

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

THEME

Contributions a l'étude géologiques et hydrodynamiques du Complexe Terminal de la région de N'GOUSSA

Présenté par

M. CHINE Brahim

M. MESSAOUDI Abderaouf

M. BELAOUDMOU Youcef

Soutenu publiquement le

Devant le jury :

Président : M. MELOUEH Oualid

M. C. AUniv. Ouargla

Promoteur : Dr. ZEDDOURI Azeiz

M. A. A Univ. Ouargla

Examineur : Dr. SETTOUH Adel

M. A. B Univ. Ouargla

Année Universitaire :2016/2017



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Ma chère mère

Mon cher Père

Mes frères

Mes sœurs

Toute ma grande famille;

Belaoudmou , Chine et Messaoudi

***Pour son encouragement, sa bonne humeur et sa
patience.***

Tous mes amis

Mes camarades de la promotion

HYDROGEOLOGIE 2016-2017.

Youcef , Brahim et Abderaouf



تقترح هذه الدراسة المساهمة الجيولوجية والهيدروديناميكية التي تغطي Mio-Pliocène في منطقة النقوسة ولاية ورقلة. التي تبلغ مساحتها 907 كم². و تحتوي على طبقة المياه الجوفية ذات الخصائص الرملية و المتمثلة في Complexe Terminal (CT). تتناول هذه الدراسة السياق الطبيعي لمنطقة النقوسة بشكل عام وعلى وجه الخصوص منطقة الحوى قبل الخوض في الخصائص الصخرية و خصائص اختبار ضخ طبقة المياه الجوفية على المدى الطويل. ثم نقترح نتائج مختلف التحقيقات باستخدام نهج متعدد التخصصات (الصخرية، ضخ الاختبار، والهيدرولوجية). وبعض الحلول التي تعمل على توفير المياه الجوفية العميقة للاستغلال الزراعي في المنطقة الزراعية "N Goussa

الكلمات المفتاحية : الجيولوجية ، الهيدروديناميكية ، Complexe Terminal , Mio-Pliocène الصخرية.

Résumé

Cette étude propose une contribution géologique et hydrodynamique de couverture d'âge Mio-Pliocène dans la région de N'GOUSSA la wilaya d'Ouargla . La superficie de N'GOUSSA atteint 907 km². Elle renferme un aquifère de dépôts détritiques sableux du Complexe Terminal (CT). La présente étude traite du contexte naturel de la région de N'GOUSSA en général et la zone de Lahoua en particulier, avant de s'appesantir sur la lithologie et les essais de pompage de longue durée de l'aquifère. Ensuite, les résultats des diverses investigations utilisant une approche interdisciplinaire (lithologique, pompage d'essai, hydrogéologique).et Des solutions d'exploitation de la nappe profonde sont proposées en vue d'alimentation en eau d'agricole dans la zone agriculture de N'goussa

mots clés: géologique , hydrodynamique , Mio-Pliocène , Complexe Terminal , lithologique .

Abstract

This study proposes a geological and hydrodynamic contribution of coverage of Mio-Pliocene age in the region of N'GOUSSA the wilaya of Ouargla. The surface of N'GOUSSA is 907 km². It contains an aquifer of sand detrital deposits of the Terminal Complex (CT). This study deals with the natural context of the N'GOUSSA region in general and the Lahoua area in particular, before dwelling on the lithology and the long-term pumping tests of the aquifer. Then, the results of the various investigations using an interdisciplinary approach (lithological, pumping test, hydrogeological) and solutions of exploitations of the deep water table are proposed for water supply of agricultural in zone of agriculture of N 'Goussa

Key words : geological , hydrodynamic , Mio-Pliocene , Terminal Complex , lithology

sommaire

Introduction Générale	2
CHAPITER I: CADER PHISIQUE	3
I.1. Introduction.....	3
I. 2. Situation Geographique:.....	3
I.3. Géomorphologie	5
I.3.1. Les glacis.....	5
I.3.2. les sebkhas.....	5
I.4.Geologie.....	7
I.4.1. Cadre géologique et tectonique régional.....	7
I.5. Géologie local.....	9
I.5.1. Introduction.....	9
I.5.2. Lithostratigraphie	9
I.6. Le Systeme Aquifere Du Sahar Septentrional.....	112
I.6.1. Introduction	112
I.6.2. Le Continental Intercalaire "CI" :	123
I.6.3. Complexe Terminal (C.T):.....	145
I.6.3.1. Géologie de la nappe:.....	145
I.6.3.2. Alimentation de la nappe:	156
I.6.3.3. Ecoulement et exutoire	17
I.6.4. LA NAPPE PHREATIQUE :	178
I.6.4.1. Introduction :	178
I.7. Climatologie:	19
I.7.1. Introduction	189
I.7.2. Analyse climatique :.....	189
I.7.2.1. les précipitations:	189
I.7.2.2. La température:	20
I.7.2.3.Indice d'aridité	22
I.7.2.4. La courbe pluvio-thermique :.....	21
I.7.2.5. L'évaporation.....	22
I.7.2.6. L'humidité de l'air :.....	23
I.7.2.7. L'insolation :.....	24
I.7.2.8. Le vent :.....	25
I.8. Conclusion	28
Chapitre II :Matérielles et Méthodes	28
II.1.Introduction	28

II.2 .Calcimètrie	28
II.2.1 Appareillage	28
II.2.2. Mode opératoire.....	30
II.2.3. le mesure.....	30
II.2.4. Teneur en CaCO ₃	30
II.3. Test Morphoscopique	31
II.4.RockWorks.....	32
II.5. logicielAquiferTest Pro	33
II.5.1- Aquifère Test Pro « <i>Schlumberger Water Services</i>	33
II.5.2- Aquifère Test Pro.....	35
II.6.Conclusion:	35
Chapitre III RESULTATS ET DISCUSSION.....	36
III.1. INTRODUCTION	36
III. 2. LA GEOLOGIE.....	36
III.2.1. La lithologie.....	37
III.2.2. La description des logs	37
III.2.2.1. Forage Lahoua1	37
III.2.2.2. Forage Lahoua 2	39
III.2.2.3. Forage Lahoua 3:.....	39
III.2.3. Les corrélations des coupe des forages.....	40
III.2.4.Les failles identifiées sur les coupes des forages.....	44
III.2.5. Le modèle lithologique:.....	43
III.2.6. Discussion :	45
III. 3.Les caractéristiques hydrodynamiques :	46
III.3.1. Introduction.....	47
III. 3.2. Méthodes usuelles d'interprétation d'un essai de pompage	47
III.3.2.1. Méthode de Theis (1935)	47
III.3.3. Interprétations.....	48
III.3.4. Coordonnées UTM des sites des essais par pompa.....	48
III.3.5. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua1.....	48
III.3.6. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua2.....	49
III.3.7. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua3.....	50
III.3.8.Conclusion.....	52
CONCLUSION GENERALE	523

BIBLIOGRAPHIE

Liste des figures

Figure 1: la carte de situation géographique de la région de N’Goussa (WEC, 2007).....	3
Figure 2: Situation géographique de la commune de N'GOUSSA (WEC, 2007)	4
Figure 3: Coupe géomorphologique schématique de la vallée d’Ouargla (d'après Lelièvre, 1969 in ANRH, 2011).....	6
Figure 4: Relief de la région d’Ouargla (BG, 2004).....	7
Figure 5: Carte géologique du sud algérien (OSS, 2003).....	9
Figure 6 : Colonne stratigraphique synthétique de la région d’Ouargla (Sonatrach Et Schlumberger, 1990).....	11
Figure 7: Aquifères du Sahara septentrional (UNESCO, 1972).....	12
Figure 8: Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrionale(UNESCO,1972)....	12
Figure 9: Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003).....	14
Figure 10: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO,1972)	15
Figure 11: Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS, 2003).....	16
Figure 12 Log géologiques des formations de la nappe phréatique (Djidel, 2008).....	18
Figure 13: Précipitations moyennes mensuelles à la station de Ouargla (période 2004-2016).	20
Figure 14: Températures moyennes mensuelles de l’air (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016).....	21
Figure 15 : Diagramme ombrothermique de la station de Ouargla pour la période (2004-2016).	23
Figure 16: variation de L’évaporation et des précipitations moyennes mensuelles à la station d’étude de Ouargla pour la période (2004-2016)	23
Figure 17 : humidité moyennes mensuelles de l’air enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)	24
Figure 18 : isolation moyennes mensuelles de l’air enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)	25
Figure 19 : Vitesse moyenne mensuelle du vent enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)	26
Figure 20 : appareille de calcimétrie.....	29
Figure 21 : Microscope	31
Figure 22: exemple de croquis de sable.....	32
Figure 23: exemple de quartz sous le microscope	32
Figure 23: exemple 2 de quartz sous le microscope.....	33

Figure25 : exemple de coupe lithologique	33
Figure26 : exemple de corrélation des logs	34
Figure27 : page de démarrage de l'aquifère test	35
Figure28 : exemple de cône de dépression	36
Figure 29: la section de la coupe A-B.....	36
Figure 30:fiche technique de log de forage Lahoua 1	37
Figure 31: fiche technique de log de forage Lahoua 2	38
Figure 32: fiche technique de log de forageLahoua3	39
Figure 33: carte des position des forages et des coupes de la région de n'goussa	40
Figure 34: profile A-B	41
Figure 35: profile C-D	42
Figure 36: profile E-F	42
Figure 37: modèle lithologique de la région de N'GOUSSA.....	43
Figure38: modèle lithologique des puits de la région de N'GOUSSA.....	45
Figure 39: représentation de la zone karstifié.....	46
Figure 40Essai de pompage longue durée à Lahoua1interprété par la méthode de theis.....	50
Figure 41Essai de pompage longue durée à Lahoua2 interprété par la méthode de theis.....	50
Figure 42Essai de pompage longue durée à Lahoua3 interprété par la méthode de theis.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1: Précipitations moyennes mensuelles de la station étudié pour la période (2004-2016)	20
Tableau 2: Températures moyennes mensuelles de l'air, (maximales, minimales et moyennes) pour la station étudiée, période (2004-2016).	201
Tableau 3 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE	212
Tableau 4 : Indice d'Aridité de DEMARTONE.(ONM, Ouargla (2004-2016)).....	212
Tableau 5 : moyennes annuelles d'évaporation.....	223
Tableau 6: Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2016)	234
Tableau 7: Insolation moyenne mensuelle (station d'Ouargla, 2004-2016).....	245
Tableau 8: Vitesse moyenne mensuelle du vent (station d'Ouargla, 2004-2016).....	256
Tableau 9: les coordonnées des puits.....	41
Tableau 10: Coordonnées UTM des sites des essais des pompages.....	478

Introduction générale

Devant le développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus des forages, de puits et d'ouvrages hydrauliques.

Dans la région de N'GOUSSA la nappe du complexe terminal (CT) devient de plus en plus exploitée pour accompagner le développement agricole rapide dans la région.

Ce travail est basé sur l'étude de l'hétérogénéité lithologique et les paramètres hydrodynamiques de ce système dans la région de N'GOUSSA. En effet, on a pu distinguer deux aquifères allant du Mio-pliocène au Sénonien qui sont exploités. Les résultats de l'interprétation de cette étude nous a permis d'actualiser la géologie locale de la région.

Ce mémoire présenté en vue de l'obtention de diplôme de master, propose une étude lithologique et hydrodynamique des eaux du complexe terminal de cette région par l'approche de l'analyse des données géologique et hydrodynamique.

Pour cette étude, il a été nécessaire d'effectuer un ensemble de travaux qui sont présentés dans ce mémoire en trois 3 chapitres :

-chapitre 1 : cadre générale consacré à l'étude des contextes géographique et géologique de la région d'étude en présentant les caractéristiques hydro climatologiques.

-chapitre 2 : Nous présenterons le matériel et les méthodologies de travail.

-chapitre 3 : est consacrée à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus suite à l'examen des logs, des coupes et la construction d'un modèle lithologique et, en fin, par l'analyse des essais hydrodynamiques.

En fin une conclusion générale est établie pour ressortir l'apport de notre approche.

I. CADRE PHYSIQUE

I.1. Introduction

L'Algérie étant le plus grand pays de ce continent plus grand réservoir. L'objet des chercheurs dans ce domaine sont portés sur la reconnaissance géologique. Dans ce chapitre nous allons nous consacrer juste au cadre physique de la zone et la situation géographique de la région de N'GOUSSA wilaya de Ouargla au Sud - Est algérien.

I. 2. Situation Géographique

La région d'Ouargla de par sa position géographique centrale et de sa proximité avec les bassins pétroliers et gaziers s'installe progressivement comme le centre administratif, technique et industriel du territoire saharien (fig1) ; elle est distante de 850 km de la capitale Alger.



Figure.1 : la carte de situation géographique de la région de N'GOUSSA (WEC, 2007)

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

La ville d'Ouargla est située dans une dépression (cuvette) qui inclut les agglomérations d'Ouargla, N' GOUSSA, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khouiled.

La région de N'GOUSSA est l'une des dix daïras de la wilaya de Ouargla se trouve au Nord de cette dernière sur une distance à 22 km. Elle est traversée par la route communale d'Ouargla- El Bour. Elle est peuplée par 16 581 habitants, avec une densité de 5,7 hab. /km² pour une surface de 2 907 km².

Cette dépression ou cuvette s'étend entre les coordonnées : X : 32° 08' 27" Nord et Y : 5° 18' 30" Est. N'GOUSSA est délimitée par les dunes de sable à l'Est et par les palmeraies à l'Ouest. L'extension de N'GOUSSA se fait actuellement vers le Nord par des maisons traditionnelles et vers l'Est par un groupement d'habitions individuelles. À l'Ouest se situe la Casbah constituée de maisons anciennes dont la majorité est ruinées. Le terrain est relativement plat, avec une côte moyenne de l'ordre de 130m au-dessus de la mer. Elle se limite :

- Au Nord par hadjira.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.
- Au l'Est par Hassi Ben ABDELLAH.
- Au l'Ouest par Zelfana.

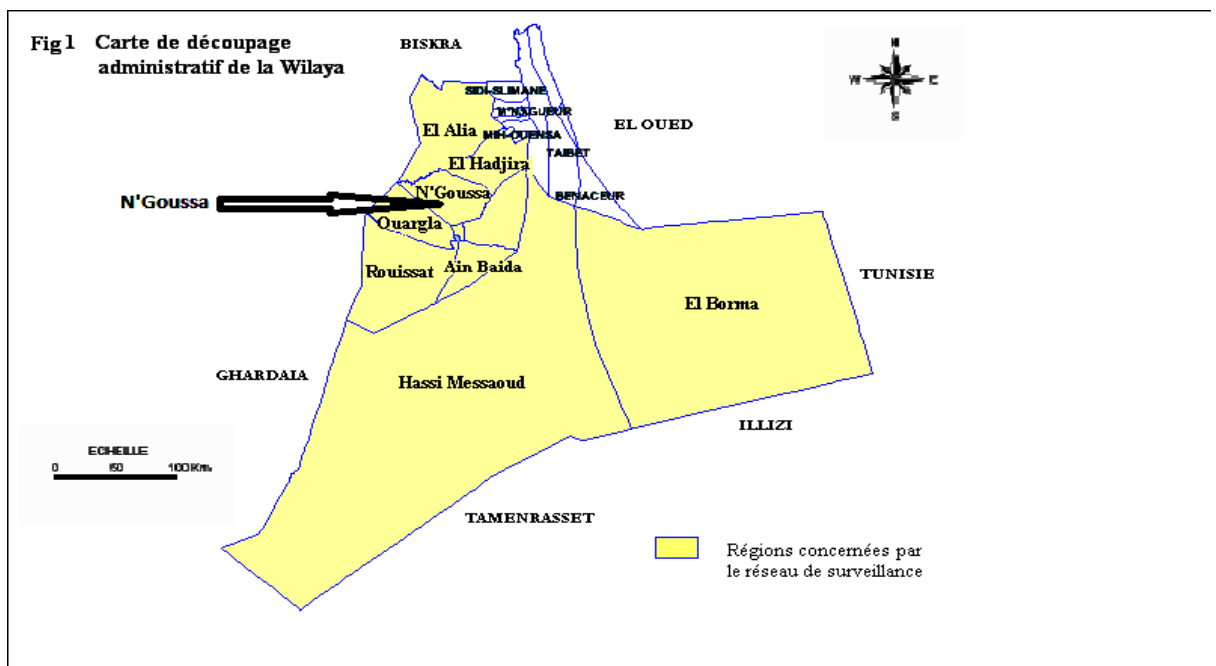


Figure.2 : Situation géographique de la commune de N'GOUSSA (WEC, 2007)

I.3. Géomorphologie

La hamada Mio-plio-quaternaire : (plateau où affleurent de grands dalles rocheuses) c'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé et ne laisse que quelques buttes témoins appelées "goures"

I.3.1. Les glacis : Sur les versants ouest de la cuvette s'étend du plus ancien au plus récent, d'Ouest en est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis situés à 180 et 160 m se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Mio-Pliocène. L'Est de la cuvette est un vaste glacis alluvial à sable grossier situé à 150 m d'altitude.

I.3.2. les sebkhas : Marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. Le chott (ou sebkha) constitue le point le plus bas, il est constitué de sable siliceux et/ou gypseux à croute gypseuse de surface et de su surface. Le bas fond se caractérise par une nappe phréatique permanente très peu profonde de 1 à 5 m. En aval d'Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkhet Safioune qui est à 103 m d'altitude point le plus bas de la région. Le sous-sol est formé de sables dunaires reposant sur des alluvions de l'oued avec localement des formations gréseuses indurées. Dans la région d'Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent recouverts par endroits par des dépôts Quaternaires composés des ergs et des dunes. La cuvette est dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grés tendres à stratifications entrecroisées, avec des nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords est-ouest. Après son creusement, la cuvette a été occupée par un lac au fond duquel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique, craies, calcédoine et évaporites. Des oueds, descendant de la dorsale "mozabite" à l'Ouest (oued M'Zab, N'Sa et Z'Gag) ou du Tademaït (Oued Mya) au Sud, se déversaient dans ce lac en abandonnant leurs alluvions en larges cônes (Ank Djemel pour l'Oued M'Zab) ou barrant la vallée (Oued N'Sa et Z'Gag au Nord de Sebkhet Safioune).

Avec la fin de la dernière grande période pluviale, le lac s'est retiré. L'Oued Mya n'a pu qu'épisodiquement couler de sebkha en sebkha sans beaucoup de vigueur, son cours étant complètement coupé par les reliefs situés à l'aval de Sebkhet Safioune ou un lac se formait à nouveau à chaque période un peu pluvieuse.

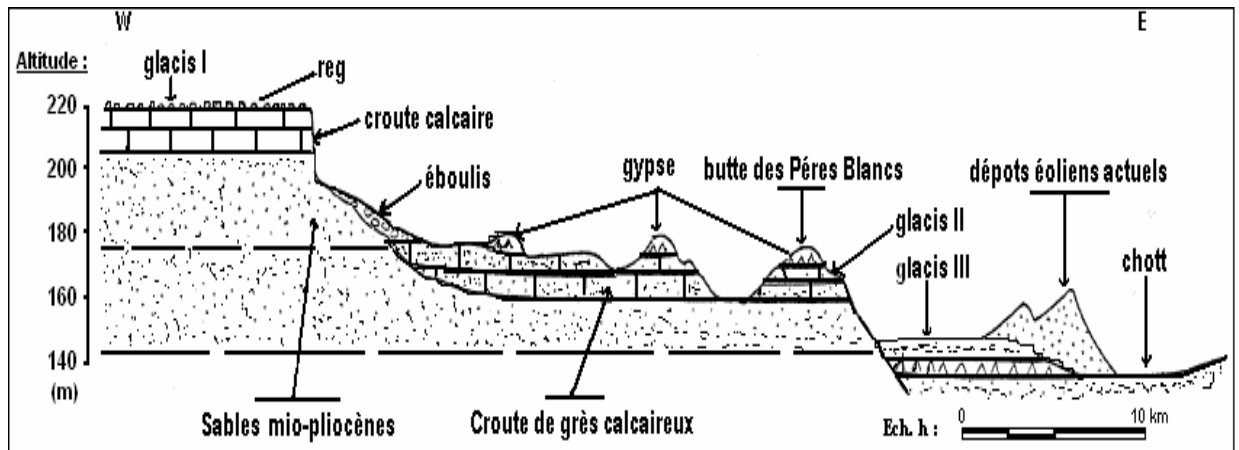


Figure.3 : Coupe géomorphologique schématique de la vallée d'Ouargla (d'après Lelièvre, 1969 in ANRH, 2011).

Le sous-sol est formé de sables dunaires reposant sur des alluvions de l'oued avec localement des formations gréseuses indurées.

Dans la région d'Ouargla, seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent. Ils sont recouverts par endroits de formations de dépôts datant du Quaternaire composé des ergs et des dunes.

La cuvette est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres à stratifications entre croisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords est et ouest.

Après son creusement, la cuvette a été occupée par un lac au fond du quel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique, craies, calcédoine et évaporites. Des oueds, descendant de la dorsale "mzabite" à l'Ouest (oueds M'Zab, N'Sa et Z'Gag) ou du Tademaït (O. Mya) au Sud, se déversaient dans ce lac en abandonnant leurs alluvions en larges cônes (Ank Djemel pour l'Oued M'Zab) ou barrant la vallée (O.N'Sa et Z'Gag au Nord de Sebket Safioune).

Avec la fin de la dernière grande période pluviale, le lac s'est retiré .L'O. Mya n'a pu qu'épisodiquement couler de sebka en sebka sans beaucoup de vigueur, son cours étant complètement coupé par les reliefs situés à l'aval de Sebket Safioune où un lac se formait à nouveau à chaque période un peu pluvieuse. Les alluvions de O. N'Sa ferment la vallée au Nord de Sebket Safioune, empêchant un écoulement vers l'aval.

Cette fermeture s'est rompue dans sa partie est et les eaux du lac ont pu s'échapper vers le N-E, en direction de Touggourt et du Chott Melrhir. Actuellement, les plus grandes crues de l'O. Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont de Ouargla. Celles de l'O. M'Zab atteignent Sebket Safioune deux fois par siècle, alors que celles de l'O. N'Sa semblent plus fréquentes. Les

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

travaux des archéologues confirment que la dépression de l'O. Mya n'a été drainée par des cours d'eau qu'à une période très ancienne du Quaternaire et que les sebkhas n'étaient pas fonctionnelles à l'époque néolithique car certains gisements reposent sur elles.

Les sebkhas sont apparues au cours d'une période humide antérieure, vraisemblablement le dernier grand pluvial contemporain de la glaciation de Würm.

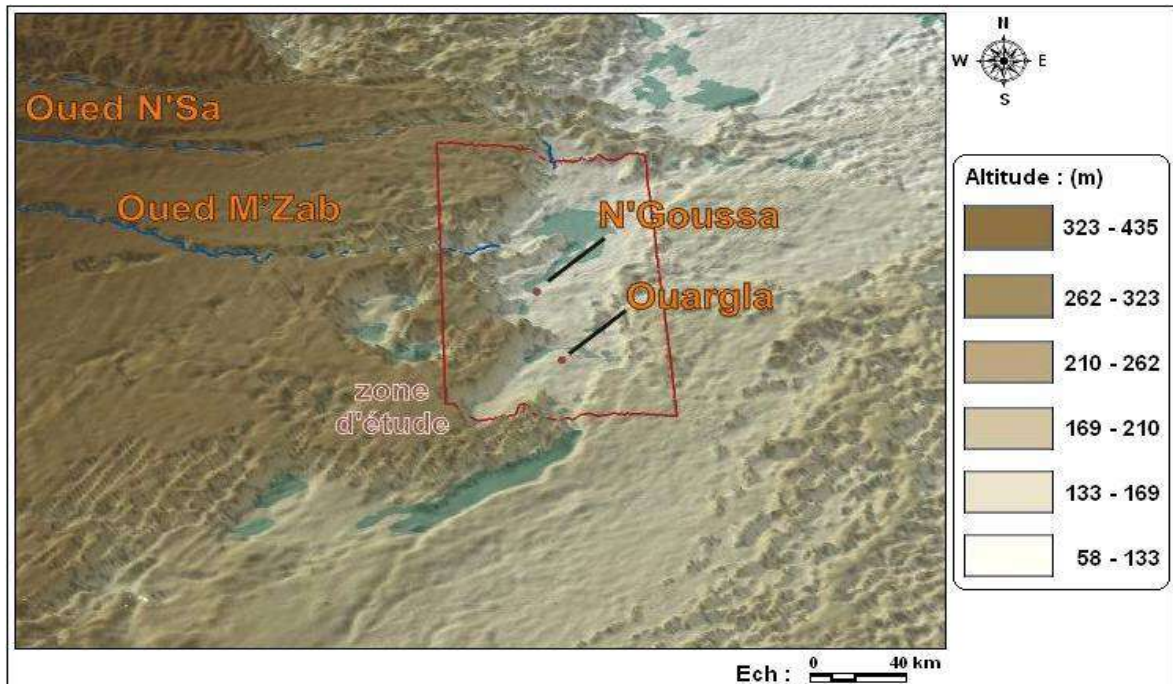


Figure.4 : Relief de la région d'Ouargla (BG, 2004)

I.4.Geologie

I.4.1. Cadre géologique et tectonique régional

De nombreux auteurs ont travaillé et publié des articles et des ouvrages sur la géologie du bassin sédimentaire du Sahara Septentrional, aussi bien dans le cadre de la géologie pétrolière, que par des chercheurs universitaires, parmi eux nous citons les plus connus : G. Busson, 1970 ; G. Conrad, 1969 ; Dubief, 1959. La région d'Ouargla fait partie du bassin sédimentaire du Sahara Nord-Est Septentrional, dont les grands traits de la géologie sont :

a- Au sud de l'accident Sud atlasique qui sépare la zone mobile maghrébine du reste de l'Afrique occidentale, le bouclier rigide est formé de terrains sédimentaires et éruptifs, plissés et métamorphisés.

b- Le Paléozoïque du Sahara correspond à des dépôts de climat désertique périglaciaire. Autour des affleurements du socle, s'étagent des couches gréseuses et schisteuses des Tassilis. Les mouvements hercyniens du Permo-Carbonifère, vont provoquer

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

l'érosion du bouclier. Il s'installe alors une grande période continentale avec pénéplanation postthercynienne pendant le Trias et le Jurassique et formation d'un manteau de grès, de sable et d'argile, qui va constituer le "Continental Intercalaire".

c- Le Trias : Busson (1970) souligne la grande variabilité de faciès et d'épaisseur du Trias. Il est divisé en grandes unités lithologiques distinctes qui peuvent être : salifères, argileuses, argilo-gréseuses ou carbonatées. L'épaisseur de ces différentes formations varie principalement là où s'intercalent des bancs salifères. L'épaisseur du Trias argilo-gréseux inférieur augmente vers le Nord-Ouest (150-180 m). Elle diminue dans les zones de haut-fond (Hassi Messaoud et R. El Baguel). Le Trias salifère présente une grande épaisseur (700 m au N-E de Ghadamès), il atteint 1300 m à H. Messaoud.

d- Le Jurassique

* Le Jurassique inférieur et moyen (Lias-Dogger) comprend principalement des couches évaporitiques constituées essentiellement de sel, d'anhydrite et d'argiles auxquelles se superposent des couches franchement marines et qui se présentent sous forme de calcaires et argiles avec des bancs d'anhydrite.

* Le Jurassique moyen caractérisé par une transgression couvrant tout le bassin du Grand Erg Oriental et les dépôts y sont épais.

* Le Jurassique supérieur est caractérisé par une permanence relative du régime marin avec des sédiments de milieux confinés. Dans la partie occidentale du bassin, le régime marin accuse une certaine régression à l'image de ce qui se passe plus à l'Ouest et vers le Sud.

Le passage du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur se caractérise par des apports terrigènes ayant pour origine les reliefs nourriciers situés au Sud du bassin saharien (Hoggar) (Busson1970).

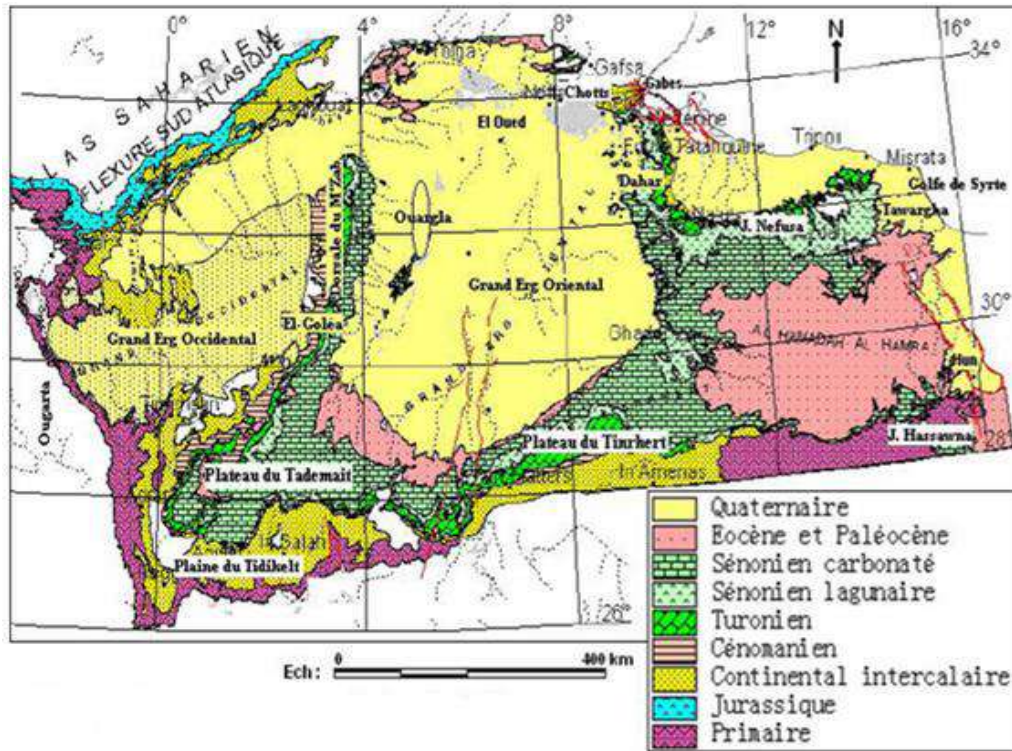


Figure.5 : Carte géologique du sud algérien (OSS, 2003)

I.5. Géologie Locale

I.5.1.Introduction

Dans la région de Ouargla, seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes).

I.5.2. Litho-stratigraphie

a- Le Barrémien : Capté à partir de 1500 m. Il présente une alternance de grès et d'argiles, avec des intercalations calcaro-dolomitiques ;

b- L'Aptien : Il est constitué par la "barre aptienne" dans la région d'Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, gris, verte, brunes ou blanches et de dolomies cristallines. Son épaisseur est variable, généralement inférieure à 50 m ;

c- L'Albien : Il correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire ; Ce sont des grès, argiles et sables L'épaisseur de ces formations est variable (>400 m). Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 90 %) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois des intercalations de sables grossiers à limons argileux ou carbonatés. On note des passées d'argiles brun- rougeâtres, elles sont même pélitiques et sableuses dans les puits les plus septentrionaux ;

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

d- Le Vraconien : L'intercalation albo-cénomaniennne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès de l'Albien et les argiles du Cénomanienn, il est formé de :

-- Dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques, les épaisseurs y sont de 50 à 100 m ;

-- Argiles et marnes dolomitiques et des éléments détritiques ;

e- Le Cénomanienn : Il est formé de deux séries (inférieure et supérieure) :

-- La série inférieure est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtres ou gris verdâtres, son épaisseur varie entre 60 et 80 m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particulier à la partie médiane de la série ;

-- La série supérieure est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite et de quelques intercalations dolomitiques, son épaisseur est de l'ordre de 70 m ;

f- Le Turonien : Il se présente sous la forme d'une dalle "*barre Turonienne*" ayant une épaisseur régulière de l'ordre de 70 m. Il s'agit d'une formation essentiellement calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique ;

g- Le Sénonien : Il est constitué de deux formations lithologiques superposées

-- Le Sénonien lagunaire à la base qui est constitué par une alternance irrégulière de bancs d'anhydrite, de dolomie, d'argile et de sel. Les proportions de ces formations varient d'un point à un autre :

--- L'anhydrite forme des bancs dont l'épaisseur peut atteindre 250 m ;

--- La dolomie constitue parfois des barres plus importantes (≈ 60 m) ;

--- Les niveaux d'argile et de marne ne dépassant généralement pas 120 m d'épaisseur ;

-- Le Sénonien carbonaté au sommet (200 m environ) : Calcaire blanc, tendre à moyennement dure, parfois crayeux à vacuolaire et passées de marne gris tendre à pâteuse dolomitique ;

h- Le Sénono-Eocène : Il est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 et 200 m. Il s'agit de calcaires dolomitiques cristallins ou microcristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

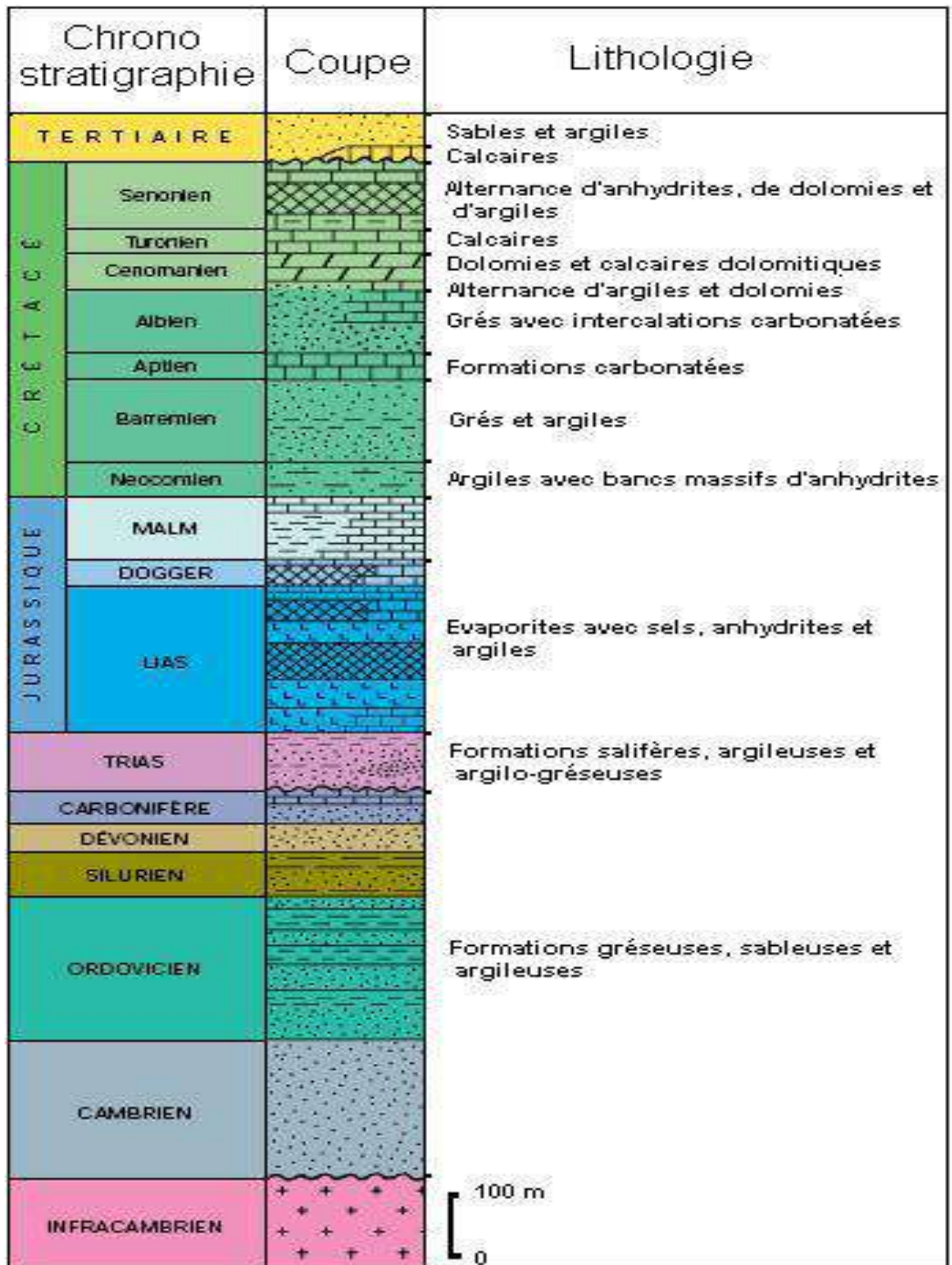


Figure.6 : Colonne stratigraphique synthétique de la région d'Ouargla (Sonatrach Et Schlumberger, 1990)

I.6. Le Système Aquifère Du Sahara Septentrional

I.6.1. Introduction

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye.

Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ

1 000 000 km² dont 70 % se trouvent en Algérie, 24 % en Libye et 6 % en Tunisie (Fig. 2-1) et s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'aux

Affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tinrhert et d'Ouest en Est depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'au Graben de Hun en Libye.

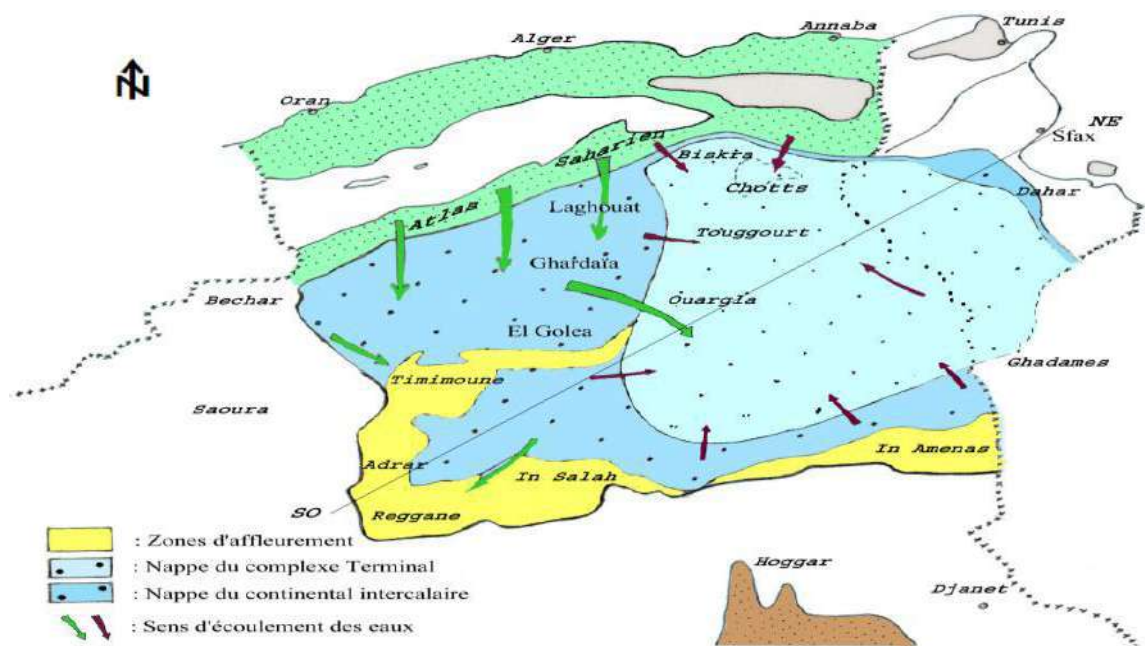


Figure.7 : Aquifères du Sahara septentrional (UNESCO, 1972).

Ce bassin se subdivise en trois sous-entités : les deux sous-bassins du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées «chotts et sebkhas » et le plateau de la Hamada El Hamra.

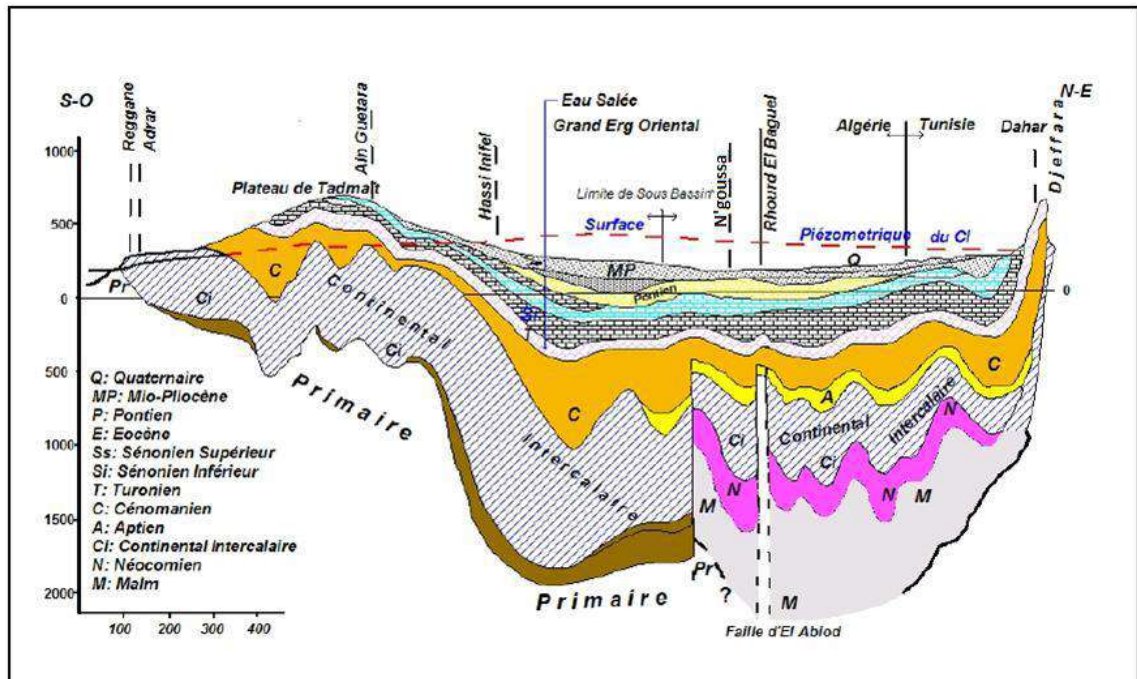


Figure.8 : Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrionale (UNESCO 1972).

Nous rappelons ci-dessous les définitions des nappes du "CI" et du "CT".

Le terme 'Continental Intercalaire' désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins :

- A la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne ;
- Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomaniennne.

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène (Busson, 1970 ; Fabre, 1976).

I.6.2 Le Continental Intercalaire "CI"

Directement surmontées par les argiles et carbonates du Cénomaniens, les formations du "CI" s'étendent jusqu'en bordure de la plate-forme, en une auréole continue d'El Goléa jusqu'à la limite sud de la Hamada El Hamra.

Au Nord-Ouest du bassin, le "CI" affleure tout au long de l'Atlas saharien et au Nord - Est au pied de la falaise du Dahar. Plus au Sud, le "CI" repose directement sur les formations marines du Paléozoïque, lequel forme en affleurement une ceinture continue allant de la frontière marocaine, à la limite N-W du bassin, jusqu'à la ville de Hun à l'extrême S-E de la région.

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

L'examen de la carte des affleurements géologiques permet donc de définir le "CI" comme l'ensemble continental compris entre les plissements hercyniens, qui ont chassé la mer de la plate-forme saharienne et l'invasion marine du Crétacé supérieur. Cet ensemble comprend majoritairement les formations continentales gréso-argileuses du Crétacé inférieur, auxquelles l'étude des coupes de forages a permis d'associer des sédiments marins ou lagunaires, post-paléozoïques et antécénomaniens intercalés au sein du "CI". Cette définition du "CI", qui constitue la formation aquifère la plus étendue de la région, détermine les limites du Système Aquifère du Sahara Septentrional "SASS". Ces limites, fondées à la fois sur l'étude des affleurements géologiques et sur l'étude des sondages, sont :

- Au Nord-Ouest, le versant Sud de l'Atlas saharien, marqué en affleurement par le contact Albien-Cénomaniens ;
- Au Sud-Ouest, la limite des affleurements paléozoïques de l'Ougarta, marqués par le cours des oueds Zousfana et Saoura ;
- Au Sud, la limite des affleurements du "CI" sur le Paléozoïque, allant en continuité d'Adrar à Hun, décrivant les limites septentrionales des Tassilis ;
- Au Nord, l'accident sud Atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golfe de Gabès par la faille d'EL Hamma – Médenine ;
- Au Nord-Est, les affleurements du "CI" au pied de la falaise du Dahar ;
- A l'Est, les formations aquifères du Crétacé inférieur se prolongent bien au-delà du graben de Hun, mais à l'Est du méridien 16° et en passant au bassin de Syrte, les eaux du "CI" deviennent saumâtres : c'est ce passage qui a été adopté comme limite de la zone d'étude de la nappe d'eau douce du "CI" (OSS, 2003).

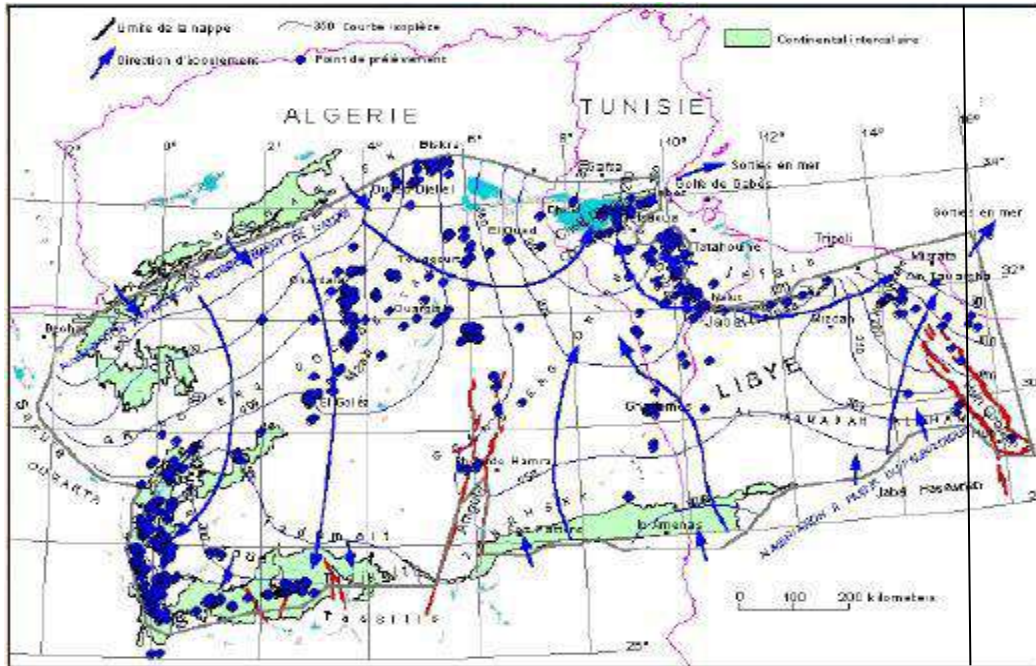


Figure.9 : Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003)

I.6.3. Complexe Terminal (C.T)

I.6.3.1. Géologie de la nappe

Le système aquifère du Complexe Terminal est moins étendu que le Continental Intercalaire.

Néanmoins, il couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, sur environ 600 000 km². Sa profondeur oscille entre 100 et plus de 500 m et son épaisseur, en moyenne de 220 m. Ces formations sont les plus récentes, déposées au bas Sahara.

Il se compose de deux ensembles aquifères principaux, d'âge et de lithologies différentes, l'un continental au sommet, l'autre marin à la base.

Au sommet, le Continental Terminal, constitué par les sables de taille variable, intercalés de lentilles argileuses parfois évaporitiques d'âge Mio-Pliocène, 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 200 à 230 m en moyenne. Elle est minimale dans la région de N'GOUSSA augmente vers le Sud 300 m, et le Nord où elle peut atteindre 500 m.

Les formations marines sont essentiellement carbonatées, déposées au cours de la transgression marine du Sénonien-Eocène, 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.

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

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 évaporites de l'Eocène moyen pour l'aquifère Eocène. La nappe est captive de la région de N'GOUSSA 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.

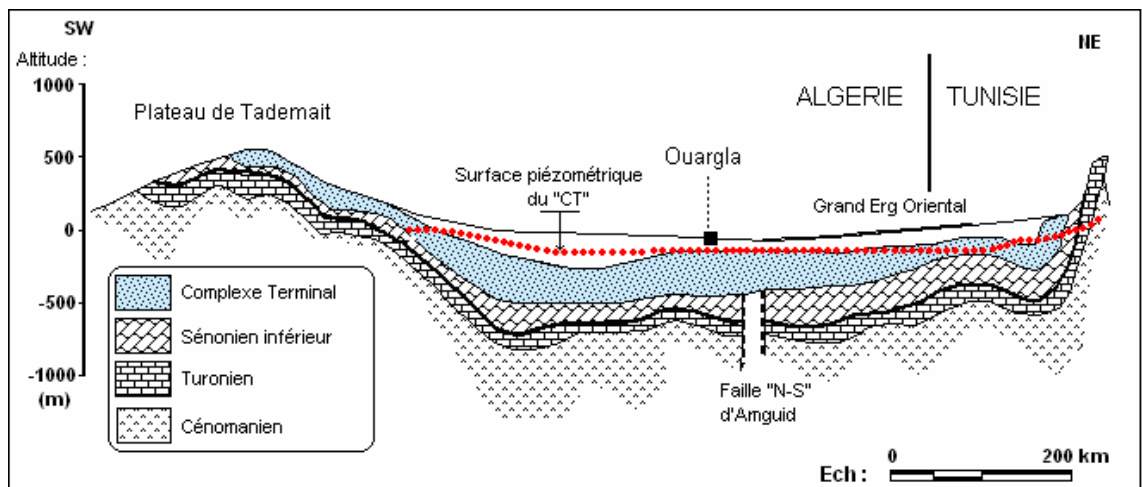


Figure.10 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

I.6.3.2 Alimentation de la nappe

L'alimentation de cette nappe reste très faible comparée aux réserves d'eau constituées depuis les époques pluviales du Quaternaire jusqu'à l'Holocène, l'alimentation actuelle se fait par :

- Infiltration d'une partie du ruissellement sur les bordures Nord (Atlas Saharien, région de Laghouat, Chebek du M'Zab).
- Infiltration sur les sables du Grand Erg Oriental, qui repose par endroit directement sur les formations perméables du Mio-Pliocène, une alimentation provenant du Sud-Ouest à partir du plateau du Tademaït (sans toutefois oublier de signaler qu'il a existé une alimentation aux confins du Tinhert qui a fonctionné durant le Quaternaire et qui n'existe plus aujourd'hui).
- En provenance de l'aquifère du Continental Intercalaire à travers les failles d'Amguid l'Abiod (relation de drainance par le Continental Intercalaire).

CHAPITRE I : CADRE PHISIQUE

L'apport annuel en eaux de pluie est inférieur à 50 mm/an, seules les pluies torrentielles participent à l'alimentation de la nappe de Mio-Pliocène par infiltration dans les sables (quaternaires). Dans les périodes d'averses où les précipitations sont supérieures à l'évapotranspiration, il peut exister une possibilité d'alimentation directe de la nappe de Mio-Pliocène. D'autre part, la valeur du niveau statique de la nappe de Mio-Pliocène de 10 à 48 m, il peut exister une possibilité d'exhaure par l'évaporation dans les zones où le niveau statique est à faible profondeur.

I.6.3.3. Ecoulement et exutoire

D'après les études de UNESCO, 1972 ; ils montrent que le bassin Saharien oriental est caractérisé par un écoulement dirigé Sud –Nord convergeant vers les principaux exutoires qui sont :

- Chott Melghir et chott Mérouane en Algérie ;
- Evaporation dans les vallées des anciens oueds (Oued Righ) ;
- Forage d'eau.

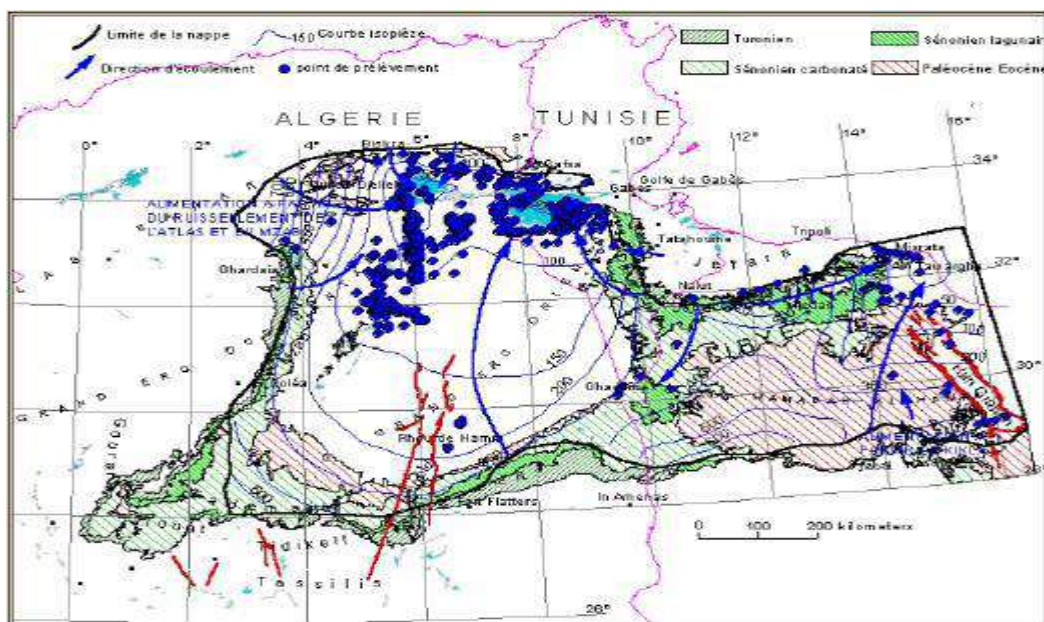


Figure.11 : Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS, 2003)

L'écoulement des eaux de la nappe du CT s'oriente vers les chotts du Sahara Oriental : Melrhir, en Algérie, Rharsa et Djérid en Tunisie.

Alors que dans le bassin occidental les eaux de la nappe se mélangent avec celle du Continental Intercalaire (UNESCO, 1972).

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

Le Mio-Plio-Quaternaire, de faciès sableux et argileux avec du gypse, renferme des nappes phréatiques héritées des périodes pluvieuses du pléistocène inférieur.

Il résulte de la sédimentation en milieu lacustre durant la phase d'assèchement des lagunes des chotts (BUSSON, 1970).

Le sens d'écoulement de ces nappes est orienté parallèlement avec celui de la nappe du complexe terminal (CT).

I.6.4. La Nappe Phréatique

I.6.4.1. Introduction

La documentation existante a été collectée, analysée, interprétée et synthétisée La nappe phréatique est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire.

Les sondages carottés effectués par "LTPS", en plus des logs des piézomètres effectués par l'ENA.GEO, ont permis de relever la présence de trois classes de profils géologiques :

* **Classe A** : C'est la classe la plus répandue, elle représente ≈ 75 % des terrains.

On distingue :

- Une première couche dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m, constituée de sable fin à moyen légèrement gypseux avec une consistance de moyenne compacité ;
- Une deuxième couche constituée de sable argileux compacté, dont l'épaisseur varie entre 5 et 15 m.

* **Classe B** : Elle caractérise les chotts et les sebkhas où on distingue :

- Des encroûtements gypseux très salés dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m ;
- Des sables limoneux avec un passage tuffeux.

* **Classe C** : Elle caractérise les versants de la cuvette et le plateau Mio-Pliocène. On distingue :

- Un matériau détritique constitué de grès consolidé (glacis) et de sable limoneux pauvre en gypse dont l'épaisseur est supérieure de 10 m ;
- Du sable grossier compact.

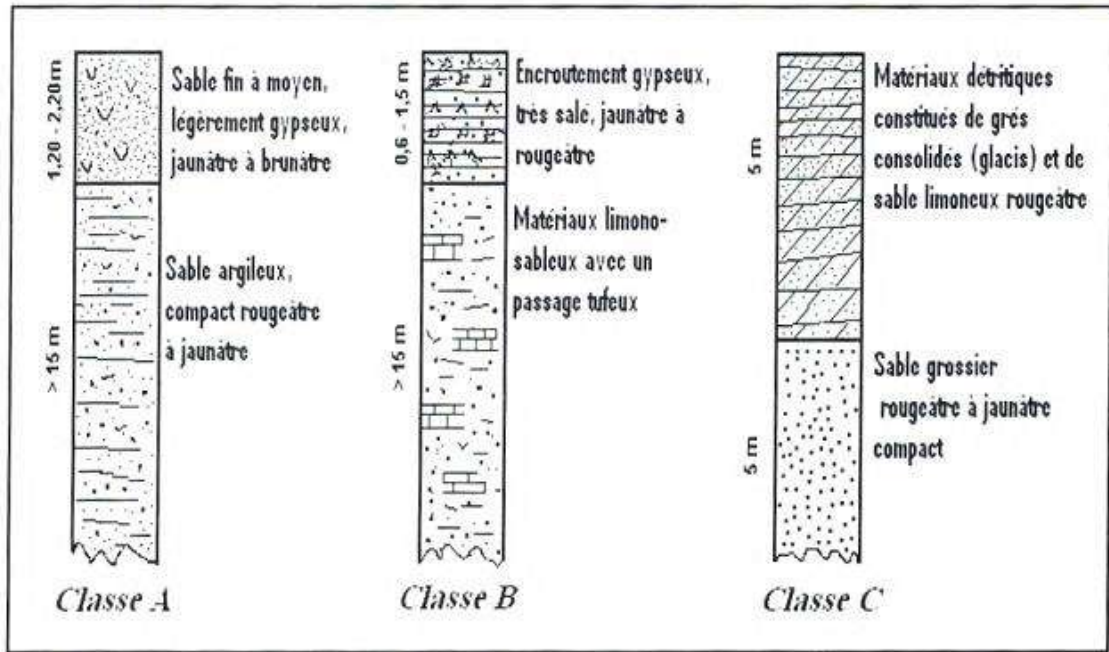


Figure.12 : Log géologiques des formations de la nappe phréatique (Djidel, 2008)

I.7.Climatologie

I.7.1.Introduction

Le climat de la région d'Ouargla est un climat désertique particulièrement contrasté malgré l'attitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

Ces paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour tout étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères. Les séries des données, qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique d'Ouargla.

I.7.2 Analyse Climatique

I.7.2.1 les précipitations

Les précipitations sont les principaux facteurs climatiques. Généralement, il pleut rarement à Ouargla, sont irréguliers entres les saisons et les années.

Le cumul interannuel des précipitations enregistré au niveau de la station d'Ouargla est de 37,80 mm le (tableau1).

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

Tableau.1: Précipitations moyennes mensuelles de la station étudié pour la période (2004-2016)

Valeurs moyennes	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P en (mm)	3,5	5,3	5,6	3,9	8,4	2,4	4,2	1,9	1,2	0,6	0,3	1,4	38,7

Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de cette station est donnée par la figure suivant :

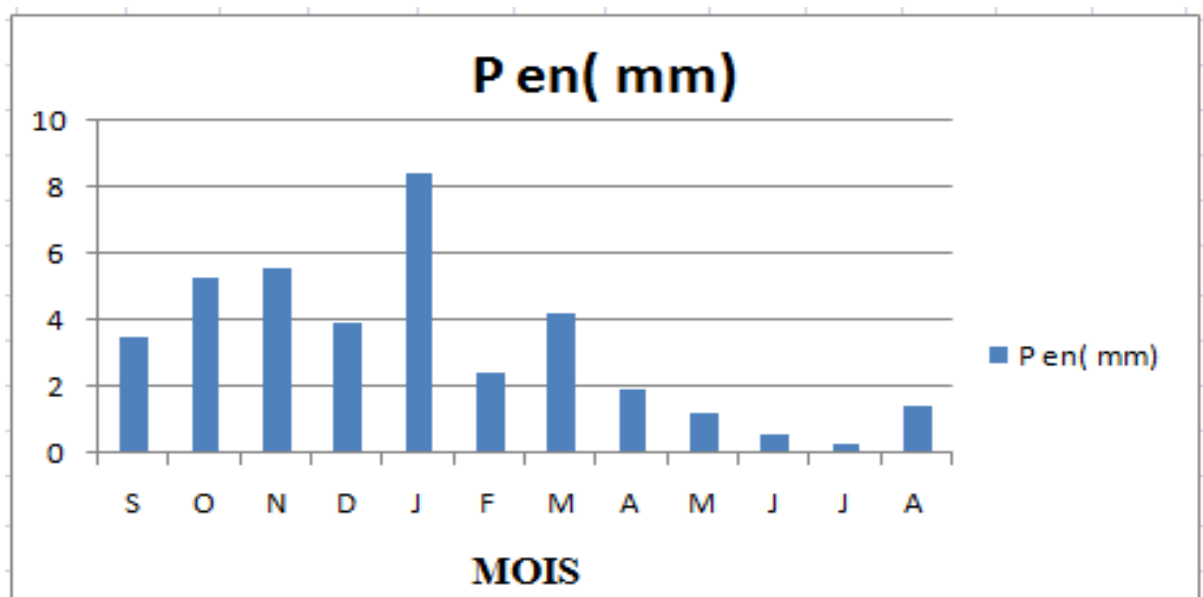


Figure.13 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Ouargla (période 2004-2016).

La figure N° 13 montre que les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de cette station sont très variables d'un mois à un autre. La quantité la plus élevée est enregistrée le mois de Janvier

I.7.2.2. La température

La température est le deuxième paramètre qui conditionne la climatologie d'une région après les précipitations.

Les valeurs des températures moyennes mensuelles (maximales, minimales et moyennes) de la station étudiée pour la période (2004-2016), sont représentées dans le tableau suivant :

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

Tableau.2: Températures moyennes mensuelles de l'air, (maximales, minimales et moyennes) pour la station étudiée, période (2004-2016).

Valeurs moyennes	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
T max °C	38,3	32,9	24,7	19,6	19,7	21,4	26,3	31,4	35,8	40,8	43,9	43,1	31,5
T min °C	23,1	17,2	10	5,9	4,6	6,5	10,3	14,8	19,7	24,4	27,7	27,4	16,0
T moy °C	30,7	25,1	17,4	12,8	12,2	13,9	18,3	23,1	27,7	32,6	35,8	35,2	23,7

Représentation graphique des températures moyennes (minimales, maximales et moyennes) mensuelles enregistrées au niveau de cette station est donnée par la figure suivant :

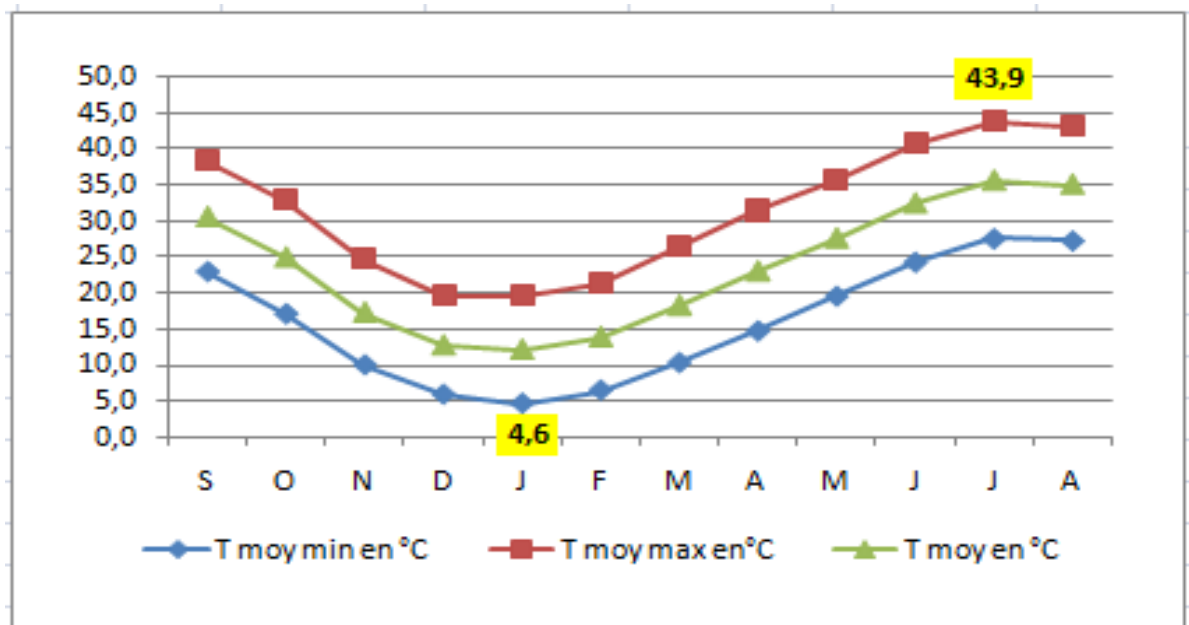


Figure.14 : Températures moyennes mensuelles de l'air (maximales, minimales et moyennes) enregistrées à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)

Le tableau 2 et la figure 14 montrent que la plus faible valeur des températures minimales moyennes mensuelles enregistrées est de 4.6 °C enregistrée au mois de janvier (mois le plus froid), quant à la plus importante, elle est de 43.9 °C enregistrée au mois d'août (mois le plus chaud).

De mai à octobre, les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle 23.7 °C et de novembre à avril, elles sont inférieures à cette dernière ; ce qui permet de diviser l'année en deux semestres : un semestre froid et un semestre chaud.

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

I.7.2.3.Indice d'aridité

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

$$I = P / 10 + T$$

I : Indice d'aridité.

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Sur la base des fourchettes de l'indice d'aridité fixées par de abaque, formule de De Martone,

Nous pouvons tirer le type de climat de notre région d'étude.

On a : $T = 23.73 \text{ C}^\circ$

$P = 37.99 \text{ mm}$ Donc $I = 1.13$, ce qui indique que notre région a un climat hyper aride.

Tableau.3 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de DEMARTONNE

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper-aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

Tableau.4 : Indice d'Aridité de DEMARTONE. (ONM, Ouargla (2004-2016))

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Pmoy	3.47	5.26	5.60	3.88	7.76	2.43	4.15	1.86	1.24	0.62	0.27	1.44	37.99
Tmoy	30.70	25.06	17.37	12.77	12.16	13.94	18.34	23.10	27.73	32.60	35.79	35.25	23.73
I	0.09	0.15	0.20	0.17	0.35	0.10	0.15	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03	1.13

I.7.2.4. Le diagramme pluviaux-thermique

Selon la définition de Gaussen, une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieurs ou égales au double de la température du même mois.

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

la précipitation et T la température. La variation de ces deux paramètres au cours d'une année hydrologique moyenne est figurée sur le diagramme Ombro-thermique (Fig. 2-6).

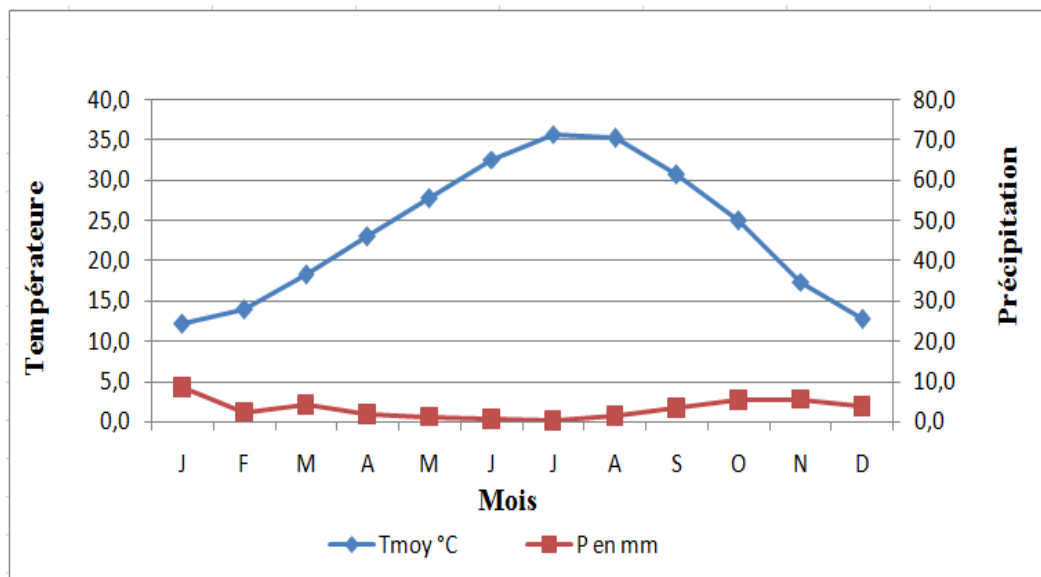


Figure.15 : Diagramme ombrothermique de la station de Ouargla pour la période (2004-2016).

D'après le diagramme ombrothermique de la station étudiée on distingue une seule période sèche qui s'étend sur toute l'année pour la période d'étude (2004-2016).

I.7.2.5. L'évaporation

Régie par la température et accentuée par le pouvoir évaporant des vents secs, l'évaporation enregistre des grandes valeurs dans la zone d'étude. Sa moyenne est de 3248.0 mm/an avec un minimum de 87.48 mm en janvier et un maximum de 457,05 mm en juin. C'est la principale source du déficit hydrique au niveau d'Ouargla.

Tableau.5 : moyennes annuelles d'évaporation

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Evap	294.69	228.77	125.36	87.48	94.35	130.67	205.22	257.30	332.78	403.25	457.05	418.00	252.91

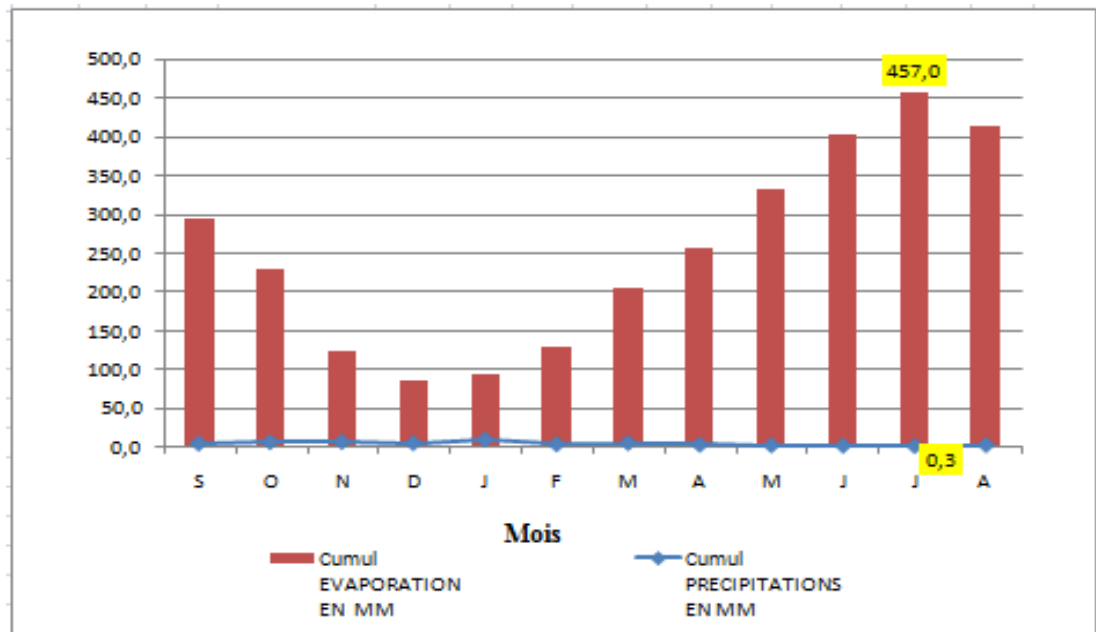


Figure.16 : variation de l'évaporation et des précipitations moyennes mensuelles à la station de Ouargla pour la période (2004-2016)

La figure 16 montres que les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de cette station sont très faible au mois de Juillet 0.3mm par rapport à la valeur de l'évaporation qui est très élevée au même mois : 457mm.

I.7.2.6. L'humidité de l'air

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression.

Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (période 2004 - 2016).

Tableau.6: Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2016)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
H(%)	38.13	43.98	54.27	60.98	59.12	50.61	44.58	38.46	33.43	28.93	25.67	29.05	42.3

CHAPITRE I : CADER PHISIQUE

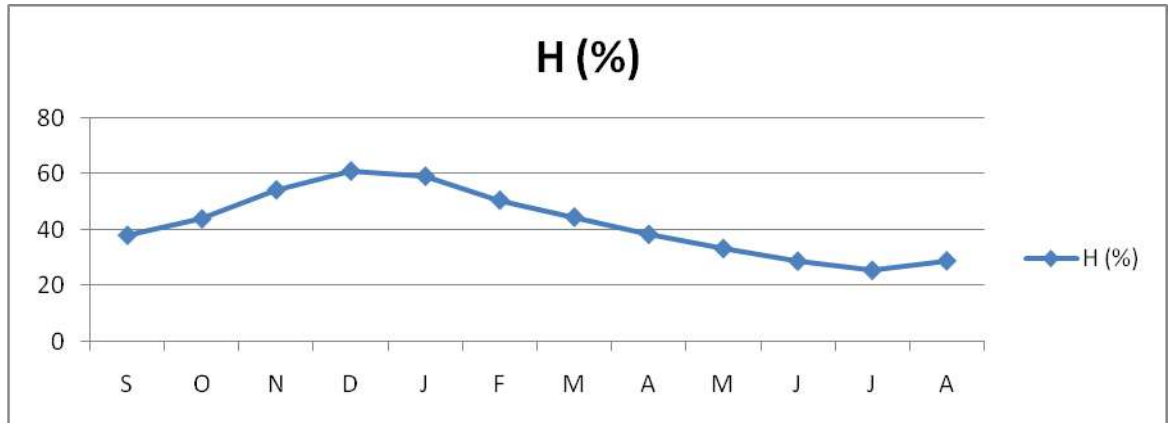


Figure.17 : humidité moyennes mensuelles de l'air enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)

On relève que l'humidité est faible dans l'ensemble de l'ère d'étude. Ceci est dû notamment au fait que la température de l'air en augmentant suite à l'importance de l'insolation, fait accroître la capacité de rétention en eau de l'air. Les valeurs -non homogènes- enregistrées ont une variation mensuelle inversement proportionnelle à la température car on observe des valeurs maximales pendant la période de Novembre à Janvier et des valeurs minimales durant la période de Juin à Août.

Toutefois, il peut arriver que cette règle ne soit pas respectée notamment lors de pluies, d'un temps couvert ou de vent fort.

Nous pouvons résumer les choses en disant que l'humidité relative dépend dans une large mesure de la température qui elle aussi dépend de la quantité de rayonnement reçue sur le sol, il demeure que celle-ci n'est pas la seule, car d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les vents, les nuages et l'ensoleillement. L'humidité moyenne annuelle est de 45 %.

I.7.2.7. L'insolation

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé.

Tableau.7: Insolation moyenne mensuelle (station d'Ouargla, 2004-2016)

M ois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	mo y
	266.	263.	249.	224.	247.	240.	265.	280.	301.	247.	327.	330.	270
	75	70	70	69	02	62	80	58	43	30	70	80	.5

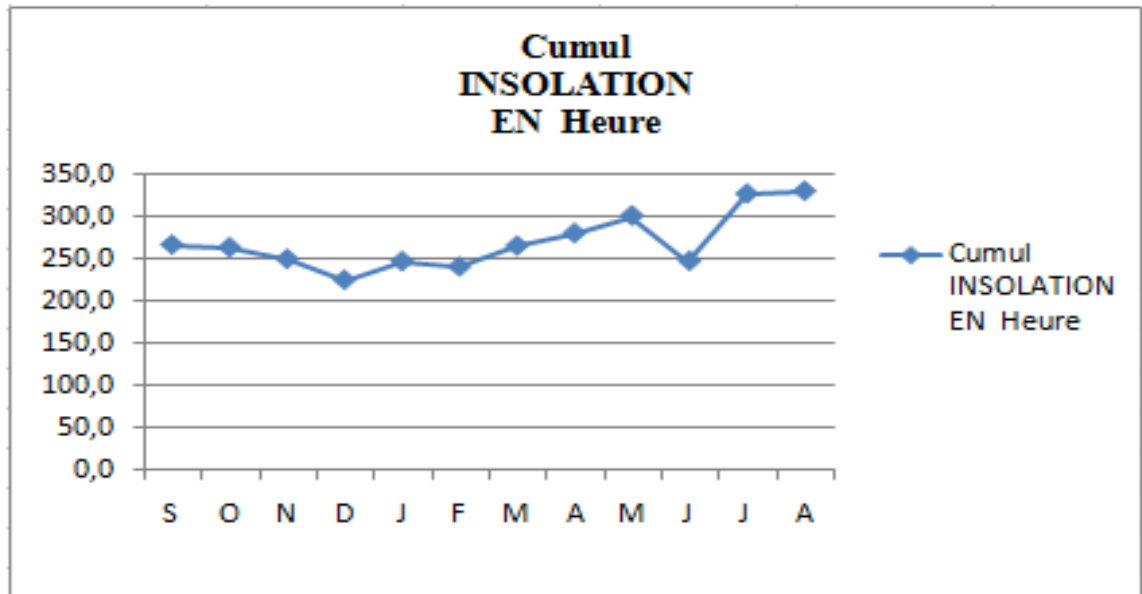


Figure.18 : insolation moyennes mensuelles de l'air enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)

La variation annuelle de l'insolation concorde avec celle de la nébulosité, elle est de type méditerranéen présentant un maximum estival. Cependant, il existe plusieurs variations annuelles dues aux petits accidents provoqués par des ponts nuageux.

Selon les valeurs mentionnées au tableau 1-5, on estime que la durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieur à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 12 h/j en Été, tandis qu'elle ne dépasse pas 8 h en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 176 h.

D'une manière générale, la durée moyenne est de l'ordre de 3008 h/an, soit 125 jours de soleil par an.

I.7.2.8. Le vent

Nous pouvons dire que le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse.

Tableau.8: Vitesse moyenne mensuelle du vent (station d'Ouargla, 2004-2016)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
V(m/s)	54.69	48.28	58.03	68.17	63.49	54.03	60.38	56.38	53.46	47.97	44.71	42.17	54.3

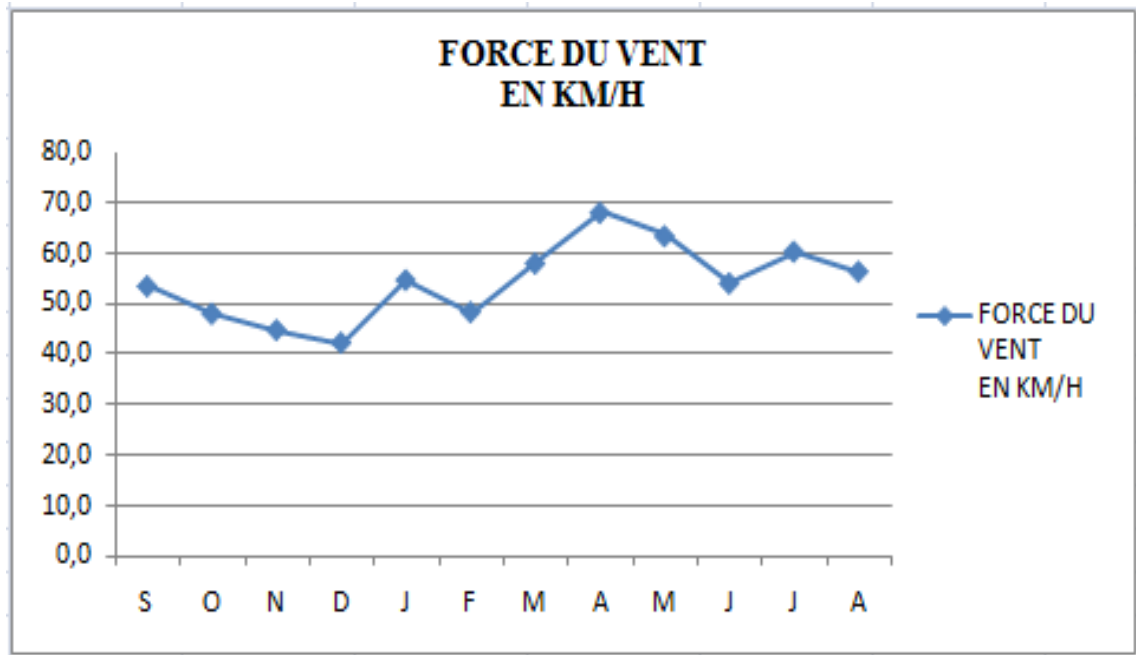


Figure.19 : Vitesse moyenne mensuelle du vent enregistré à la station de Ouargla Pour la période (2004-2016)

On remarque que les vents les plus forts se produisent durant les mois de décembre à avril avec un maximum de 68 m/s en Mai, tandis que le reste des mois on a une vitesse faible (42 m/s).

Généralement, les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction S-N et SW-NE, tandis que les vents dirigés vers le Sud et le Sud-Ouest ne dominent qu'au mois de Janvier. On peut penser que l'orientation grossièrement N-S de la vallée joue un rôle dans la direction des vents.

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 54.31 m/s.

I.8. Conclusion

Le climat de la région de Ouargla est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures très élevées d'autre part.

Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région.

Ce climat est de type méditerranéen aride, malgré l'effet de la continentalité, il est caractérisé par un hiver doux et une période de sécheresse prolongée dominée par des vents de direction SW-NE.

II. Matériel et Méthodes

II.1. Introduction

Avant de traiter et discuter les différents résultats d'analyse des données obtenus dans la géologie de la nappe du complexe Terminal de la région de N'GOUSSA, on a besoin de définir la principale méthode à suivre et les différentes outils à utiliser en se basant spécialement sur les conditions et le mode d'échantillonnage, ainsi que les techniques de mesure et d'analyse des échantillons sans oublier l'outil informatique (aquifère test, Rokworks).

II.2. Calcimétrie

Cette méthode permet de connaître le taux des carbonates au niveau d'un sol par réaction avec HCl. Pour cela nous allons utiliser le Calcimétrie de Bernard. Un Calcimétrie permet de mesure le volume de CO₂ dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO₃) d'un échantillon de sol ou de roche.

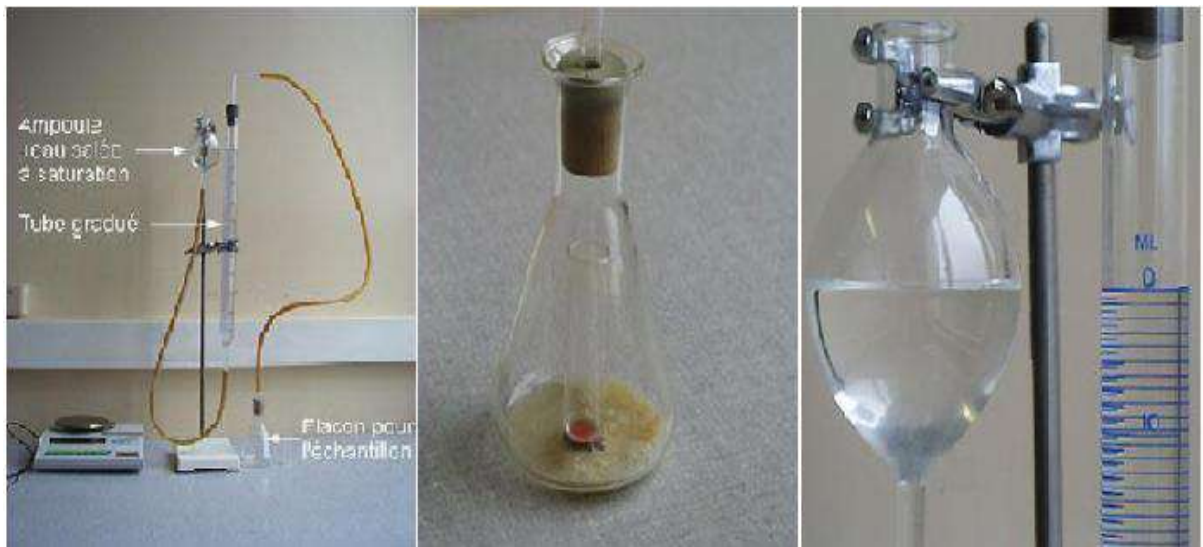


Figure.20 : Appareil de Calcimétrie

II.2.1. Appareillage

Un Calcimétrie de Bernard est composé :

- une ampoule
- un tube gradué de 100 cm³
- un Erlenmeyer de 100 cm³
- un petit tube en verre environ deux fois moins haut que l'Erlenmeyer
- deux bouchons à 1 trou adaptés au tube gradué et à l'Erlenmeyer

Chapitre 2: Matériel et Methods

II.2.2. Mode Opérateur

- Préparer une solution saturée de NaCl
- Remplir l'ampoule à mi-hauteur de cette solution (Si on utilise de l'eau non salée une partie de CO₂ dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé).
- Tarer la balance puis peser 0.25 de l'échantillon broyé
- Placer dans l'Erlenmeyer l'échantillon.
- Coller une boulette de pâte à modeler sous le petit tube.
- A l'aide d'une pipette, verser dans le tube de l'HCl concentré.
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'Erlenmeyer puis reboucher l'Erlenmeyer.
- Modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué. Le contenu de l'Erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique. Noter le niveau

II.2.3-La mesure

- Incliner l'Erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Reposer l'Erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence. Pour une mesure précise, il convient d'attendre un rééquilibrage de la température avec celle de l'air ambiant. La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique. Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube. Le CO₂ dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure
- Ouvrir l'Erlenmeyer ; ajouter un peu d'acide sur l'échantillon .Vérifier que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO₃ a été attaqué.

II.2.4. Teneur en CaCO₃

CaCO₃ + 2 HCl ---> CaCl₂ + H₂O + CO₂ Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100g/mol) libère une môle CO₂ (22,4 l soit 22400 ml). Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO₃ attaquée. Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon.

Exemple

Masse de l'échantillon = 0,25 g

Niveau initial = 0 ml

Niveau final = 44 ml

Masse de CaCO ₃	100 g	x g	x = (44 x 100) / 22400
Volume de CO ₂	22400 mL	44 mL	x = 0,20

Masse de CaCO ₃	0,20 g	y g	$y = (0,20 \times 100) / 0,25$
Masse de roche	0,25 g	100 g	$y = 80,0$

II.3. Test Morphoscopique

Le sable, placé dans une lame à concavité, est observé à la loupe binoculaire ou au microscope à faible grossissement.



Figure.21 : Microscope

Les études microscopiques et Morphoscopique consistent à identifier la nature, l'origine et le degré d'usure des particules sédimentaires. La comparaison de sables de provenances connues et variées permet une analyse de l'histoire des particules sédimentaires détritiques. L'analyse Morphoscopique, réalisée sur un sable lavé, est l'examen de la forme et de l'aspect des grains. Elle permet la recherche de la nature de l'agent de transport au travers de l'identification des critères d'usure des grains. On répartit les grains en 3 grandes catégories :

- N.U. grains non usés, transparents ou colorés, anguleux ont subi un faible transport ;
- E.L. grains émoussés luisants, ont des arêtes estompées par un transport hydrique ;
- R.M. grains ronds mats sont dépoli et arrondis par un transport éolien

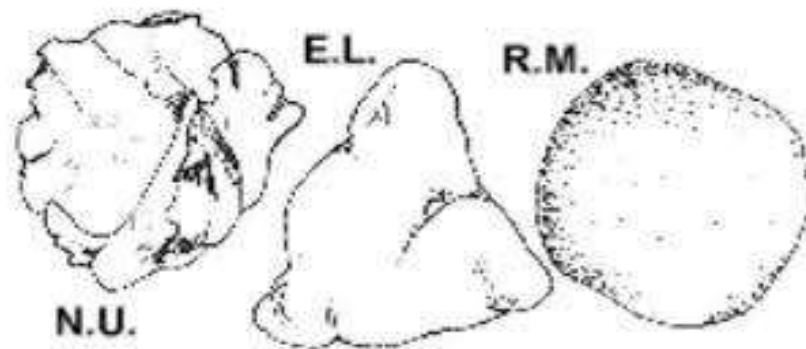


Figure.22 : Exemple de croquis de sable

L'analyse microscopique, d'un sable brut, peut se superposer à l'analyse Morphoscopique. Elle permet d'en déterminer tous les constituants (pétrographie, microfossiles ...) et d'en déduire l'origine et les conditions de la mise en place du sédiment.

Ainsi ce sable fluviatile (Ganges) associe des grains variés EL et quelques grains de quartz NU.



Figure.23 : Exemple de quartz sous le microscope

Ou encore ce sable côtier (Porquerolles), sable marin, qui associe des grains de quartz EL et RM, témoignage de la pluralité des agents d'usure côtiers.



Figure.24 : Exemple 2 de quartz sous le microscope

II.4. Rockworks

C'est un progiciel intégré pour la gestion, analyse et la visualisation des données géologiques. RockWorks se spécialise dans la visualisation des données de subsurface en tant que coupes, sections transversales, diagrammes de clôture, modèles solides, cartes structurales et isopach en 2D et fenêtres dynamiques 3D. Le gestionnaire de données du puits de forage est utilisé pour faciliter l'entrée des données de puits : géophysique/ Mesures géotechniques / géochimiques, lithologies observées, contacts stratigraphique. Les niveaux d'eau, les fractures, les relevés de puits de fond, tous dans des tables de bases de données liées.

De ce les données que vous pouvez créer des points, des contours, des plans et des lithologies surface stratigraphique (géologie, cartes ; des sections transversales ; et les profils. De plus, il existe un assortiment de diagrammes 3D : Des surfaces, des diagrammes des colonnes et des modèles solides.

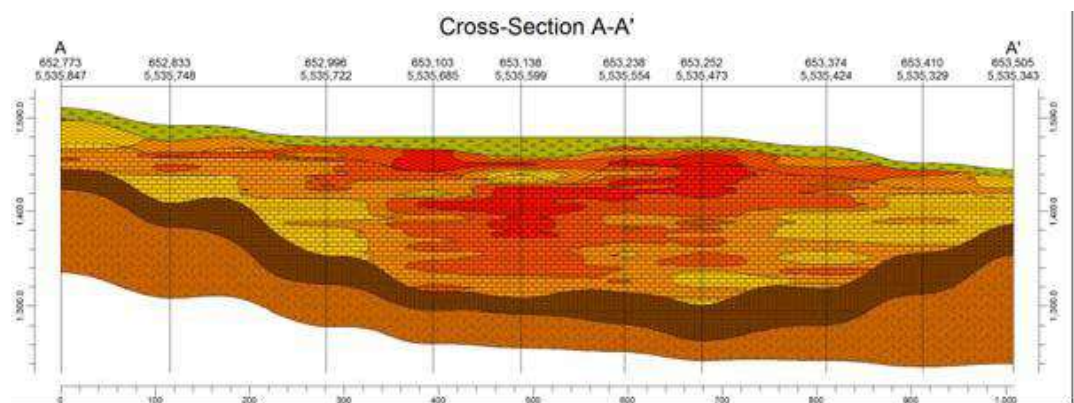
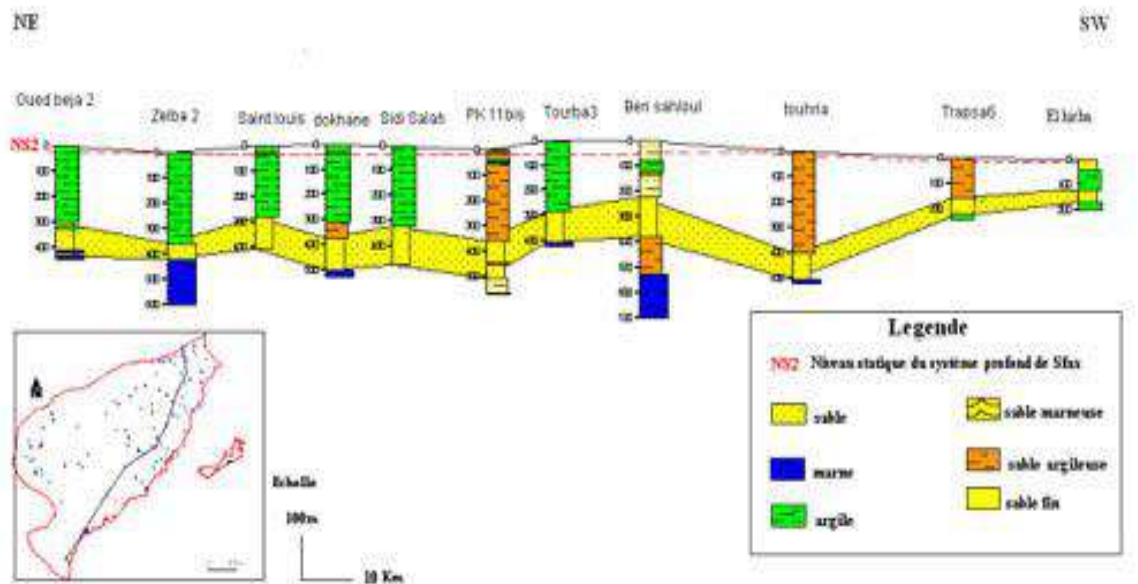


Figure25 : Exemple de coupe lithologique

RockWorks contient également une fenêtre de données "plan" de style de tableur pour une utilisation avec le 'RockWorks Utilities' du programme: grille et contour de base, modélisation solide, outils de volumétrie, d'hydrologie et d'hydrochimie (schémas d'évacuation et de flux, Piper et Diagrammes rigides), analyse des fonctionnalités 2D et 3D

Chapitre 2: Materiel et Methods

(diagrammes de rose et de stéréo net, cartes de ligne et densités), des calculs statistiques et des diagrammes (histogrammes, diagrammes de dispersion, ternaires Parcelles), cartographie d'enquête, coordonnées de conversions et plus encore. Les utilitaires RockWorks Une partie du programme peut être achetée séparément.



Il existe trois fenêtres graphiques dans RockWorks. RockPlot2D affiche des images «plates» en 02 dimensions, telles que des cartes, des journaux et des sections transversales. Il offre des économies, des exportations et les outils d'impression, ainsi que l'édition, le dessin, la numérisation et la mesure à l'écran outils. RockPlot3D est une fenêtre d'affichage graphique interactive qui utilise Open GL pour Visualisation facile des images 3D telles que les journaux, les diagrammes de clôture, les modèles solides et surfaces 3D. Il fournit une rotation interactive, un panoramique, un zoom et une couche de différentes images. Ajustez l'éclairage, filtrer les solides, ajuster les couleurs, ajouter des images facilement et rapidement. Voir les volumes instantanément sur l'écran. Report Works est utilisé pour définir les pages à afficher et imprimer. Insérez les graphiques Rock Plot (cartes, sections transversales, journaux, diagrammes, etc.) et raster Images, dessinez des barres d'échelle et des formes, ajoutez du texte et des légendes, et plus encore. Imprimer et exporter Les outils apportent vos images RockWorks à la phase de présentation rapidement et facilement.

II.5. logiciel Aquifère Test Pro

II.5.1. Aquifère Test Pro : de « *Schlumberger Water Services* » Ce programme à utiliser pour calculer les propriétés hydrauliques de votre aquifère en utilisant une sélection complète de méthodes de pompage d'essai pour :

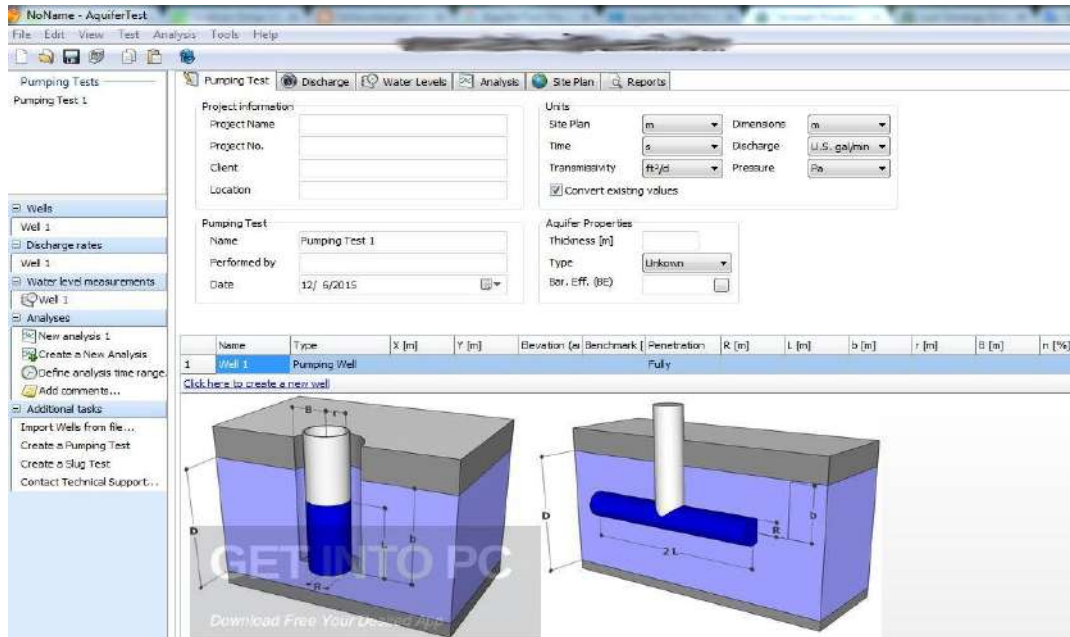


Figure27 : Page de démarrage de l'aquifère test

- ✓ Nappes captives
- ✓ Nappes libres
- ✓ Nappes a perméabilité d'interstices, et
- ✓ Nappes de roches fracturées

En outre, il est possible d'analyser les effets des interférences puits, et également pour tenir compte :

- ✓ des conditions aux limites de réalimentation et de limites étanches ;
- ✓ du stockage du puits de forage ;
- ✓ de pompage a pénétration partielle et observation des puits ;
- ✓ de pompage de puits multiples ;
- ✓ des taux de pompage variables

AquiferTest Pro peut être utilisé comme un outil d'analyse prédictive, pour calculer les niveaux d'eau / prélèvement à un moment donné sur la base des valeurs de transmissivité et emmagasinement estimés.

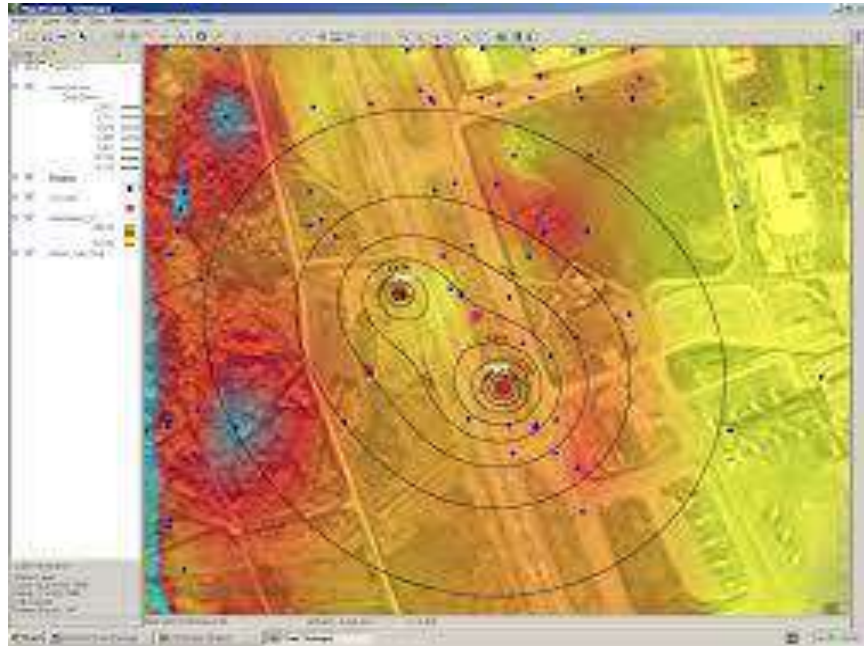


Figure.28 : Exemple de cône de dépression

Cette nouvelle fonctionnalité vous permet d'optimiser l'emplacement des puits de pompage, efficacement planifier votre prochain essai de pompage.

II.6. Conclusion

La présente d'étude a été effectuée à l'aide de données d'analyses géologiques et hydrodynamiques des forages de la partie sud de la ville de N'GOUSSA. Les données représentent la lithologie et les paramètres hydrodynamiques de la nappe du complexe Terminal. Une base de données a été créée à l'aide des données des échantillons du cuttings analysées sur les principaux paramètres Morphoscopiques. Au total, 3 échantillons, représentent 3 forages d'eau destinés à l'irrigation. Le traitement de données géologiques et hydrodynamiques a été faite à l'aide des logiciels. Les principaux logiciels utilisés sont : rockworks, Aquifère test et surfer. Les méthodes utilisées pour la réalisation de ce mémoire sont basés sur l'analyse de données. Ceci a pour but de ressortir les :

- Pour la géologie : les logs, les coupes lithologiques, le modèle.
- pour l'hydrodynamique : calculer les paramètres hydrodynamiques.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les résultats et les discussions de cette étude. L'analyse des données va montrer les caractéristiques géologiques et hydrodynamiques de la nappe du Complexe Terminal de la région de N'GOUSSA.

III.2. La Géologie

Pour en savoir la lithologie, la structure et la géométrie, nous étudierons les caractéristiques géologiques de la zone d'étude à l'aide des corrélations de logs de forages hydrauliques.

La connaissance de la topographie est très importante aussi bien pour les corrélations des horizons lithologiques. C'est pourquoi on a pris les altitudes à partir de Google Earth pour homogénéiser la résolution en X, Y et Z.

Dans ce chapitre sera abordée de façon détaillée la lithologie des aquifères. Le contexte lithologique est indiqué par les descriptions des logs de forages hydrauliques et les coupes sériées qui ont découlent permettent de montrer les différentes formations géologiques.

Pour vérifier l'étude précédente, nous avons étudié environ 19 puits dans la région de N'GOUSSA. Le tableau et la carte suivantes illustrent la situation des forages dans la région et spécifiquement on portera sur l'étude de trois forages achevés récemment au sud de N'GOUSSA montrés sur la carte ci-dessous par la coupe A-B.



Figure.29 : Section de la coupe A-B

Chapitre 3: Résultats et discussion

III.2.1. La Lithologie

Le Mio-Pliocène "MP" : fait partie du Continental Terminal. C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles, qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénono-Eocène. On va décrire dans ce qui suit la lithologie du Miopliocène de la zone d'étude.

III.2.2. La description des logs

III.2.2.1. Forage Lahoua1

SONDAGE: LAHOUA 1 (C./ N'GOUSSA W.DE OUARGLA)

X=5.328806° Y=32.127000° Z=125


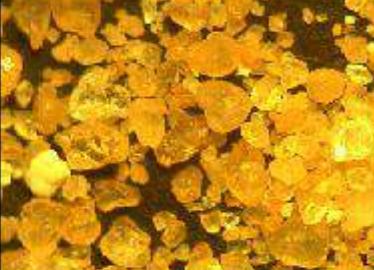
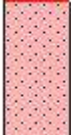




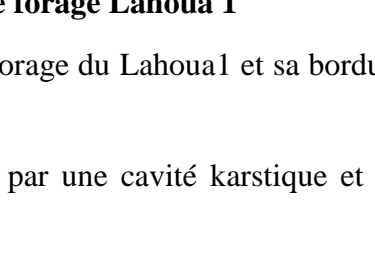


cotes	coupe	description géologique	examen morphoscopique
0.0		sablefin gréseux de couleur rougeâtre	 sable
16m		grés rouge	
31m		calcaire compacte avec passe du silice	 grés
45m		calcaire blanc friable avec présence de sable fin rosâtre	
50.0			
69m		perdes totale manque d'echantillons	calcaire

Figure 30 : Fiche technique de log de forage Lahoua 1

-Quatre ensembles géologiques sont distingués dans le forage du Lahoua1 et sa bordure avec de bas en haut :

-Un niveau de faible surfaces et souvent constitué par une cavité karstique et C'est le problème qui propose

Chapitre 3: Résultats et discussion

-L'ensemble calcaire : il comprend des calcaires karstique friable et des calcaires compacts. Son épaisseur s'étende un profond de 38 m.

-L'ensemble de grès : il est composé de grès à ciment calcaire.

-L'ensemble de dernière de sables : Il comprend les sables dunaires et les sable gréseux.

III.2.2.2-Forage Lahoua2

SONDAGE : LAHOUA2 C./N'GOUSSA /W.DE OUARGLA

X=5.328583° / Y=32.122389° / Z=131

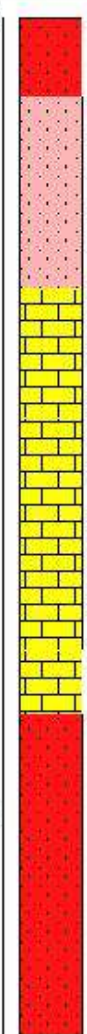
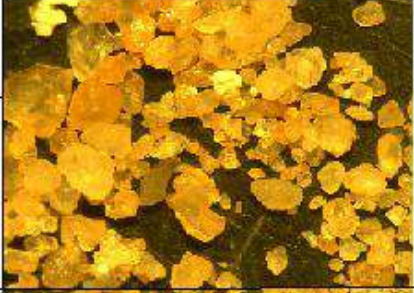

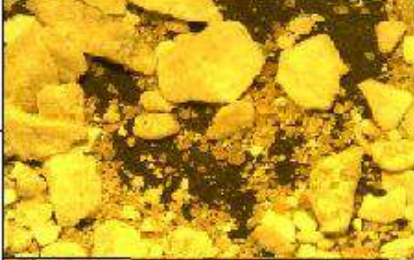

cotes	coupe	Description géologique	Examen Morphoscopie	
0.0		sable fin rougeâtre 10m		sable
		grée sableuse à sable fin et matrice siliceuse 34m		grée
		calcaire marneux blanchâtre avec trace de sable fin 92m		calvaire
100.0		sable grossier avec des graviers siliceux 127m		argile
		130m argile verdâtre		

Figure.31 : Fiche technique du log de forage Lahoua 2

- quatre ensembles géologiques sont distingués dans le forage Lahoua2 avec de bas en haut

:

Chapitre 3: Résultats et discussion

- Un niveau argileux qui représente le substratum de l'aquifère.
- Un niveau de sable : composé de sable moyen à grossier et des graviers siliceux.
- Un niveau épais de 58 m constitué par un calcaire marneux.
- Un dépôt de grés, grés sableux et sable fin.

III.2.2.3- Forage Lahoua 3

SONDAGE: LAHOUA 3 (C./ N'goussa /W. DE OUARGLA)

X=5,328028° Y=32,117056° /Z=125








cotes	coupe	discription géologique	examen morphoscopie
0.0		sable fin rougeâtre légèrement gréseux	 sable
20m		calcaire blanc compacte	
34m		argile vert	 argile
36m		sable moyens à grossier	
75m		argile vert et rouge	
78m		sable moyens à grossier et graviers siliceux avec quelque passage gréseux	
100.0			
		106m	

Figure.32 : Fiche technique du log de forage Lahoua3

Chapitre 3: Résultats et discussion

-Trois ensembles géologiques sont distingués dans le forage Lahoua3 avec de bas en haut :

-un horizon de sable composé de sable moyen, de sable grossier, d'argile, de gravier et de passage gréseux siliceux.

-Un niveau de calcaire compacte.

-Un dépôt de sable fin légèrement gréseux.

III.2.3. Corrélations et coupes géologiques

Trois coupes lithologiques ont été réalisées dans la région de N'GOUSSA.

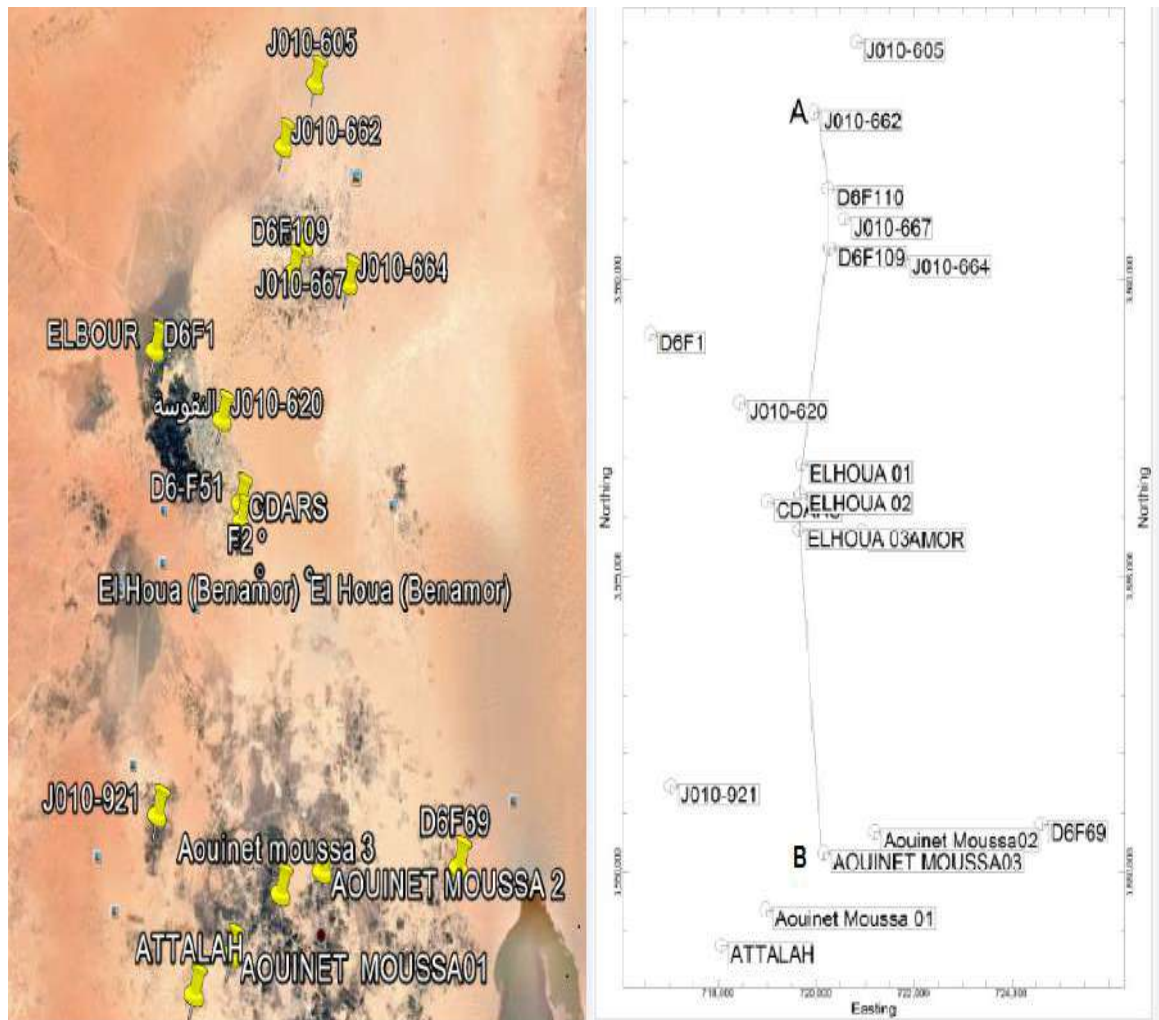


Figure.33 : Carte de position des forages et des coupes dans la région de N'GOUSSA

Chapitre 3: Résultats et discussion

Tableau.9 : les coordonnées des puits

<i>Nom</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Z</i>	<i>Prof</i>
J010-605	5.342497°	32.191102°	119	140
J010-662	5.333054°	32.180554°	117	86
J010-667	5.339156°	32.164163°	127	175
D6F109	5.335830°	32.159716°	125	132
J010-664	5.351658°	32.158052°	127	140
D6F1	5.296658°	32.147492°	121	50
J010-620	5.315825°	32.136663°	126	105
CDARS	5.321388°	32.121536°	127	156
Lahoua 1 (F1)	5.328806°	32.127000°	125	77
Lahoua 2 (F2)	5.328583°	32.122389°	131	130
Lahoua 3 (F3)	5.328028°	32.117056°	125	106
J010-921	5.299435°	32.078603°	124	68
A.Moussa1	5.319436°	32.059444°	127	46
A.Moussa2	5.343332°	32.070827°	129	124
A.Moussa3	5.332218°	32.067777°	130	124
D6F69	5.379441°	32.071381°	146	70
Attalah	5.309720°	32.054165°	127	80
D6F110	5.335831°	32.168887°	123	80
Benamor	5.341667°	32.116667°	128	74

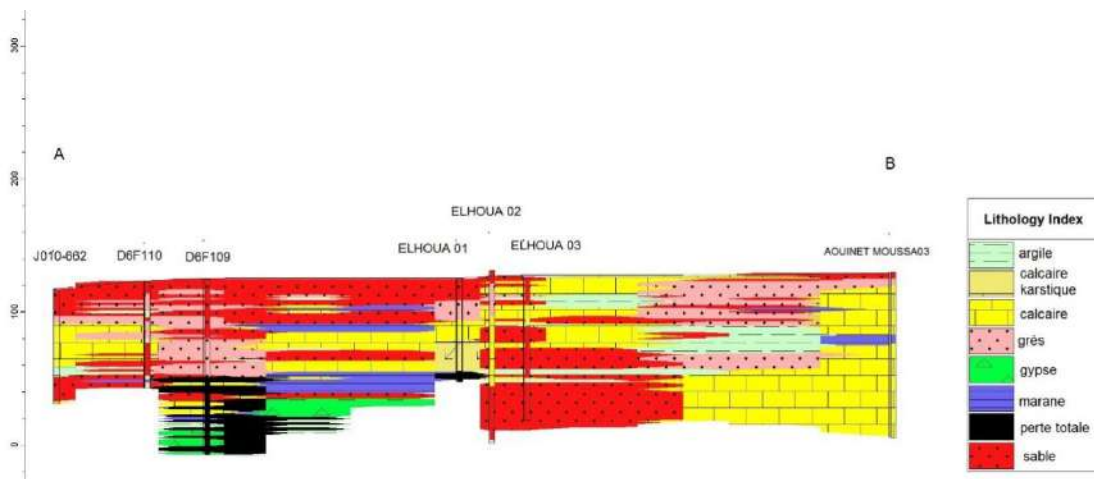


Figure.34 : Profile A-B

Chapitre 3: Résultats et discussion

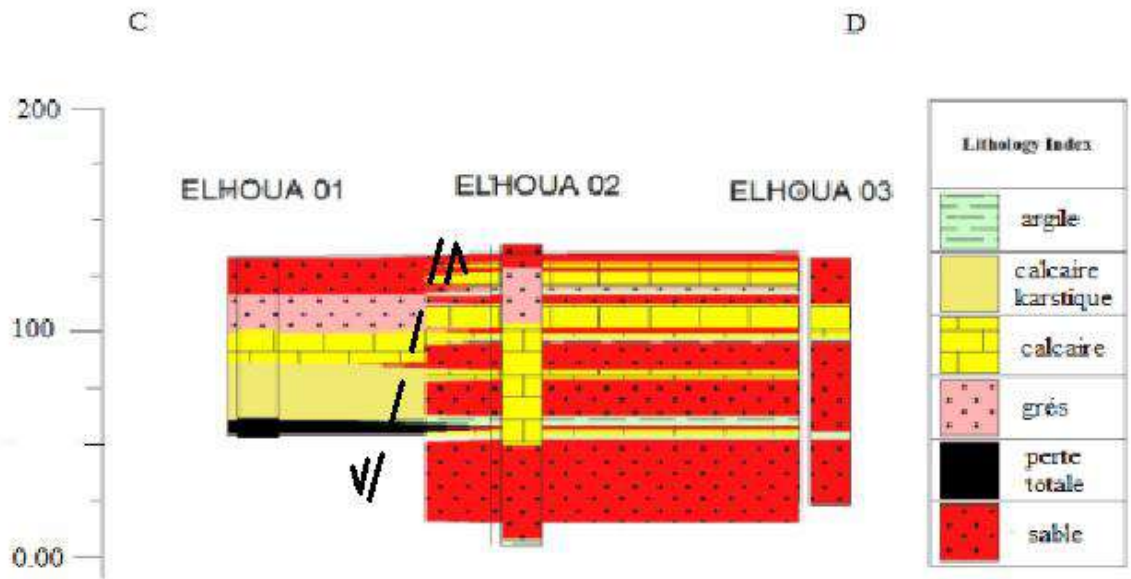


Figure.35 : Profile C-D

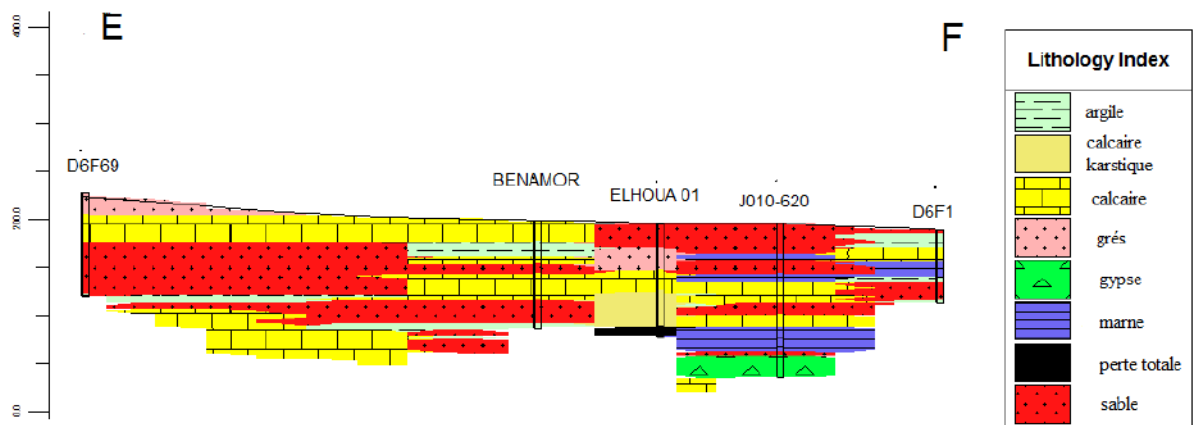


Figure.36 : profile E-F

-Les corrélations de coupes de forages dans la région de N'GOUSSA illustrent les importantes variations lithologiques. Sur la coupe A-B,

Du nord au sud, il y a une continuité des formations de sable et de calcaire et une discontinuité d'argile, de marne et de gypse. La coupe C-D montre en effet des sables et les calcaires plus au sud. Les coupes A-B/C-D tendent à montrer de la présence d'une zone de perte de la boue vers le nord traduisant l'existence d'un calcaire karstifié avec la formation de cavités et grottes. La coupe E-F montre en effet des sable et des calcaire plus vers l'Est.

Chapitre 3: Résultats et discussion

III.2.4. Les failles identifiées sur les coupes des forages

Toutes les coupes tendent à montrer des failles décalant les formations. Les coupes A-B, C-D et E-F illustrent ces accidents dans la région de N'GOUSSA et qui font que les couches ne sont pas continuées. Ainsi une discontinuité lithologique importante traduit l'existence d'une activité tectonique qui affecté les formations de l'Eocène et du Miopliocène.

III.2.5. Le modèle lithologique

Un modèle en bloc représentant les types de lithologie de la région de N'GOUSSA est représenté sur la figure 37.

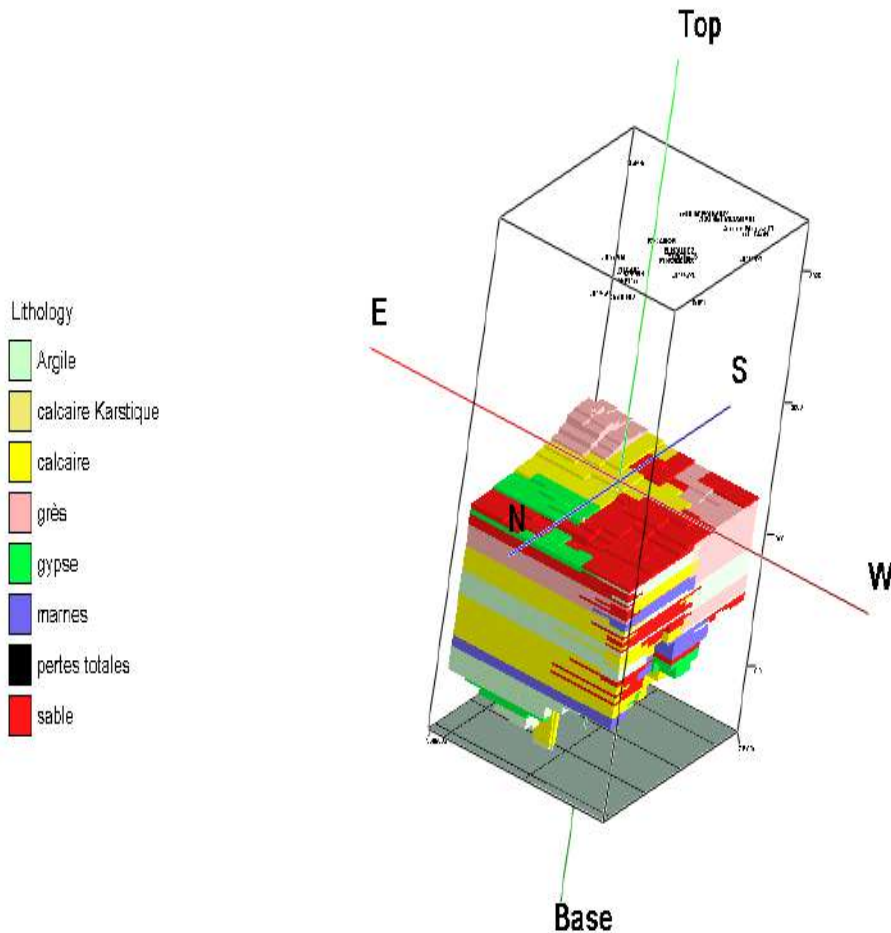


Figure.37 : modèle lithologique de la région de N'GOUSSA

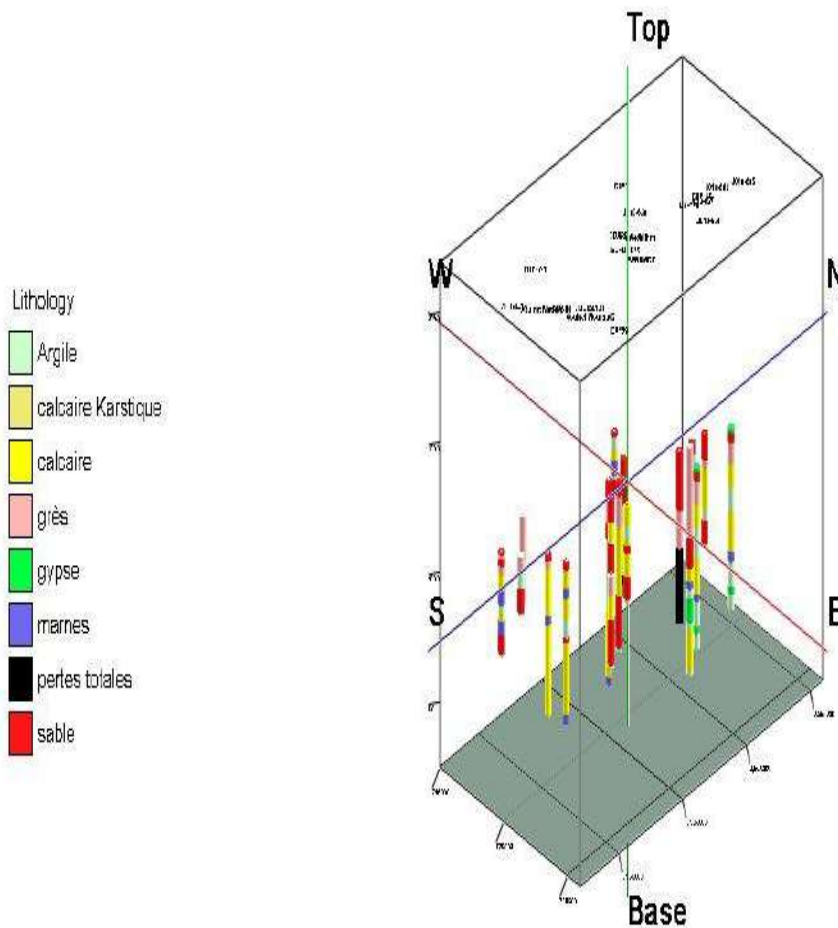


Figure38 : modèle lithologique des puits de la région de N'GOUSSA

-Le modèle est une représentation des séries des formations Mio-pliocènes du complexe terminale (CT).

La géométrie de différentes unités lithologiques et de leur variation en fonction de la position des forages.

III.2.6. Discussion :

Les descriptions sont basées sur les rapports techniques des forages. Dans la partie de perte totale de boue de forage, il y a des dissolutions des carbonates et une tendance vers la karstification.

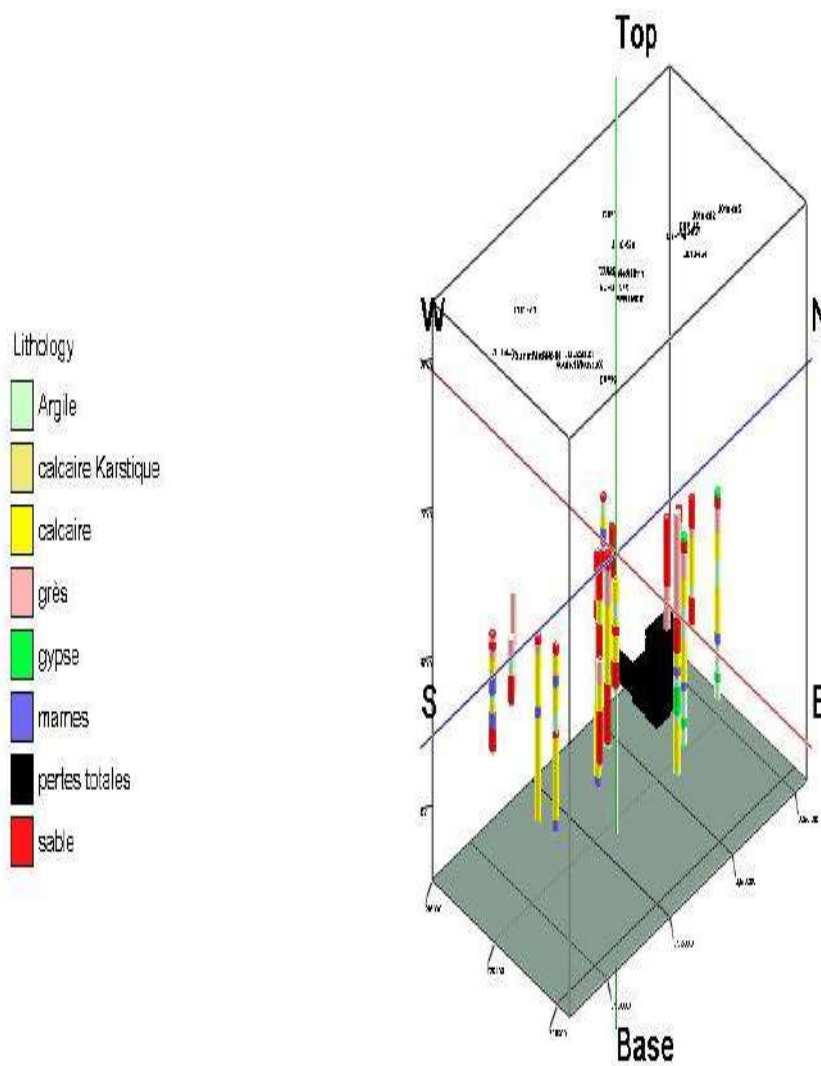


Figure.39 : représentation de la zone karstifié

Chapitre 3: Résultats et discussion

-le modèle montre que la zone de perte totale de la boue de forage est enregistrée au niveau de deux forages séparés par une distance de 7.5 km. La présence de karst au cours de l'opération de forage s'est manifestée par une chute de l'outil et de la colonne du tubage et le non récupération des cuttings.

III.3. Les caractéristiques hydrodynamiques

III.3.1. Introduction

Un essai de pompage est une opération dont l'objectif principal est de déterminer les paramètres hydrauliques (Transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S) d'un aquifère. Pour cela, pour un débit connu, les rabattements sont relevés dans le puits et dans un ou plusieurs piézomètres situés à des distances connues du puits. Les essais de pompage peuvent être interprétés en régime transitoire ou permanent.

III.3.2. Méthodes usuelles d'interprétation d'un essai de pompage

III.3.2.1. Méthode de Theis (1935)

La solution analytique donnant le rabattement de la surface d'une nappe captive lors d'un pompage à débit constant en régime transitoire a été développée par Theis (1935) par analogie avec les problèmes de conduction de la chaleur. Lors d'un essai de pompage dans un puits de diamètre infinitésimal pénétrant totalement un aquifère poreux à nappe captive, homogène, isotrope, d'épaisseur constante et d'extension infinie, le rabattement s (m) est donné par la formule suivante :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (1.7)$$

avec :

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (1.8)$$

$W(u)$ est appelée fonction de puits. Elle est tabulée dans de nombreuses références, par exemple Domenico & Schwartz (1990, p. 106). Dans l'équation 1.8, r (m) est la distance entre le puits de pompage et le puits d'observation dans lequel le rabattement est mesuré, S est le coefficient d'emmagasinement de l'aquifère, T (m^2/s) sa transmissivité et t (s) le temps écoulé entre le début de l'essai de pompage et la prise de mesure du rabattement.

Chapitre 3: Résultats et discussion

III.3.3. Interprétations

Des essais de pompage longue durée ont été réalisés sur 3 sites répartis dans la zone d'étude de la région du N'GOUSSA (Lahoua1, Lahoua 2, Lahoua 3) en 2016. Chaque site d'essais est constitué d'un forage de pompage. Les forages de pompage sont des forages existants avec des caractéristiques différentes. Les essais de pompage ont comporté, pour chaque site :

- L'essai de longue durée de Lahoua 2 et Lahoua 3 ont constitué en un pompage à débit constant de 72 heures et de Lahoua1 de 84 heures suivi de 24 heures de remontée.

III.3.4. Coordonnées UTM des sites des essais par pompage

Les coordonnées UTM des sites des essais de pompage sont définies dans le tableau

Tableau.10 : Coordonnées UTM des sites des essais des pompages

<i>Nom</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Z</i>	<i>Prof</i>
<i>Lahoua1</i>	5°19'43.70"	32° 7'37.20"	125	77
<i>Lahoua2</i>	5°19'42.90"	32° 7'20.60"	131	130
<i>Lahoua3</i>	5°19'40.90"	32° 7'1.40"	125	106

III.3.5. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua1

Données de l'essai de longue durée (84 h) : débit constant de 50 l/s et le niveau statique 9 m suivi de 20 h de remontée après l'arrêt de la pompe. Le rabattement est nul. Les mesures sont effectuées dans le forage de pompage.

Chapitre 3: Résultats et discussion



**Figure.40 : Essai de pompage longue durée à Lahoua1 interprété
Par la méthode de Theis**

La transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S déterminent par la méthode de Theis sont des : $T = 1.41 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 2.99 \times 10^{-2}$

III.3.6. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua2

Interprétation de l'essai de longue durée, (72 h) débit constant de 25 l/s et le niveau statique 10.80m suivi de 15 h de remontée après l'arrêt de la pompe.

Le rabattement a été mesuré dans le forage de pompage.

Chapitre 3: Résultats et discussion

Les mesures dans le forage de pompage :

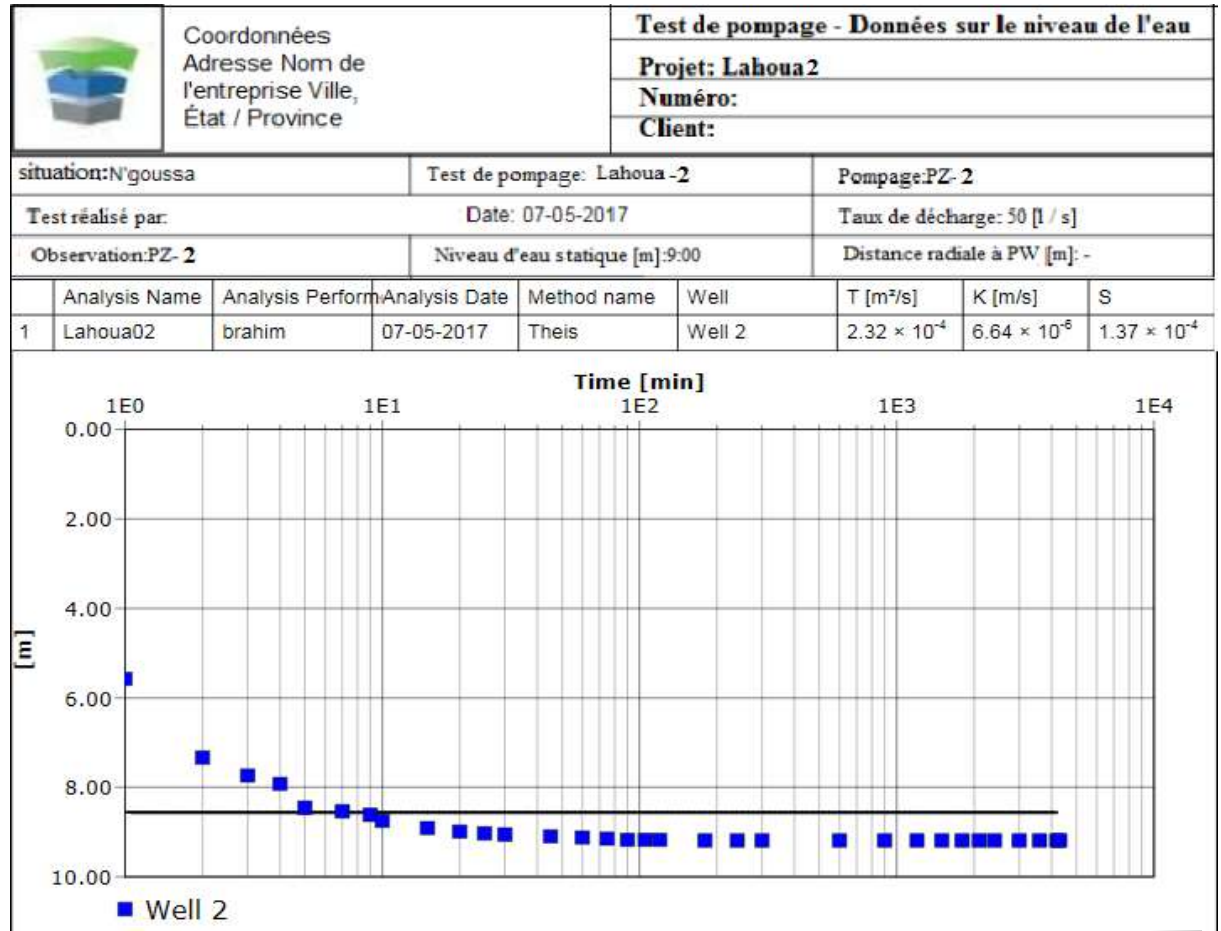


Figure.41 : Essai de pompage longue durée à Lahoua2 interprété

Par la méthode de Theis

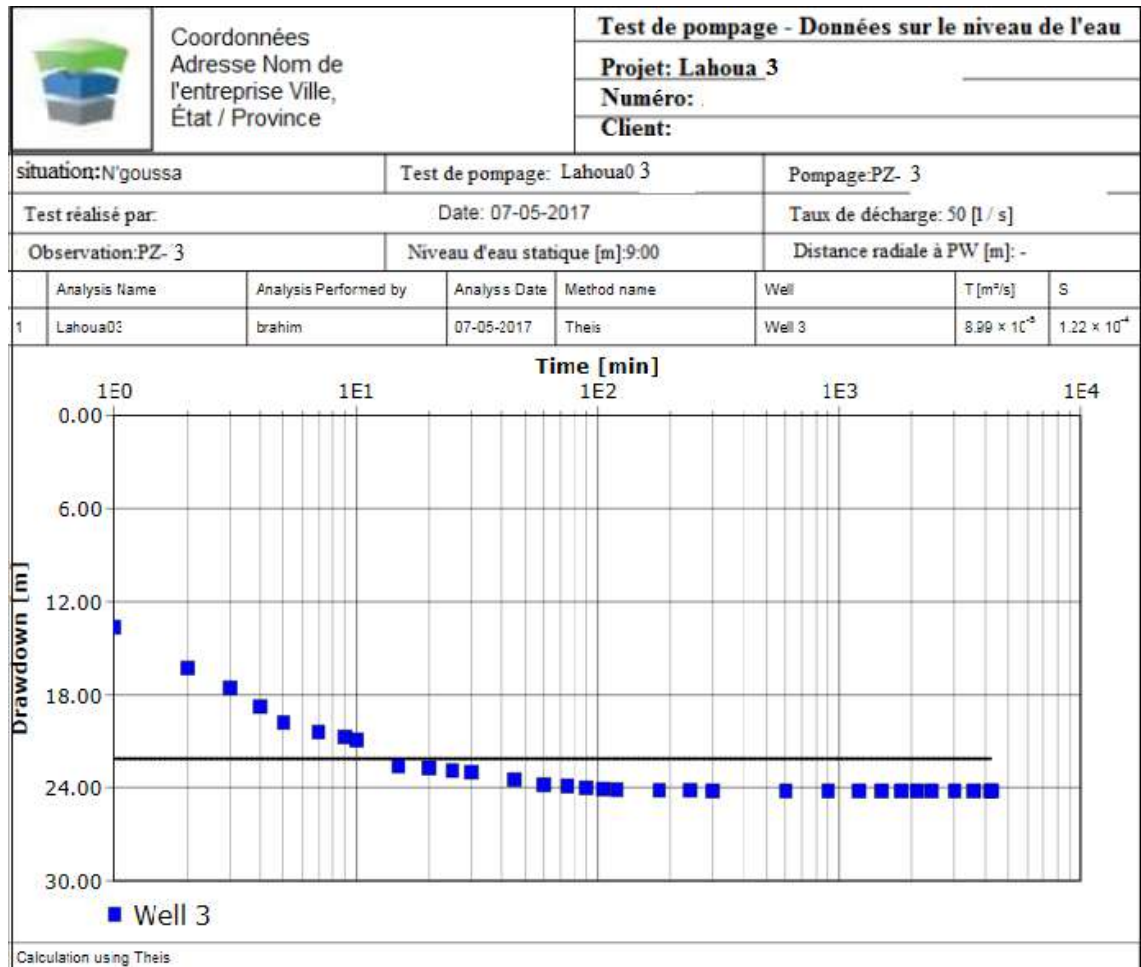
La Transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S, perméabilité K déterminent par la méthode de Theis sont des : $T = 2.32 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.37 \times 10^{-4}$, $K = 6.64 \times 10^{-6}$

III.3.7. Interprétation de l'essai de longue durée Lahoua3

Interprétation de l'essai de longue durée, (72 h) débit constant de 25 l/s et le niveau statique 7.5m suivi de 20 h de remontée après l'arrêt de la pompe. Le rabattement a été mesuré dans le forage de pompage.

Chapitre 3: Résultats et discussion

Les mesures dans le forage de pompage :



**Figure.42 : Essai de pompage longue durée à Lahoua3 interprété
Par la méthode de Theis**

La Transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S, déterminent par la méthode de Theis sont des : $T = 8.99 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.22 \times 10^{-4}$

III.4. Conclusion

Après l'étude géologique et hydrodynamique des données relatives aux trois forages (Lahoua 1, Lahoua 2 et Lahoua 3) on peut conclure ce qui suit :

- Les trois puits exécutés au Mio-pliocène dans les limites de la commune de N'GOUSSA.
- Les deux forages Lahoua 2 et Lahoua 3 capte le même réservoir de sable du complexe terminale CT.
- Le forage Lahoua1 capte un réservoir de calcaire karstique de substratum inconnu et une perte totale de boue à une profondeur de 69 m.
- Les importantes variations lithologiques mettent en évidence l'hétérogénéité du terrain.
- Le model lithologique en 3D montre un développement de karst vers le nord, ce qui explique la perte dans le forage Lahoua 1.

L'interprétation des essais de pompage de longue durée des trois forages a donné des valeurs variables de transmissivité et du coefficient d'emmagasinement :

Lahoua1 : $T = 1.41 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 2.99 \times 10^{-2}$.

Lahoua 2: $T = 2.32 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.37 \times 10^{-4}$.

Lahoua3 : $T = 8.99 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.22 \times 10^{-4}$

Ses valeurs ont été données par la méthode de Theis suite à des pompages avec des débits de : 50l/s et 25l/s respectivement.

Dans le forage Lahoua 1 un rabattement nul ou négligeable en raison de la présence d'une arrivée importante d'eau depuis la cavité karstique.

CONCLUSION GENERALE

À l'issue de ce mémoire, on peut présenter les conclusions suivantes : la zone d'étude est localisée à la région de N'GOUSSA. Elle fait partie de la province triasique et se situe à environ 850 km Sud-est d'Alger, à 350 km de la frontière tunisienne. La série stratigraphique du champ de N'GOUSSA repose sur un socle se trouvant à 4393 m de profondeur. Cette région est caractérisée par un climat hyper aride. Les températures élevées sont enregistrées en mois : Juin, Juillet, Aout et Septembre. Elles varient entre 38.3 à 34.9 °C et des précipitations presque nulles qui ne dépassent pas les 8.5 mm, enregistrées au mois de Janvier.

La région de N'GOUSSA renferme d'énormes quantités d'eaux souterraines qui jouent un rôle important dans le développement d'agriculture. Ces ressources en eaux sont assurées par un système d'aquifère à savoir la nappe du continental intercalaire (le CI) et la nappe du complexe terminal le (CT) :

La nappe du Complexe Terminal (C.T) regroupe les aquifères du Mio- Pliocène, de l'Eocène et du Sénonien carbonaté.

D'après les logs lithologiques, les coupes géologiques et le modèle réalisés, on constate la présence des nappes aquifères gisant dans les sables du Mio-pliocène et une deuxième l'autre nappe de calcaire karstique. L'analyse des coupes traduit l'hétérogénéité du terrain et clarifie la présence d'une zone de perte totale de la boue de forage démontrant ainsi le développement d'un système karstique au niveau des calcaires d'âge Eocène.

Les essais de pompage effectués au niveau des forages Lahoua 1, Lahoua 2 et Lahoua 3 ont donné des valeurs de transmissivité et coefficient d'emmagasinement qui sont respectivement de :

$T = 1.41 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 2.99 \times 10^{-2}$, $T = 2.32 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.37 \times 10^{-4}$, $T = 8.99 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $S = 1.22 \times 10^{-4}$.

Ces variations des paramètres hydrodynamiques reflètent la complexité du système hydrogéologique de la région.

BIBLIOGRAPHIE

CDARS : échantillons du cuttings et les essais des pompages.

BELLAOUEUR Abd El Aziz,(2010) : Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives(Sahara Nord-Est Septentrional - Algérie).

BOUKHEDANA-BRAHIMI,(2016): Etude hydrodynamique et hydro chimique des Eaux de la région de N°Goussa.

Youssouf Koussoube,(2010): Hydrogéologie des séries sédimentaires de la dépression piézométrique du Gondo (bassin du Sourou) : BurkinaFaso / Mali.

DJEGHOUBBI Rabah,(2013): Apports de l'analyse statistique des données et la géostatistique non-paramétrique à l'étude hydro-chimique de la nappe du complexe terminal (CT) –Hassi Messaoud, Sud-Est algérien.

ZATOUT Merzouk,(2012) : Etude géochimique et minéralogique du chott de Ain El Beida et de la sebkha d'Oum Erraneb Cuvette de Ouargla - Bas Sahara.

MIMOUN-ZOUBEIDI,(2014): Problème de vulnérabilité des eaux souterraines de la région d'El-Oued (Sud-Est Algérien).