :**

On distingue deux ensembles :

- l'ensemble supérieur, constitué de dolomies et de calcaires microcristallins, avec des intercalations d'argiles, de pélites et de marnes blanches et grises,
- l'ensemble inférieur, surtout anhydritique avec intercalations d'argiles. Plus ou moins anhydritique, grises, vertes et rouges ces argiles passent à des marnes avec lits dolomitiques.

L'épaisseur du néocomien est de 350m

Le Barrémien :

Son épaisseur varie de 310 à 345m. Le barrémien est constitué de grés fins à moyens à ciment argileux, avec des passées de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grés arkosiques, plus ou moins grossiers.

Cette épaisse série détritique poreuse du Barrémien constitue un important aquifère.

I- L'Aptien :

L'aptien est constitué de dolomies microcristallines à cristallines, parfois blanches, crayeuses et tendres, contenant des débris de mollusques et entrecoupé de marnes grises

dolomitiques. L'aptien présente les caractéristiques d'un terrain semi-perméable, son épaisseur varie de 28m à 31m.

II- L'Albien :

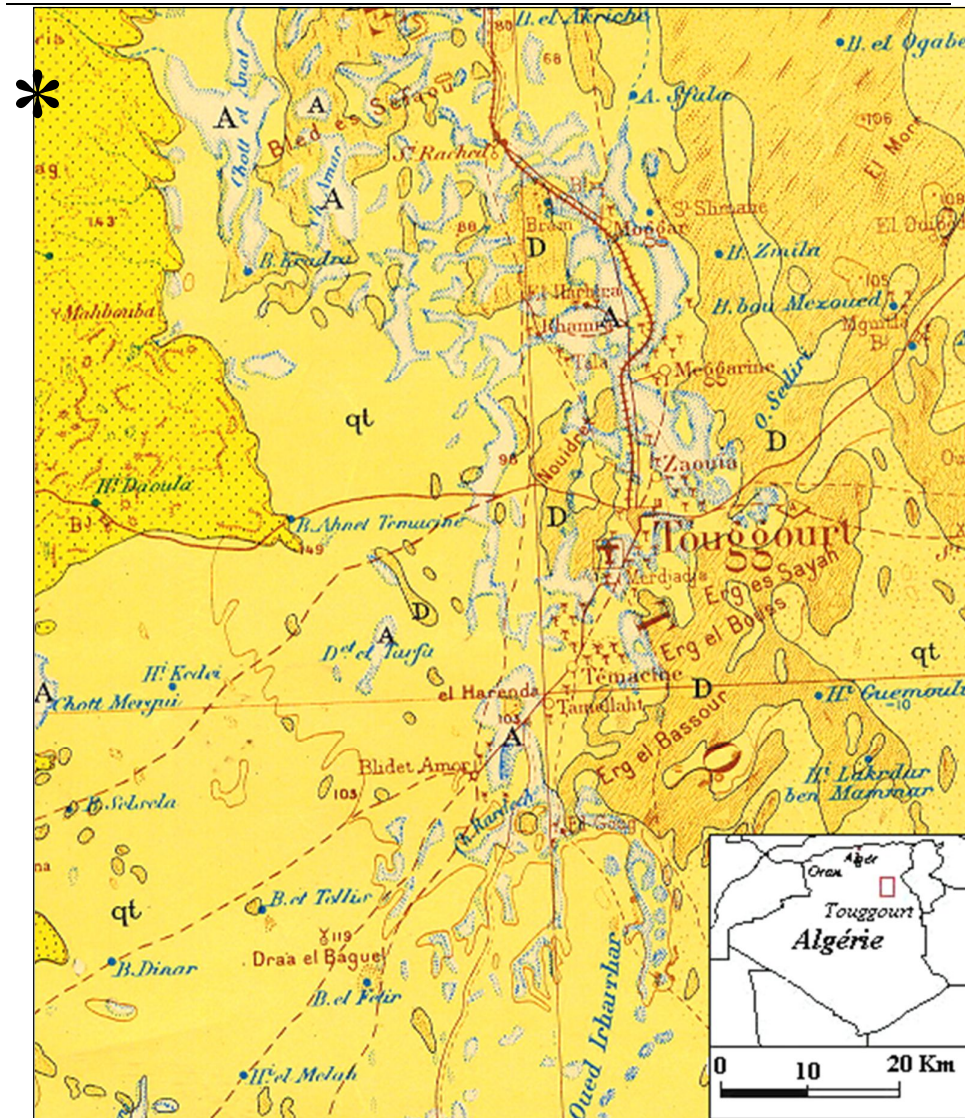
Il est essentiellement constitué de grès faibles à ciment argileux et d'argiles sableux. Les grès et les sables sont fins à très fins passant parfois à des pélites, Les argiles souvent pélitiques sont de couleur grise ou verdâtre. Cette formation albienne présente les caractéristiques suivantes :

- épaisseur croissante d'est en ouest,
- teneurs élevées en éléments clastiques,
- les teneurs en carbonates décroissantes d'est en ouest depuis les valeurs supérieures à 10% jusqu'à des valeurs proches de zéro.

L'albien se présente comme une série très épaisse.

I- Le Vraconien :

Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitique, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire. Le Vraconien est imperméable. Son épaisseur est de 110m environ.



Légende :

<table border="1"> <tr><td>A</td></tr> <tr><td>D</td></tr> <tr><td>qt</td></tr> <tr><td>qm</td></tr> <tr><td>qC</td></tr> <tr><td>qV</td></tr> <tr><td>pV</td></tr> <tr><td>pe</td></tr> </table>	A	D	qt	qm	qC	qV	pV	pe	<p>Alluvions actuelles, lacs, marécages, Dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-Salines.</p> <p>Dunes récentes.</p> <p>Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses.</p> <p>Quaternaire marin : plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent.</p> <p>Calabrien : grès marins formations dunaires associées.</p> <p>Villafranchien : calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges.</p> <p>Pliocène continental et Villafranchien non séparés.</p> <p>Pliocène continental poudingues, calcaires lacustres.</p>	<table border="1"> <tr><td>p</td></tr> <tr><td>mp</td></tr> <tr><td>ms</td></tr> <tr><td>mm</td></tr> <tr><td>mo</td></tr> <tr><td>mc</td></tr> <tr><td>mi</td></tr> </table>	p	mp	ms	mm	mo	mc	mi	<p>Pliocène marin Conglo mérats, mames bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées</p> <p>Pontien (localement équivalent du mc)</p> <p>Miocène terminal marin et lagunaire : couche à tripoli, mames à gypse.</p> <p>Miocène supérieure marin : calcaire, grès ; argiles</p> <p>mc Miocène continental anté Pontien</p> <p>mi Miocène inférieur marin (burdigalien)</p>
A																		
D																		
qt																		
qm																		
qC																		
qV																		
pV																		
pe																		
p																		
mp																		
ms																		
mm																		
mo																		
mc																		
mi																		

Fig(I-14) : Carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique 1/500 000 de l'Algérie, (feuille de Constantine sud).

II- Le CénoManien:

Cet étage marque, pour la première fois, depuis le paléozoïque, le retour de la mer au Sahara, jusqu'aux régions les plus lointaines. Selon KARPOFF, son faciès est partout lagunaire ou

détritique, on peut alors en déduire que le Bas-Sahara, au moment de cette transgression, était partout ramené à une pénéplaine extrêmement plate.

L'immense transgression n'a pas dû se faire partout au même moment et les faciès continentaux montent plus au moins haut dans l'étage.

Le Cénomaniens est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Son épaisseur est de l'ordre de 170 mètres.

III- Le Turonien :

Au Turonien, le régime marin persiste dans le Bas-Sahara et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire et dolomitique, marneux à la base et dolomitique ou calcaire au sommet. Son épaisseur est de 70 mètres.

IV-Le Sénonien :

Dans tous le Bas-Sahara, le sénonien est formé de deux ensembles très différents de point de vue lithologique :

- le sénonien lagunaire, à la base,
- le sénonien carbonaté, au-dessus.

➤ Sénonien lagunaire :

La limite inférieure, du sénonien lagunaire est généralement nette. En effet, les évaporites et argiles sénoniens sont aisément différenciables des calcaires et dolomies du Turonien. Le passage est beaucoup moins net entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté. *BEL* et *DEMARGNE* ont pris comme limite supérieure du Sénonien lagunaire, soit le dernier banc lorsque le passage est franc, soit le point où le pourcentage des carbonates dépasse celui des évaporites lorsque le passage se fait de façon progressive.

Du point de vue lithologique le Sénonien lagunaire est constitué par une alternance de bancs d'anhydrite, de dolomie, d'argile et de sel. Le Sénonien lagunaire est imperméable.

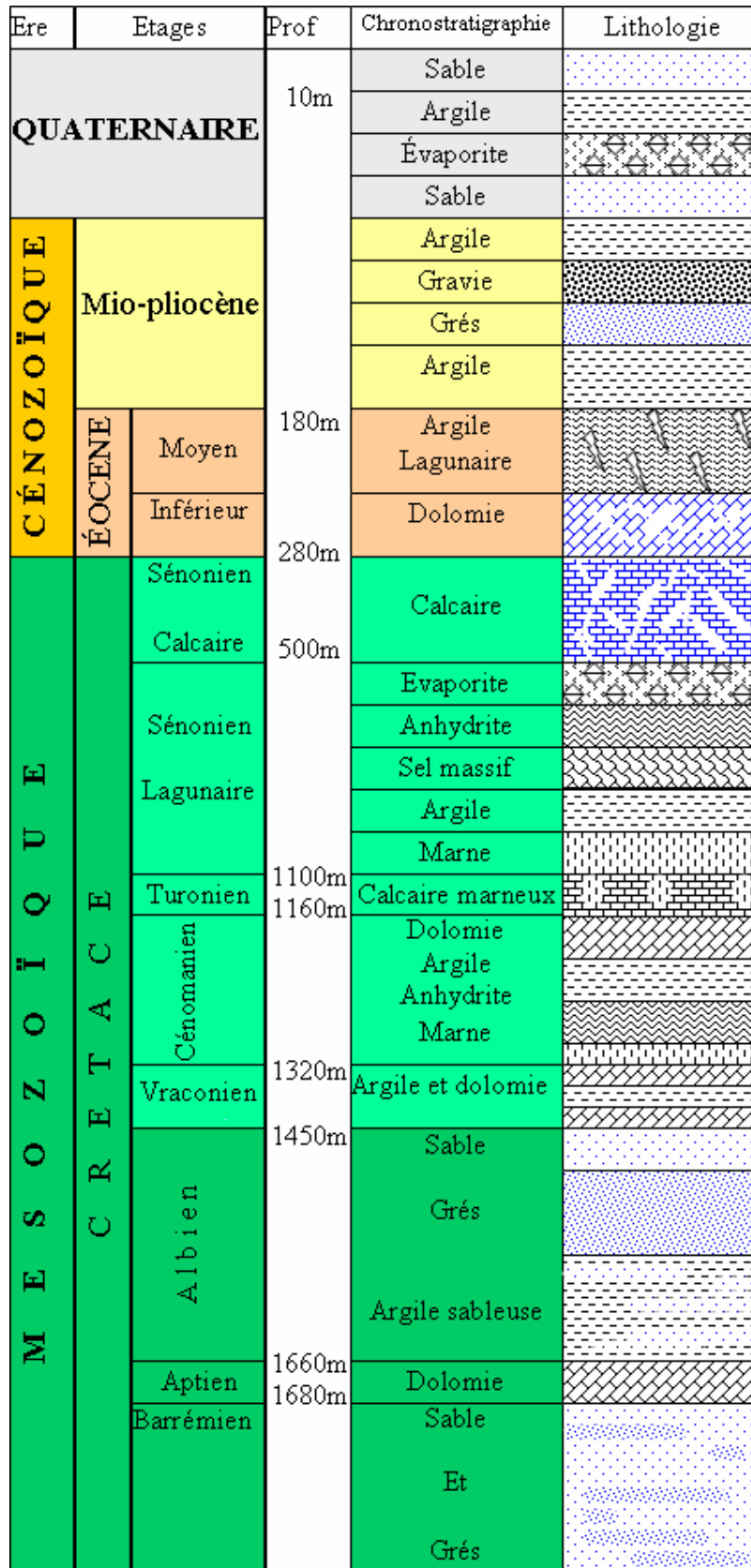


Fig.(I-15): Log stratigraphique synthétique de la région de Touggourt, (sans échelle).

Le sel n'existe que dans certaines zones, son épaisseur totale peut atteindre 140 mètres, mais l'épaisseur maximum d'un banc ne dépasse pas 10 mètres. De plus, les bancs de sel se présentent toujours à la base du Sénonien lagunaire.

➤ **Sénonien Carbonaté :**

Le sénonien supérieur est carbonaté: il est essentiellement constitué de dolomies et de calcaires microfissures avec des intercalations de marnes d'argiles et plus rarement d'anhydrite.

La limite entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté n'est pas toujours bien nette. La limite supérieure du Sénonien carbonaté est encore plus floue, en effet, il y a pratiquement continuité de point de vue lithologique entre le Sénonien et l'Eocène carbonaté. Les deux niveaux étant formés de calcaires de même nature. Seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Eocène.

Le Sénonien carbonaté est essentiellement formé de dolomies et de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrite. Son épaisseur dépasse parfois 200 mètres.

I- Le Cénozoïque :

I- L'Eocène :

Comme pour le Sénonien, on distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques:

- L'Eocène carbonaté à la base,
- L'Eocène évaporitique au-dessus.
- **- L'Éocène inférieur (carbonaté) :**

Il est composé de bancs de dolomies, de calcaires dolomitiques de calcaires à nummulites et à rognons silex. Avant la fin de l'Eocène carbonaté, la mer quitte définitivement le Sahara, qui ne connaîtra plus qu'un régime continental, souvent désertique et ce jusqu'à nos jours.

➤ **- L'Éocène Moyen (Evaporitique) :**

Au-dessus de l'Eocène carbonaté, on rencontre une formation constituée par une alternance de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites. Elle renferme une faune d'âge Eocène à nummulites et globigérines. C'est cette formation que l'on désigne dans le Bas-Sahara sous le nom d'Eocène évaporitique.

Les bancs carbonatés sont suffisamment importants pour constituer des niveaux aquifères.

I- Le Mio-Pliocène :

Le Mio-pliocène correspond au Continental Terminal de *C. KILIAN, 1933*. C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le primaire, le C.I., le Cénomaniens, le Turonien, le Sénonien ou l'Eocène.

BEL et *DEMARGNE* distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires :

➤ **Niveau 1 :**

Argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène évaporitique, ces argiles de la base du Mio-Pliocène constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables du niveau 2.

➤ **Niveau 2 :**

Gréso-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant. A sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour passer au niveau 3. Le niveau 2 est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.

➤ **Niveau 3:**

C'est une formation argilo-sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. La couche n'existe que dans certaines zones.

➤ **Niveau 4 :**

C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène, parfois en continuité avec le niveau 2. Le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaires gréseux (croûte Hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 mètres.

Le Quaternaire :

Le Quaternaire est constitué de sables éoliens, localement intercalés de lentilles d'argiles sableuses et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le grand Erg oriental. C'est à ce niveau que l'on rencontre la nappe superficielle qui est alimentée principalement par l'infiltration des eaux déficitaires lors d'irrigation. Son épaisseur est variable et peut atteindre localement une dizaine de mètres.

➤ **Tectonique générale :**

La géométrie actuelle des formations du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara est caractérisée par l'absence des déformations tectoniques importantes.

La chaîne des Maghrébides qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contrecoups sur la plate forme saharienne :

- les mouvements de l'Eocène moyen à supérieur, sont bien nets, la phase du Miocène inférieur qui succède et donne naissance au Tell et aux AURES,
- enfin la phase plio-quaternaire qui s'insère avec les précédentes dans la phase alpine ; d'où l'apparition des fractures de direction est-ouest, forment la surrection du massif des AURES et l'affaissement de la partie sud « sillon sud AURESIEN », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la

naissance des chotts tels que chott MEROUANE et chott MEGHIER. la flexure sud atlasique de direction est-ouest qui sépare deux domaines distincts, c'est aussi qu'on, peut avoir au nord des points culminant « monts des AURES » et au sud les points les plus affaissés

Nous présentons un tableau récapitulatif des étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien données par R. KARPOFF en 1952 :

Conclusion:

La région de l'Oued Righ montre des altitudes qui s'abaissent progressivement et régulièrement du Sud vers le Nord, d'où le rôle d'un collecteur de toute les eaux d'origine diverses et lointaines aboutissant à l'exutoire naturel. Elle couvre une superficie de 3186.78 km² et sa population est de 280993 habitants. Aussi que La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région, et elle consomme plus des 90% des eaux.

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect climatique de la région de l'Oued Righ est caractérisée par un climat désertique, hyper-aride :

Les précipitations sont faibles et irrégulières, de l'ordre 74.36 mm/an et ne jouent aucun rôle dans la recharge directe des nappes, à l'exception de quelques orages violents qui génèrent des ruissellements.

Les températures sont élevées 22,39 c° en moyenne annuelle et 34,3 c° au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation.

L'humidité relative moyenne annuellement est de 48.67%, avec 67% mois de décembre et 33% au mois de juillet. Tandis que l'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 243 mm/an.

La région de l'Oued Righ se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Seuls quelques affleurements sont observés, sur les bordures.

Chapitre II
Hydrogéologie

Introduction :

La zone étudiée appartient au bas Sahara, dans le tiers (1/3) sud de l'Oued Righ. Elle se situe dans un contexte climatique de type désertique hyperaride. Les précipitations sont très faibles et irrégulières et ne jouent aucun rôle dans la recharge des nappes.

Dans la région étudiée, il existe deux systèmes aquifères, séparés par d'épaisses séries argileuses et évaporitiques, de la base du Crétacé supérieur (fig II 1). Il s'agit du :

- ◆ Continental Intercalaire (CI), aquifère profond composé de sable gréseux ou gréseux argileux,
- ◆ Complexe Terminal, composé de trois nappes superposées:
 - L'une dans les sables et argiles du Pliocène (CT 1).
 - L'autre dans les sables grossiers à graviers, du Miocène supérieur (CT 2).
 - La troisième dans les calcaires fissurés, plus ou moins karstiques, de l'Eocène inférieur (CT 3).

Au dessus, existe un aquifère superficiel à nappe libre, dite nappe phréatique.

Ces deux systèmes hydrauliques font du Sahara algérien une région considérée comme très riche en ressources hydriques.

Hydrogéologie régionale :**II-1-Le Continental Intercalaire (CI):**

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km² (fig II-1). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ.

Située à plus de 1400 m de profondeur dans la zone de Touggourt, cette nappe est plus connue sous la dénomination d'« Albien », nom de l'étage géologique qui renferme la couche aquifère supérieure du « Continental Intercalaire », qui est la plus exploitée. Le terme de Continental Intercalaire, par contre, désigne l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara, entre deux cycles marin.

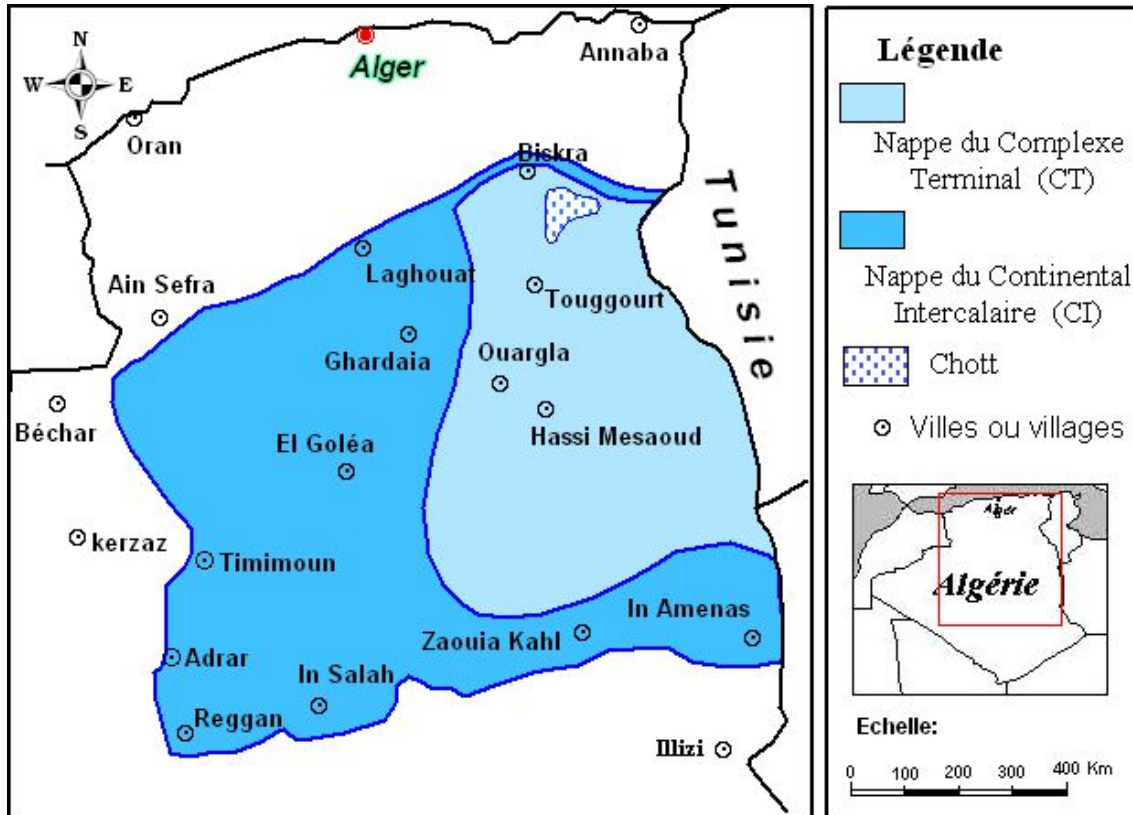


Fig.(II-1): Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002.

La transgression cénomaniennne, très générale au Sahara, donne au Continental Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure. Ainsi, sur la plus grande partie du Sahara algérien, les grés du Continental Intercalaire sont recouverts par une série argilo-gypseuse lagunaire d'âge probablement Céno-manien inférieur, tandis qu'une transgression du céno-manien supérieur est très générale.

A la périphérie du Sahara, le Continental Intercalaire se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

II-2-:Le Complexe Terminal (CT):

Le système aquifère du Complexe Terminal est moins étendu que le CI. Néanmoins, il couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, sur environ 350 000km². Sa profondeur oscille entre 100 et plus de 500m et son épaisseur, en moyenne de 220 m

Sont désignées sous le nom de Complexe Terminal (CT) les formations les plus récentes, déposées au bas Sahara. Il se compose de deux ensembles aquifères principaux, d'âge et de

lithologie différents, séparés par des formations semi-perméables ou imperméables (fig. II-1). Ce sont :

- Au sommet, le Continental Terminal, constitué par les sables du Mio-Pliocène, couvrant en discordance, pratiquement la totalité de l'Erg oriental depuis la dorsale du M'zab à l'Ouest jusqu'au Dahar tunisien à l'Est. L'épaisseur de l'aquifère des sables du Mio-Pliocène est de 50 à 100 m en moyenne. Elle est minimale dans la région de Hassi-Messaoud (30 m) et augmente vers le Sud (400 m), et le Nord où elle peut atteindre 600 m.

- Les formations carbonatées du Sénonien supérieur, s'étendent sur l'ensemble du bassin oriental. L'Eocène inférieur ne couvre que la zone située au Nord d'une ligne Djemaa-Tozeur.

- Les calcaires et les dolomies du Turonien sont reliés hydrauliquement aux formations carbonatées précédentes par l'aquifère des sables du Mio-Pliocène.

L'épaisseur moyenne du réservoir carbonaté est de 100 à 200 m, augmentent vers le Nord où elle atteint 500 m sous le Chott Melghir et 600 m dans la fosse atlasique.

- ◇ Le substratum du complexe aquifère est, d'une manière générale, constitué par la formation lagunaire du Sénonien. La couverture est formée par les argiles plus ou moins sableuses du sommet du Mio-Pliocène et les marnes et évaporites de l'Eocène moyen pour l'aquifère Eocène.
- ◇ La nappe est en charge au Nord et libre dans sa partie sud. Sa porosité dépend de la lithologie. Elle est estimée à 30% dans les sables du Mio-Pliocène et à 20% dans les calcaires du Sénonien et de l'Eocène supérieur.
- ◇ L'écoulement se fait du Sud vers le Nord. Il converge des zones d'alimentation vers les chotts Merouane et Melghir, ainsi que vers l'exutoire souterrain du golfe de Gabes.
- ◇ L'alimentation se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellement apportées par les oueds qui descendent les reliefs de bordure. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium propre du Grand Erg oriental.

II. 3 -La nappe phréatique :

Elle est contenue dans les niveaux sableux et argilo-évaporitiques du Quaternaire. Elle se présente sous forme pelliculaire, par rapport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur et dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-Pliocène.

Dans cette région, on assiste au phénomène de remontée du niveau hydrostatique de la nappe phréatique, lié au développement de l'irrigation (prélèvements excessifs dans les nappes profondes CT, CI) et l'insuffisance du drainage.

Tableau.(II-1): Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sans échelle).

ERE	Etage	Lithologie	Nature Hydrogéologique	
Q u a t e r n a i r e		Sables.	Nappe superficielle (la nappe phréatique)	
		Argiles, évaporites.	Substratum (imperméable)	
T e r t i a i r e	Mio-Pliocène	Sables.	1 ^{ère} nappe des sables (Complexe Terminal).	
		Argiles gypseuses	(semi-perméable)	
	Eocène	Pontien	Sables, graviers et grès	2 ^{ème} nappe des sables (Complexe terminal).
		Moyen	Argiles lagunaires	Substratum
S e c o n d a i r e	C r é t a c é	Inférieur	Nappe des calcaires (Complexe Terminal).	
		Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum
		Cénomaniens	Argiles, marnes	Substratum
		Albien Barrémien	Sables et grès	Nappe albienne (Continental Intercalaire).

II -4– Potentialités en eau:

Les études de simulations de l'année 1985, basées sur les hypothèses de l'étude ERESS, qui constituent la base d'évolution et de gestion de la ressource hydrique pour les deux nappes, font ressortir des potentialités en eau de l'ordre de 156 m³/s, soit environ cinq (5) milliards de m³ par an à partir de 2005 jusqu'à 2040.

Dans le cadre de cette étude de simulations, le Sahara septentrional avait été divisé en 13 régions potentielles, chacune possède un à deux aquifères (CI seul, ou CI + CT). Les conclusions de ces études sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau.(II-2):: Potentialités de nappe du Continental Intercalaire.

Région	Potentialité (l/s)
Oued Righ nord	2 845
Oued Righ sud	3 802

Tableau.(II-3): Potentialités de nappe du Complexe Terminal.

Région	Potentialité en l/s
Oued Righ nord	5 970
Oued Righ sud	9 772

Tableau.(II-4): Synthèse des potentialités en eau de CI et CT

Région	Potentialité en m ³ /s
Oued Righ nord	277
Oued Righ sud	418

III-Hydrogéologie locale :

L'existence dans la région de oued Righ de deux ensembles aquifères (CI, CT) ainsi que les particularités de cette région (captivité des réservoirs, fort artésianisme, température de l'eau élevée et maximum d'épaisseur des couches aquifères), font d'elle une région bien étudiée sur le plan hydrogéologique. Elle est partagée en deux secteurs : l'oued Righ nord et l'oued Righ sud, qui fait l'objet de notre étude.

III-1-La nappe phréatique:

La nappe phréatique est contenue dans les sables fins à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du sud vers le nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres. Caractérisée par des eaux à fortes salinités, la nappe phréatique est « gonflée » par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès d'eau que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ.

La nappe phréatique est principalement alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés, par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du Complexe Terminal.

Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation

III-2–Les Nappes du Complexe Terminal:

Le Complexe Terminal est constitué de deux grands ensembles, l'un continental au sommet, l'autre marin à la base (fig.II–2).

Les dépôts continentaux (Continental Terminal) sont représentés par des sables de taille variable, intercalés de lentilles argileuses parfois évaporitiques, d'âge Mio-pliocène. En revanche, les formations marines sont essentiellement carbonatées, déposées au cours de la transgression marine du Sénono-Eocène.

Le Continental Terminal se distingue en deux formations aquifères très exploitées dans la région de Touggourt. Ce sont :

III- 3 La première nappe des sables :

Hormis la nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grés, d'âge Mio-pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argiles constitue son substratum et son toit est formé par des argiles et des évaporites.

C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, de l'ordre de 20 à 40 l/s, (le débit global d'exploitation proche à 6 m³/s). Cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la capent sont actuellement moins utilisés.

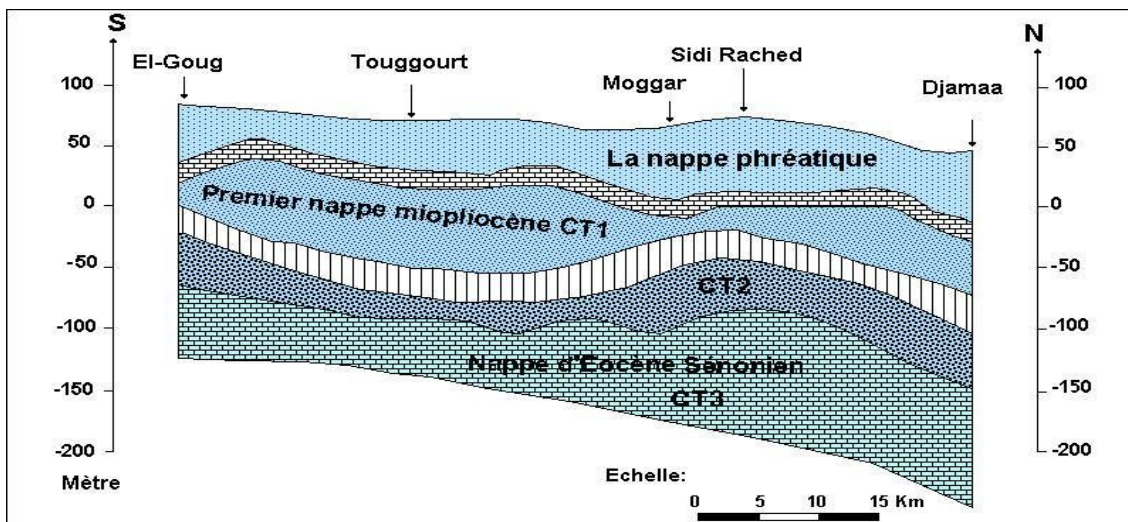


Fig.(II-2) : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ sud

III-3-1: La deuxième nappe du sable :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène. Comme la première nappe, elle est formée essentiellement des grés, de gravier et de sables avec la présence de quelques lentilles argileuses. L'épaisseur de la couche aquifère est de 20 à 36 m. Cette nappe captive est très exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m), avec un débit variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes, forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

Ces deux nappes de Mio-pliocène sont alimentées localement par les rares précipitations et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous jacentes. Les prélèvements par forages représentent leur seule exhaure.

Ces deux nappes du Mio-Pliocène surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal (CT), constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur – Sénonien supérieur.

III-3-2 : La nappe du Sénonien-Eocène :

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse. Il n'est pas très exploité à Touggourt, donnant un débit de 25 à 40 l/s et parfois présentant un artésianisme à faible débit (0,3 à 0,6 l/s). Leur toit est supérieur à 180 m, dont le débit global peut atteindre 2,8 m³/s.

A la base, le sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux. La porosité moyenne de cette nappe est de 20%.



Photo (II-1): d'un forage du Complexe Terminal (2^{ème} nappe) à Sidi Mahdi.

La photo présente un nouveau forage CT à Sidi Mahdi dont la réalisation a été finalisée au cours de notre stage sur le terrain, en Octobre 2003.

III-4 : Nappe du Continental Intercalaire dans le secteur de l'oued Righ Sud :

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. L'épaisseur de la couche productive peut dépasser 500 m, mais son épaisseur utile est proche de 400m. Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien et Albien).

La nappe du Continental Intercalaire (CI) dans la région de Touggourt est caractérisée par :

- Sa grande profondeur, plus de 1500 m,

- Un fort artésianisme (15 à 20 bars),
- Un grand débit d'exploitation (250 à 400 l/s),
- Une température de l'eau élevée (50 à 65°C),
- Une charge en CO₂, qui lui donne un caractère corrosif,
- Un résidu sec des eaux variant entre 3 et 5 g/l.

Les apports d'eau au système aquifère s'effectuent par:

- L'infiltration des eaux de ruissellement des reliefs situés à la périphérie du domaine et par des précipitations sur les affleurements,
- Le piémont de l'Atlas saharien, au Nord,
- Le plateau de Tinhert, au Sud,

En 1961, A. Cornet estimait cette alimentation à 25m³/s, en 1963 l'étude du BURGEAP la fixait à 15m³/s. Dans ces deux cas, cette alimentation provient en grande partie du piémont de l'Atlas.

L'exutoire naturel du Continental Intercalaire est la zone des chotts, avec un sens d'écoulement souterrain Sud -Nord, conformément d'ailleurs à la topographie de la région. D'autre part, les prélèvements par forages représentent une autre sortie. Dans le secteur Sud de l'Oued Righ que nous étudions (Touggourt), il y a sept (7) forages albiens, qui débitent 1400 l/s environ.

La digraphie « Gamma Ray » réalisée dans le forage albien de Ain Sahra (fig. II-2), montre que, sur le plan lithologique, l'aquifère est homogène à grande échelle. Par contre, à petite échelle, il montre des hétérogénéités. Ainsi, le gamma ray confirme l'existence des lentilles argileuses dans l'ensemble gréseux-sableux. Le log de diagraphie est accompagné par un test de porosité moyenne et de perméabilité horizontale, qui donnent un aperçu général sur la capacité de l'aquifère. On constate alors, que la porosité varie entre 20 et 30% dans l'ensemble de l'aquifère, mais qu'elle est sous les 20% dans les formations contenant des argiles. Ceci est conforme avec la perméabilité élevée des niveaux gréseux-sableux (4 à 6.10⁻⁶ m/s) et basse des niveaux qui contiennent de l'argile.

La représente une corrélation entre trois forages albiens, alignés sud -nord. Elle donne un aperçu sur les variations latérales de faciès et d'épaisseurs. On note alors que dans cette région, il n'y a pas de changement considérable des faciès et des âges. On remarque que la profondeur des couches aquifères augmente progressivement du sud vers le Nord-Est.

Conclusion

Le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) représentent deux systèmes aquifères multi couches, qui renferment des réserves en eaux considérables à plus de 30 000 milliards de m³. Faiblement réalimentées actuellement, ses réserves se sont constituées au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire. La région des chotts constitue l'exutoire naturel de ces complexes hydrauliques

Le Continental Intercalaire (CI) est constitué par des sédiments déposés entre le Trias à l'Albien et représentés par une alternance des couches grésos-sableux et argileuses où les niveaux perméables sont prédominants. A Touggourt, la nappe est captive, artésienne, située à plus de 1400m de profondeur et la température de l'eau est élevée. Dans la zone d'étude, elle est exploitée par 9 forages.

Chapitre III
**Les méthodes d'irrigation
de la région (classiques et
modernes)**

III-1 Introduction :

L'irrigation se fait essentiellement à partir de deux aquifères complexe terminal (salinité plus ou moins élevé) et continental intercalaire (grande température) pour sa on remarque des effets néfastes sur les cultures; l'eau d'irrigation chaude (albien) et par le contact avec les jeunes plantes peut brulure et la destruction des cultures, et après quelque heurs d'irrigation on peut observer la détruits des palmiers adultes.

L'eau d'irrigation chaude peut aussi appauvris sel des éléments minéraux par le lessivage et même les mauvaises herbes sonatine capables de se développer .

l'eau d'irrigation qui est à partir de la complexe terminal est très fortement salé (des valeurs dépassent 4200mg/l) donc il n'est pas propre à l'irrigation (KHADRAOUI,TALEB,2008) parce que il peut donner un stress osmotique et toxique à les culture se t'inhibe l'absorption d'eau par les racines.

III-2 Historique de l'irrigation de la région :

L'irrigation des palmeraies se faisait grâce à un réseau de rigoles principales et secondaires, les Séquia : point de vanne, le jardinier se contentant d'ouvrir avec sa houe (la Mesha) l'accès de sa parcelle quand vient son tour d'eau. Quelques mottes de terre suffisent ensuite à détourner l'eau vers la parcelle voisine. Mais, en raison de la salure de l'eau, il n'est pas possible de se contenter de remplir d'eau de petits bassins creusés au pied du palmier comme cela se fait dans le M'zab. Ici l'eau doit être abondante, puis évacuée par un autre réseau de drains, les Khandegs (drain).

Ces eaux usées, eaux de Nezz, aboutissent à un canal collecteur qui longe les palmeraies et les déverse dans les chotts. La présence de vastes dépressions comme le chott Mérouane, au nord de l'oued Righ, apparaît donc comme le complément nécessaire de ce type d'irrigation.

III-3. Principaux méthodes d'irrigation :

3.1. Le méthode d'irrigation classique :

3.1.1. Cuvettes ou bassins :

Cette méthode consiste à remplir d'eau du compartiment que l'on a aménagé autour des arbres en élevant de petites digues de terre. La taille des bassins est d'autant plus grande que le débit disponible est élevé, à condition que le sol soit parfaitement nivelé et que la perméabilité ne soit pas excessive.

L'aménagement de la parcelle requiert donc un travail soigné et souvent important.

L'eau est conduite suivant le schéma de la figure ci-contre ; elle doit s'accumuler rapidement dans les compartiments formant une nappe d'épaisseur pratiquement égale à la dose d'arrosage.

Il est recommandé de protéger les pieds des arbres par une butte de terre pour éviter certaines **maladies**.

Tableau: les avantages et les inconvénients Le méthode d'irrigation classique

Les avantages	Inconvénients
Bonne répartition de l'eau sur la « surface » exploitée par les racines	La pente doit être très faible pour éviter les pertes en sous-sol
Dose contrôlable	Temps de confection très long
	Obstacles à la circulation des engins.

3.1.2. Par planche :

C'est le mode d'irrigation le plus ancien et le plus répandu dans le monde (L. RIEUL1993). Elle consiste à laisser l'eau s'écouler en nappe le long d'une bande de terre, délimitée entre les rangées d'arbres et dans le sens de la pente par de petites digues.

Pour faire courir l'eau sur de grandes planches, il faut niveler parfaitement et disposer d'un débit suffisant. Lorsqu'on laisse l'eau entrer sur la planche à partir du canal d'amenée, l'eau imbibe d'abord la partie amont de l'élément, et ce n'est qu'au bout d'un certain temps que l'aval commence à en bénéficier.

Lorsqu'on ferme la vanne, on constate que l'eau continue à progresser vers l'aval, dans la hauteur de la planche et que, plus loin, elle disparaît plus ou moins vite, selon les emplacements. Si l'on arrête l'irrigation juste au moment où l'eau arrive au bout de la planche (ou de la raie) Si l'on veut mouiller l'extrémité, il faudra laisser couler l'eau plus longtemps, mais, alors, une partie de l'eau d'irrigation va déborder en fin de planche ; c'est l'eau de colature qu'il faut récupérer dans un réseau de canaux.

Les planches peuvent être longues ou courtes (DJERBI, 1994). Les dimensions et la forme des planches sont fonction du type du sol, du débit du courant d'eau, de la pente du terrain, de la dose d'arrosage et d'un certain nombre de facteurs, tels que les pratiques culturales et la taille de l'exploitation (BROUWER, 1990). Elles mesurent généralement 2 à 3 mètre de large et 100 à 400 mètre de long avec une pente de 1,25 à 6% : les planches peuvent être coupées dans le sens de la largeur par des ados (DJERBI, 1994).

La pente des planches doit être uniforme, avec un minimum de 0,05 % pour faciliter le drainage, et un maximum de 2 % pour éviter l'érosion (BROUWER, 1990).

Cette système a des avantage pour la culture comme adapté pour les systèmes a plusieurs étages de végétation ; leur nivellement est facile ; et l'utilisation possible de faible débit. (RENEVOT et al, 2010)



Figure (III-1): Système traditionnelle d'irrigation



Figure (III-2): Irrigation par canaux ouverts



Figure (III-3) : Ancien palmeraie

III.4 Méthodes d'irrigation moderne :

Pendant les dernières années l'apparition d'une nouvelle méthode d'irrigation par des conduites fermées (tuyaux) qui mènent l'eau jusqu'à la palmeraie, cette méthode a été réduite l'eau de drainage (Nezz) et augmenté l'eau d'irrigation par minimisée les heures d'irrigation

Plus encore sur ce sujet que sur les précédents, il est impossible de donner une «recette» applicable à tous les types de vergers et dans toutes les conditions écologiques mais, seulement, les éléments de raisonnement et des conseils sur la façon de gérer, au mieux, l'alimentation hydrique de la plante, de façon à obtenir la meilleure productivité.

L'avocatier est à la fois très sensible au stress hydrique et à l'excès d'humidité du sol; à titre comparatif, il est encore plus sensible à ces deux contraintes que les agrumes. C'est par conséquent, une plante qui ne supporte pas d'erreur, même minime, dans la conduite des irrigations

III-5 Techniques d'irrigations en conduite:

Dans les ouvrages traitant de l'irrigation, des auteurs classent, généralement, les techniques d'irrigation en trois catégories:

- Irrigation de surface "cuvettes, planches, raies"-
- Irrigation par aspersion "sur et sous frondaisons"-
- Micro-irrigation "goutte à goutte, micro-jet"-

Le choix d'un système d'irrigation dépend de la culture, des disponibilités en eau, de la technicité de l'agriculteur et de ses préférences, de sa capacité d'investissement.

Nous ne développerons pas les avantages et les inconvénients de chaque technique, sujet qui justifierait, à lui seul, un ouvrage. Nous nous limiterons à mentionner les techniques que nous considérons les mieux adaptées aux vergers fruitiers en zone tropicale, dans la majorité des cas.

Dans les jeunes plantations, nous recommandons l'irrigation au moyen de cuvettes; l'apport d'eau est effectué avec des tuyaux souples, branchés sur une canalisation fixe ou une citerne. Le remplissage des cuvettes avec de l'eau acheminée par gravité est à exclure pour les espèces fruitières sensibles aux excès d'eau car il est très difficile, avec cette technique de maîtriser les quantités apportées. Le tronc de l'arbre ne doit pas être en contact avec l'eau, d'où la nécessité de faire une double cuvette.

La mise au point des doses et des fréquences d'irrigation se fait en observant, conjointement, l'état hydrique de l'arbre et la profondeur de percolation de l'eau, en effectuant des sondages à différentes profondeurs avec une tarière.

La méthode d'irrigation à la cuvette, décrite ci-dessus, ne présente aucune contrainte technique; son seul inconvénient est de nécessiter de la main d'œuvre, ce qui peut constituer un facteur limitant dans les pays où les coûts salariaux sont élevés.

Dans les vergers adultes, l'irrigation à la cuvette est une méthode bien adaptée aux pays où le coût de la main d'œuvre est, relativement, bas. Pour diminuer le nombre d'ouvriers chargés du déplacement des tuyaux flexibles servant à remplir les cuvettes' si le relief de la parcelle est plat ou à très faible pente, il y a intérêt à remplacer les cuvettes par des planches réunissant 2, 3 OU 4 arbres. Ces planches sont confectionnées sur le même principe que les cuvettes, c'est-à-dire avec un bourrelet extérieur se situant entre 0,80 et 1 mètre, de l'aplomb de la frondaison des arbres et avec un vide sanitaire au niveau des troncs.

Les quantités d'eau à appliquer à chaque irrigation et leur fréquence nécessitent quelques mises au point préalables qu'il s'agisse de cuvettes ou de planches. Les données climatiques (ETP, coefficient cultural: KC), sont une base fiable d'estimation des besoins, mais l'observation de l'état hydrique du feuillage reste, comme au stade juvénile, un critère majeur d'aide à la décision d'irriguer. Les caractéristiques hydriques du sol (vitesse d'infiltration, capacité de rétention en eau) sont, également, à prendre en considération. Celles-ci sont en relation avec la texture et la structure. Pratiquement, les quantités d'eau apportées doivent permettre de mouiller le sol sur 1 à 1,20 mètre de profondeur, mais compte tenu de la sensibilité de l'avocatier à l'hydromorphie, il n'est pas souhaitable que de l'eau stagne dans les cuvettes ou les planches, plus de 8 à 10 heures. Vingt-quatre heures après l'irrigation, le sol doit être parfaitement ressuyé.

Des conditions optimales d'humidité pour la plante sont, également, optimales pour le développement du Phytophthora, aussi est-il préférable que les avocats subissent un léger stress hydrique plutôt que l'aération du sol ne soit insuffisante. Pour cette raison, il n'est pas souhaitable de faire des irrigations à une fréquence trop élevée. Quatre irrigations mensuelles doivent être considérées comme un maximum; cette cadence peut être nécessaire quand la demande climatique est très grande, par exemple, en région soudano-sahélienne, à la période la plus chaude. Comme l'écrit H. REBOUR dans son livre «le verger méditerranéen,» (1955): "Il est recommandé de faire varier le degré d'humidité du sol dans les limites aussi larges que possible, en s'approchant du point de fanage, de façon à faire respirer le sol à pleins poumons"

Ayant acquis, au cours des années, une bonne connaissance des caractéristiques de sa parcelle, l'arboriculteur peut réaliser, certes, de façon empirique, des apports d'eau convenablement adaptés aux besoins de ses arbres. Cependant, l'empirisme sur lequel repose cette pratique des irrigations nécessite d'être contrôlé, afin de pallier toute insuffisance ou tout gaspillage d'eau.

Le praticien doit vérifier, constamment lors de mise au point, ensuite de temps à autre, l'état d'humectation du sol avant et après une irrigation, sur 1 à 1,20 mètre de profondeur. Nous mentionnerons, ci-dessous, les instruments de mesure qui peuvent être utilisés mais le plus simple et le moins onéreux pour l'arboriculteur est d'effectuer des prélèvements d'échantillons de terre à l'aide d'une tarière. Tout agriculteur ou agronome doit être capable d'apprécier les différents degrés d'humidité d'une terre: sec, frais, humide, très humide. Ces contrôles renseignent sur la bonne exécution de l'irrigation.

Si 24 heures après une irrigation (après ressuyage du sol), il est constaté que l'échantillon du sol prélevé à 1 mètre n'a pas été convenablement humidifié, il conviendra d'augmenter la dose d'irrigation. Inversement, si la profondeur de sol mouillé est trop grande ($> 1,50$ m), la quantité d'eau apportée est trop abondante. Enfin si le dessèchement du sol entre deux irrigations touche la zone d'activité des racines, il faudra réduire la durée entre deux apports d'eau.

Une autre méthode d'irrigation qui peut être pratiquée est l'irrigation par aspersion. Entre les deux options possibles:

sur et sous-frondaison, notre préférence va à la seconde. Dans les pays où les coûts salariaux sont élevés, il est recommandé d'opter pour des installations fixes bien qu'elles nécessitent des investissements plus importants que des installations mobiles ou mixtes (canalisation de distribution fixe mais canalisation de liaison mobile). Ce conseil est valable pour l'aspersion sur frondaison. Parmi les avantages de l'irrigation sous-frondaison, comparée à celle sur frondaison, citons: le faible débit des asperseurs (2 à 3 mm/heure) qui dégrade moins la structure que des forts débits; meilleure répartition de l'eau au sol dans le cas des arbres fruitiers; pas de contraintes vis-à-vis des traitements phytosanitaires sur le feuillage, moins d'eau s'écoulant le long du tronc, créant une zone où l'humidité est excessive. Le réglage de l'angle de projection des asperseurs est important; le jet doit être rasant, de façon à ne pas arroser le feuillage ce qui provoque des excès d'eau à l'aplomb de la frondaison.

La conduite des irrigations (quantité et fréquences) s'effectue de la même façon que pour l'irrigation à la cuvette ou en planche.

Bien que la micro-irrigation soit utilisée dans les pays producteurs d'avocats: Israël, Floride, Californie, Afrique du Sud, Australie, Martinique, nous déconseillons cette méthode dans les pays où la main d'oeuvre n'est pas d'un haut niveau technique. D'autre part, le principe de la micro-irrigation est de maintenir une partie du sol (bulbes) à une humidité permanente; ces conditions sont très favorables au développement du *Phytophthora*.

Suivant le stade végétatif de l'arbre, un déficit hydrique a des conséquences plus ou moins grandes sur leur production. Une phase très critique est la période entre la floraison et la nouaison et plus généralement entre la floraison et la récolte. Au contraire, comme mentionné au chapitre traitant de l'écologie (V), un déficit hydrique durant la période d'induction florale favorise une floraison abondante. En effet, dans les régions tropicales où les températures sont toujours élevées, c'est le stress hydrique qui permet le repos végétatif des arbres, repos nécessaire pour induire la floraison.



Photo .(III.1) : Système d'irrigation par conduite
(d'après site internet : www.méthode d'rrigation.com).



Photo .(III.2) : Système d'irrigation par conduite
(d'après site internet : www.méthode d'rrigation.com).

III-6 : Influence de la nature des eaux sur les volumes d'irrigation :

En zones phoenicicoles, les sols salins et les eaux d'irrigation salée sont fréquents.

Dans les périmètres cultivés, un drainage sérieux (naturel ou artificiel) est de rigueur pour évacuer les sels nocifs. On enregistre dans ces sols des remontées salines en surface et des dépôts de sels à différents niveaux dans le profil pour éviter la sursaturation des sols et les volumes d'irrigation. Dans les palmeraies sahariennes irriguées avec des eaux salées, les sels de calcium jouent un rôle d'antidote vis-à-vis des sels de sodium, particulièrement néfastes aux cultures (Toutain, 1979).

Oued Righ c'est une zone dont l'essor date de la réalisation mécanique des puits artésiens (Roger et Maurice, 1952).

III-7. Entretien et maintenance des systèmes d'irrigation :

Un bon entretien des systèmes d'irrigation est indispensable si on veut maintenir le potentiel d'économie d'eau et éviter le gaspillage.

les principaux problèmes relatifs à l'entretien du système d'irrigation, on retiendra :

- L'état défectueux des régulateurs de pression ou des limiteurs de débits,
- Les fuites dans les tuyauteries d'adduction d'eau
- L'état défectueux des canaux et des raies.

Ces éléments conduisent notamment à une réduction de la durée de vie du matériel, une dérégulation de l'uniformité spatiale de la répartition d'eau, une surconsommation d'eau, des problèmes de distribution d'eau (qui peuvent pénaliser les exploitants situés en extrémité du système d'adduction) et des conflits d'usagers. Pour éviter ces problèmes, il faut dès lors :

- Entretien du réseau d'irrigation : remplacement joints et bétons endommagés et/ou colmatage des fissures ; remplacement et/ou nettoyage filtres et grilles, nettoyage, débouchage et curage,
- Entretien des berges,
- Entretien des ouvrages de stockage (nettoyage et ou curage),

- Surveiller la qualité des eaux,
- Observer de façon continue l'état des infrastructures et du matériel,
- Planifier les opérations,
 - Budgétiser le coût des opérations.

La non budgétisation du coût et la non planification routinière de l'entretien des infrastructures et des systèmes constituent généralement un frein au développement de ces techniques

III-8 .Caractéristique de l'irrigation sur la nappe complexe terminale (CT) :

La nappe du Complexe Terminal (CT) se localise dans le Sahara occidental et s'étend sur une superficie de 350000 Km² avec une profondeur varie entre 100 et 500 m; leurs eaux se caractérisent par :

- Une température peut élever.
- Moins chargées en sel sur les bordures et relativement élevées au centre (plus de 3g/l).
- L'écoulement généralement se fait vers les Chotts.
- Cette nappe regroupe deux systèmes aquifères appelés nappe des sables et nappe de calcaire.

Conclusion

Le méthode d'irrigation Très utile mais nécessite un suivi strict et le méthode de goutte à goutte ne se géré pas du tout comme l' aspersion.

Doit absolument comprendre le mouvement de l'eau dans les sol et utiliser des outils de régie.

Chapitre IV
**Etablissement d'une carte
piézométrique et résultats**

IV-1 Introduction :

L'établissement de cartes piézométriques est une étape importante dans l'étude hydrogéologique. Elle permet d'étudier la nappe d'eau souterraine tenant compte de ses paramètres hydrodynamiques, tels la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement, et renseigne sur les sens d'écoulements souterrains, les gradients hydrauliques et les axes de drainages. Cet aspect constitue l'un des objectifs de cette étude. Par ailleurs, les problèmes techniques posés actuellement par l'exploitation de la nappe de l'Albien à Touggourt, font partie aussi des objectifs de ce travail. Et on a traité les au-dessous par logicielle ARCGIS.



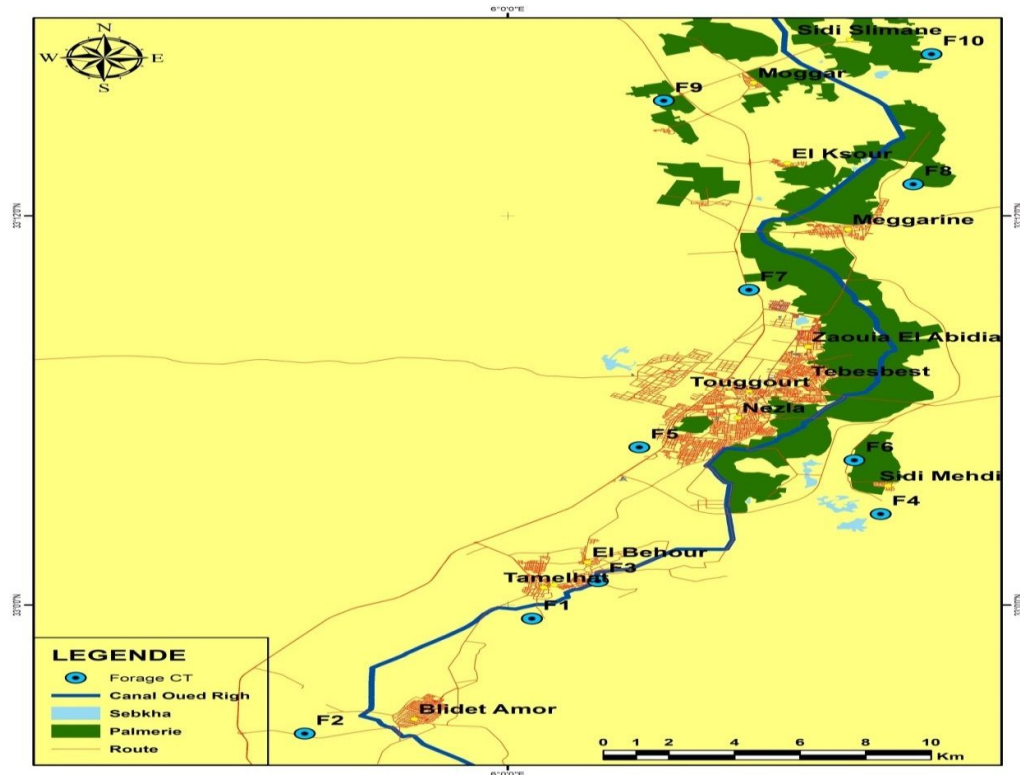
Photo (IV-1): piézomètre N°4 à la région de sidi mahdi

IV-2 Etablissement de la carte piézométrique:

Tableau. (IV-1): La situation géographique des piézomètre

N° de piézo	Localité	X	Y	Z (m)
PZ 01	El Gouge	"24 '00 6°	32° 59' 35"	84
PZ 02	Blidet Amor	"40 '56 5°	32° 56'03"	79
PZ 03	Temacine	"29 '1 6°	33° 0' 44"	73
PZ 04	Sidi Mahdi	"8 '6 6°	33° 2' 48"	84
PZ 05	Nazla	"10 '2 6°	33° 4' 51"	71
PZ 06	Tebesbest	"42 '5 6°	33° 4' 27"	56
PZ 07	Touggourt	"58 '3 6°	33° 9' 43"	53
PZ 08	Meggarine	"40 '6 6°	33° 12' 58"	61
PZ 09	Harhira	"34 '02 6°	33° 15' 32"	67
PZ 10	Sidi Slimane	"58 '6 6°	33° 16' 58"	64

Fig (IV- 01): Oued Righ CT (localisation de forage de oued righ)



- Cette carte montre 10 forage de la zone Oued Righ sud (tougourt), afin de connaître NS. L'étude est spécialisée dans 10 municipalités :
 (F1: Tmelhat, F2 :Bldiet Amor, F3: El Behor, F4: Sidi Mehdi, F5: Nezla, F6: Tebesbest, F7: Ben Hadda, F8: Meggarine, F9: Harhira, F10: Sidi Slimane).

IV-3 Etablissement de la carte piézométrique en 2015 :

Tableau. (IV-2): des points piézomètres en 2015

N° de piézo	Localité	NS (m)	NP (m)
PZ 01	El Gouge	12.12	71.88
PZ 02	Blidet Amor	11.25	67.55
PZ 03	Temacine	18.1	54.9
PZ 04	Sidi Mahdi	34.1	49.9
PZ 05	Nazla	24.75	46.25
PZ 06	Tebesbest	13.2	42.8
PZ 07	Touggourt	25.6	27.4
PZ 08	Meggarine	34.83	26.17
PZ 09	Harhira	22.5	44.5
PZ 10	Sidi slimane	25.1	28.9

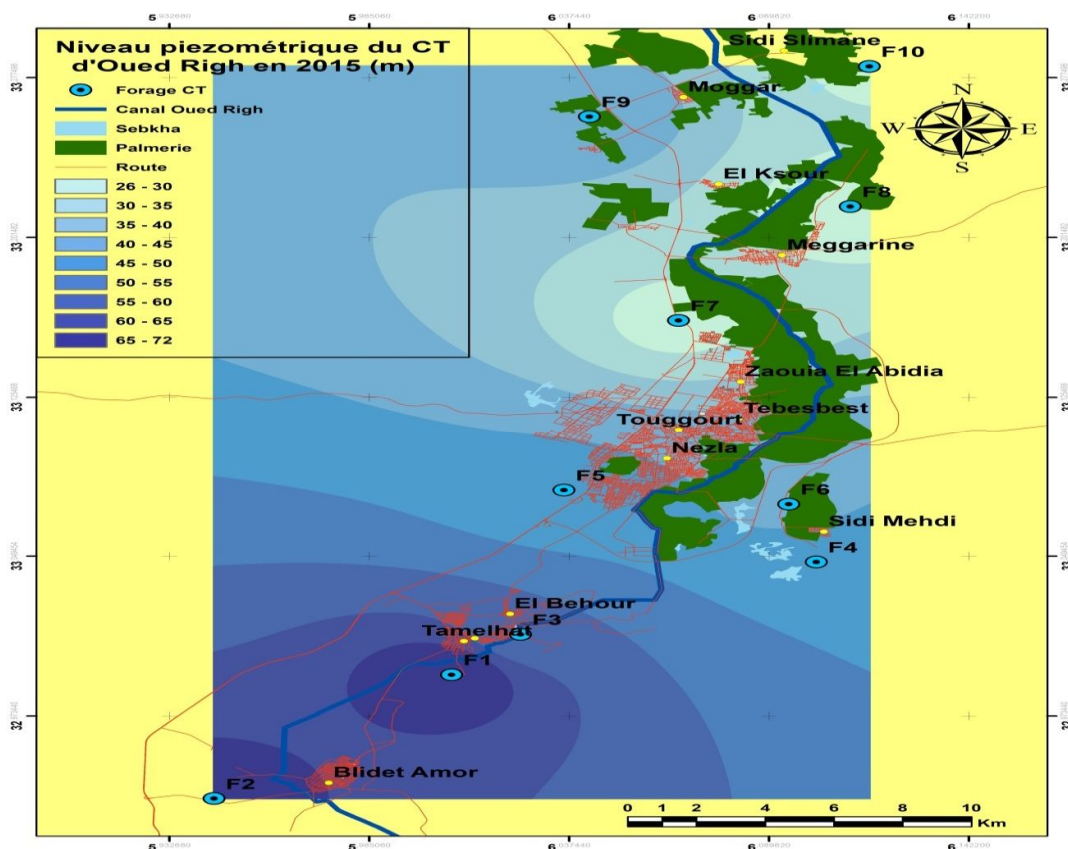


Fig (IV-02): Oued Righ CT NP en 2015

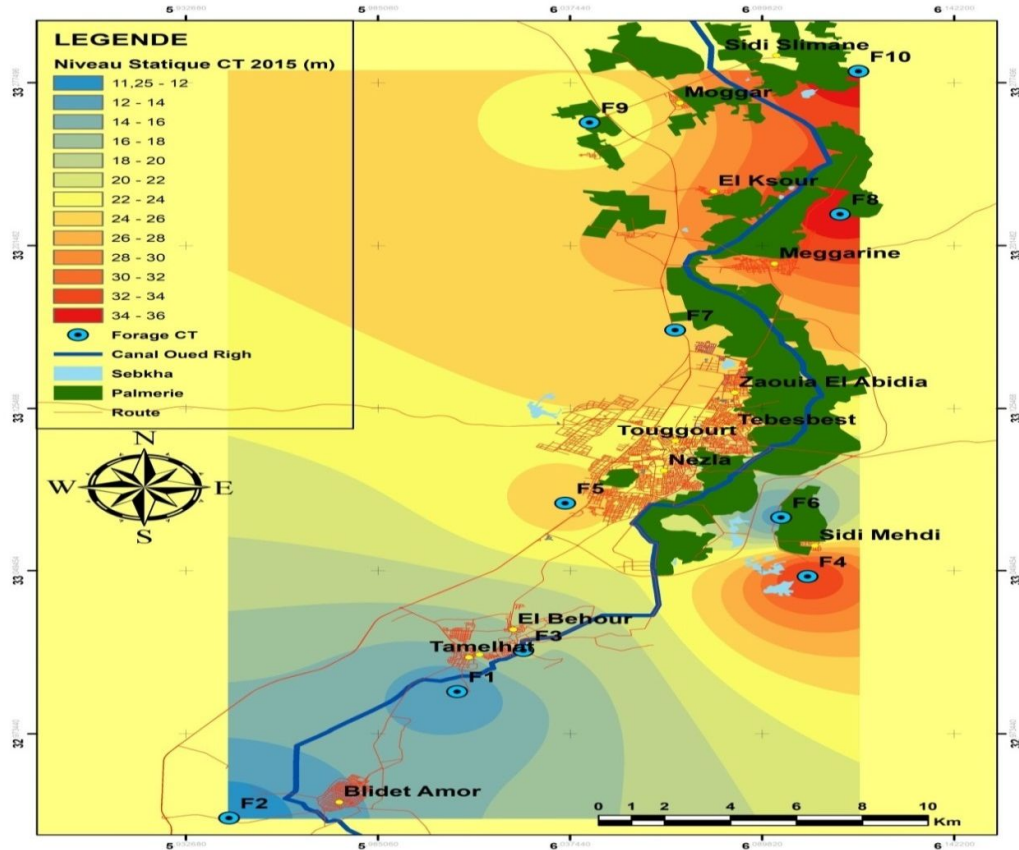


Fig (IV-03): Oued Righ CT NS 2015

- Montre que le niveau statique (NS) en 2015 de chaque forage des 10 municipalités mentionnées ci-dessus :

(F1, F2, F3 et F6) [NS= 11.25 – 18m] Ceci est considéré un niveau élevé.

(F5, F7 et F9) [NS=22 – 26m] Ceci est considéré comme un niveau moyen.

(F4, F8 et F10) [NS= 26 – 36m] Ceci est considéré comme un niveau bas Cette carte.

IV-4 Etablissement de la carte piézométrique en 2018 :

Tableau. (IV-3): des points piézomètres en 2018

N° de piézo	Localité	NS (m)	NP (m)
PZ 01	El Gouge	12.25	71.75
PZ 02	Blidet Amor	11.3	67.7
PZ 03	Temacine	21	52
PZ 04	Sidi Mahdi	35.4	48.6
PZ 05	Nazla	25.1	47.3
PZ 06	Tebesbest	14.9	41.1
PZ 07	Touggourt	26.4	26.6
PZ 08	Meggarine	36.5	24.5
PZ 09	Harhira	22.9	44.6
PZ 10	Sidi Slimane	36.2	27.8

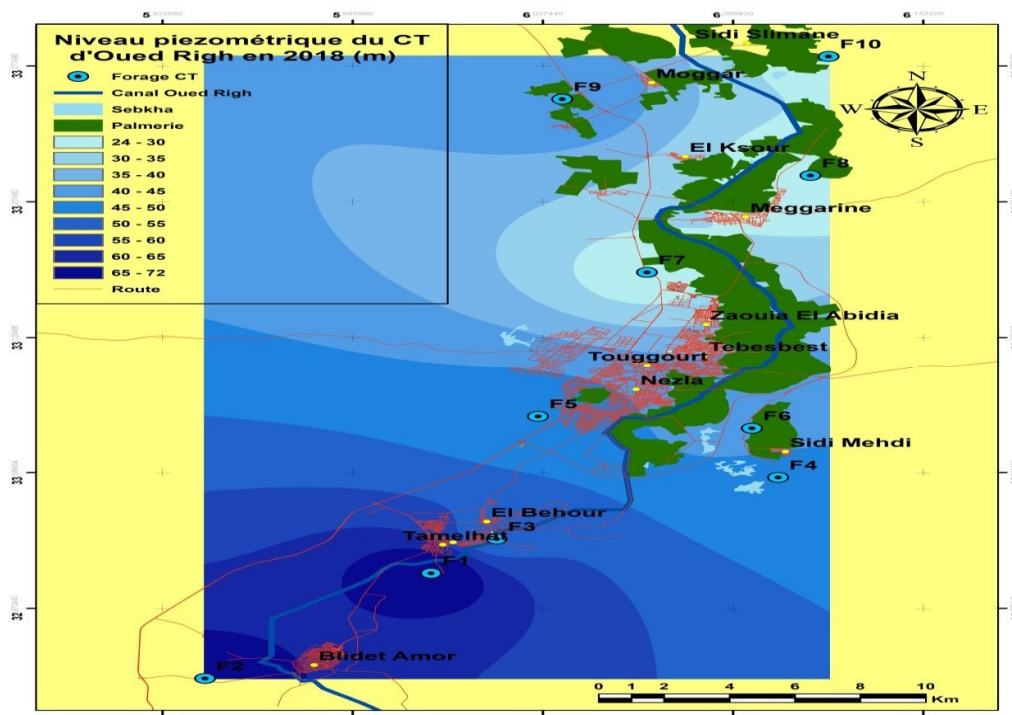


Fig (IV-04): Oued Righ CT NS 2018

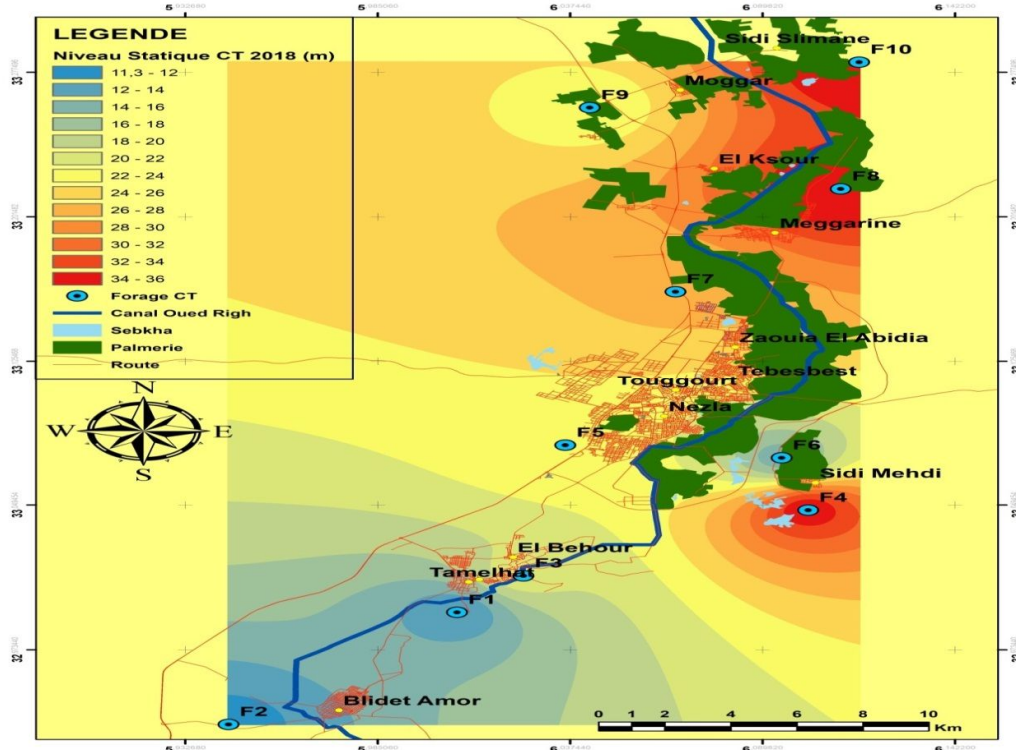


Fig (IV-05): Oued Righ CT NS 2018

Cette carte montre NS de chaque tour en 2018 chaque forage des 10 municipalités mentionnées ci-dessus :

(F1, F2, F3 et F6) [NS= 11.3 – 20m] ceci est considéré un niveau élevé.

(F5, F7 et F9) [NS=20 – 26m] ceci est considéré comme un niveau moyen.

(F4, F8 et F10) [NS= 26 – 36m] ceci est considéré comme un niveau bas.

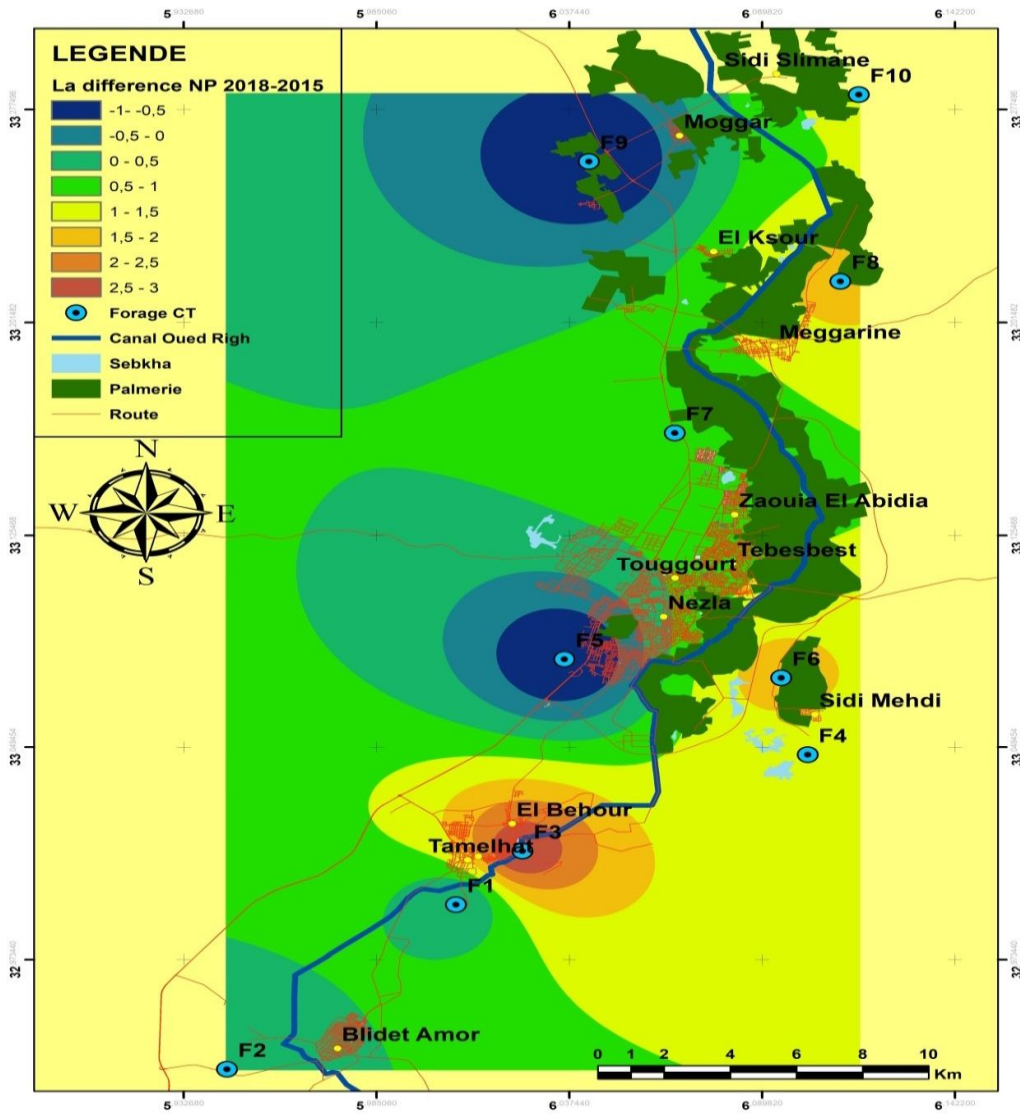


Fig (IV-06): Oued righ CT NP 2015–2018

Résultats et discussions:

L'équidistance des courbes iso pièzes ce redessinant en Allier vers le nord signifie un gradient hydraulique plus important donc une pente plus grande.

Lorsque on déchiffre on constate ce qui suit dans la région de Touggourt.

L'interprétation des cartes piézométriques 2015 – 2018 généralement la forme des deux cartes s'épouse d'une façon totale on les courbes isopète sont en la même allure, les rabattements s'accroissent d'année en année la carte de 2018 part rapportée celle de 2015

En comparant le rabattement des deux cartes :

Il est évident que les niveaux connaissent une chute (très visible en 2018)

On observe vers le nord le rabattement devenant moins intense probablement ceci sera expliqué par la grandeur de l'épaisseur de la couche plus importante

Sur chaque carte, nous avons remarqué qu'il n'y a pas beaucoup de différence entre **2015** et **2018**

Les quatre forages premiers n'ont pas subi de différence de 1 mètre.

Pour les trois forages à niveau de niveau moyen, la différence n'a pas dépassé de niveau piézométrique **1,5** mètre

En ce qui concerne les trois forages au niveau bas, la différence ne dépasse pas **1** mètre.

Conclusion General

Conclusion générale

La région de Oued Righ Sud occupe la partie basse au Nord-Est des déserts du Sahara, et bordée au nord par la zone des chotts. Administrativement, elle appartient à la wilaya de Ouargla. Dans cette région les ressources en eaux sont suffisantes mais de mauvaise qualité chimique.

Le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) représentent deux systèmes aquifères multi couches, qui renferment des réserves en eaux considérables. Faiblement réalimentées actuellement, ces nappes se sont constituées au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire. La région des chotts constitue l'exutoire naturel de ces complexes hydrauliques.

Le CT est actuellement non jaillissant, à cause de la surexploitation, mais reste captif. Les cartes piézométriques montrent un sens d'écoulement du sud vers le nord, pour tous les niveaux aquifères. Le gradient hydraulique de l'ordre de 1 ‰.

Les différentes nappes du CT (CT1, CT2 et CT3) sont en charges et leurs niveaux hydrostatiques, assez proches les uns des autres. Généralement, les nappes les plus profondes présentent les niveaux hydrostatiques les plus élevés. Enfin, les nappes étant très sollicitées pour l'irrigation des palmeraies, leurs surfaces piézométriques présentent des cônes de dépressions quelques fois importants, notamment dans les zones de surexploitation de Sidi Slimane, Zaouia et Merdjadja, dans la partie médiane.

Les conséquences de l'exploitation de ces aquifères sont multiples :

- un rabattement des nappes souterraines .
- une remontée de la nappe phréatique et salinisation de l'eau et du sol, par accumulation des eaux d'irrigation mal drainées.
- Le niveau piézométrique sont rabattement ce que signifie (sur exploitation) de la nappe CT.
- Le sens d'écoulement est généralement Sud Est-Nord West.

Cette région désertique est caractérisée par un climat hyperaride, marqué par de fortes températures estivales et de très faibles précipitations annuelles. Les températures moyennes maximales sont de 33°C et les minimales de 10°C. La moyenne annuelle est de 21°C.

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, de 62,73 mm/an et ne jouent pas un rôle notable dans la recharge directe des nappes. Elle se manifeste sous forme d'orages qui génèrent parfois des ruissellements sur les zones bordure. Les variations interannuelles des précipitations sont très grandes.

L'étude géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, post paléozoïques, importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

- Le Continental Intercalaire est défini par deux niveaux grésos-sableux, aquifères : l'Albien et le Barrémien, séparés par une couche semi-perméable d'âge Aptien, et recouvert par une couche argilo marneuse et argileuse à évaporites, d'âge Cénomaniens.

Conclusion General

- Le Complexe Terminal est composé de plusieurs ensembles aquifères d'âge et de lithologie différents, séparés par des formations semi-perméables ou imperméables.

Ces eaux chargées, dures et parfois chaudes inondent certaines zones et présentent des problèmes techniques : la corrosion, le dépôt de tartre, de salinisation des sols, et des problèmes de santé (les maladies à transmission hydrique).

- Enfin, nous avons conclu que la meilleure façon d'arroser est un irrigation moderne.

Référence Bibliographies

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques (Ouargla et Touggourt) archive.

RAKROUKI N, MERCHRI T (2017): Thème de mémoire problématique D'irrigation Dans La Région D'Oued Righ La Wilaya D'El Oued 74 pages.

(d'après site internet: www.rove.to/alegeria) en 2017.

(d'après site internet: www.méthode d'irrigation.com) en 2017.

BROUWER C. 1990 : Gestion des eaux en irrigation manuel de formation n° 5 méthodes

RENEVOT, G., BOUAZIZ A., RUF T., et RAKI M. (2010). Pratiques d'irrigation du palmier dattier dans les systèmes oasiens du Tafilalet, Maroc. HTE N° 146 Juin 2010 Revue Fruits, vol. 29, n° 3, (I.F.A.C.), pp. 233 – 238 TOUTAIN G., 1979. Elément d'agronomie saharien, De la recherche au développement 4ème trimestre, Paris, 276p.

DJIRBI, M, 1994, Précis de phoeniculture, FAO, 192p.

H. REBOUR dans son livre «le verger méditerranéen,» (1955).

I.N.R.AA station agro météorologique de l'I.N.R.A. de Touggourt.