UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

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

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERSONO

Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

THEME

Caractéristiques et évolution de la piézométrie de la nappe du Complexe Terminal de la cuvette de Ouargla

Présenté par

BENCHEIKH Amor & MANSOURI Abdelhamid

Soutenu publiquement : Le /06/2019

Devant le jury :

Président :	**Mme. HADJ SAID Samia**	**Pr.**	**Univ. Ouargla**
Promoteur :	**Mr. HOUARI Idir Menad**	**M.A.A**	**Univ. Ouargla**
Examinateur :	**Mr. BOUSELSAL Boualem**	**M.C.A**	**Univ. Ouargla**

Année Universitaire : 2018/2019

Dédicace

On dédie ce modeste travail à :

Nos mères sources de tendresse et d'amour de soutien tout le long de nos vies scolaires, qui sont la raison de notre existence dans cette vie.

Nos pères qui nous a toujours soutenus et qui ont fait tout leur possible pour nous aider.

Nos frères et sœurs.

Nos tantes et oncles ainsi que nos cousins et cousines.

Toutes nos familles.

Tous nos amis (es).

Tous nos collègues de la promotion de Master qui nous Ont aidés à compléter de loin ou de près ce modeste Mémoire.

Hydrogéologie 2018/2019.

A tous ceux qui nous ont aidés.

Amor & Hamid

Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à Dieu Le Tout puissant qui grâce à son aide nous avons terminé ce modeste travail.

Nous tenons à remercier avec gratitude notre encadreur Houari Idir Menad, de nous avoir guidé et suivi tout au long de ce travail, de nous avoir conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et nous remercions aussi tous les membres de jury (Mme.zeddouri et Mr. Bouselsal)

Sans oublier nos familles pour le soutien exemplaire moral et matériel continu tout au long de notre cycle universitaire.

Nous remercions vivement l'ensemble du personnel du département de géologie

Table des matières

Introduction générale **1**

CHAPITRE I : Contexte Générale

I.1 Introduction : 3
I.2 Localisation géographique et limites 3
I.3 Cadre socio-économique 6
I.3.1 Évolution de la population 6
I.3.2 Le cadre économique : 6
I.4 Géomorphologie 6
I.5 Hydrographie 7
I.6 Cadre géologique 9
I.6.1 Lithostratigraphie : 9
I.7 Climatologie 14
I.7.1 La température : 14
I.7.2 La pluviométrie : 15
I.7.3 Diagramme Ombrothermique 17
I.8 Conclusion 19

CHAPITRE II : Hydrogéologie

II.1 Le système aquifère du Sahara septentrional 18
II.1.1 La limite du bassin hydrogéologie 18
II.1.2 Les différents aquifères existants 18
II.2 Les aquifères de la cuvette de Ouargla 21
II.2.1 Le Continental Intercalaire (CI) : 21
II.2.2 Le complexe terminal CT : 23
II.2.3 La nappe phréatique 25
II.3 Le Complexe Terminal (CT) dans la région de Ouargla: 26

CHAPITRE III : Etude piézomètrique

III.1 Matériels et méthodes 28
III.1.1 Matériels 28
III.1.2 Les logiciels utilisés 30
III.1.3 Méthodes 30
III.2 Résulta et discussion 30
III.3 Interprétation comparative de l’évolution 36

III.3.1 Rabattement du niveau.....36
Conclusion général.....39
Références bibliographiques.....40

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I-1 Carte de situation géographique ..... Erreur ! Signet non défini.
Figure I-2 Les limites de Wilaya de Ouargla 4
Figure I-3Délimitation la cuvette de Ouargla ..... Erreur ! Signet non défini.
Figure I-4Coupe géomorphologique schématique d'Ouargla (in Hamdi-Aissa 2000)......7
Figure I-5 Reliefde la région de Ouargla (BG, 2004).....9
Figure I-6Colonne stratigraphique du sondage J.10-580.....11
Figure I-7Colonne stratigraphique du sondage J.10-816.....13
Figure I-8Histograme de température moyenne mensuelle.....15
Figure I-9 Histogramme de précipitation moyenne mensuelle.....16
Figure I-10 Diagramme Omberthermique 17

CHAPITRE II

Figure II-1 Délimitation du "SASS" (OSS, 2003).....19
Figure II-2 Les unités stratigraphiques et les aquifère du Sahara algérien (SAFEGE, février 2004).....20
Figure II-3 Carte piézométrique de référence du "CI " (OSS, 2003).....23
Figure II-4 Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972) 24
Figure II-5 Carte piézométrique de référence du "CT " (OSS, 2003).....25

CHAPITRE III

Figure III-1 Carte de réparation des forages de Complexe Terminal 29
Figure III-2Lacrtepiézomètrique de la nappe Complex Terminal (Octobre 2004).....32
Figure III-3Lacrtepiézomètrique de la nappe Complex Terminal (Fivrier 2017).....34
Figure III-4 Carte piézométrique de la nappe du Mio-pliocène 2004 (Zeddouri,2010) ..35
Figure III-5 Histogramme de piézométrie (2004,2017) 36
Figure III-6 carte isovaleure de Rabbatemnt.....38

Liste des tableaux

Tableau I-1 La température moyenne mensuelle 15
Tableau I-2 Précipetation moyenne mensuelle 15
Tableau III-1 les compagnes piézométriques 2004 et 2017 (ANRH Ouargla; 2019) 28
Tableau III-2 Rabattement de niveau piézomètrique entre 2004 et 2017 37

Introduction générale

Les eaux souterraines constituent en général des réserves naturelles de bonne qualité qui nécessitent peu de traitement par rapport aux eaux de surface. Cette ressource doit être bien gérée car elle n'est ni inépuisable, ni insensible aux agressions de l'environnement. Il est indispensable d'assumer une gestion quantitative et qualitative des eaux souterraines, afin de satisfaire la demande par les points de production les mieux adaptés. Une exploitation rationnelle est indispensable, car une exploitation mal maîtrisée des nappes pourrait avoir des conséquences très néfastes et peut être irréversibles sur la qualité de l'eau.

Le Sahara Algérien étant un des déserts le plus parfaits du monde, l'eau y est absolument en disponible à la survie des hommes, des animaux et des végétaux. Le bassin saharien est une grande entité sédimentaire multicouche. Hydrauliquement, c'est le Système Aquifère du Sahara Septentrionale SASS qui se présente sous la forme de trois niveaux aquifères superposés, séparés ou communiquant à travers des formations semi-perméables : la nappe du continental intercalaire (CI), la nappe du Turonien plus localisée, et la nappe du Complexe Terminal (CT).

La cuvette de Ouargla appartient au domaine de la plateforme saharienne, elle est située dans le bas Sahara Oriental. C'est ainsi aux richesses contenues dans son sous-sol, qu'elle est devenue une importante région à vocation essentiellement industrielle et agricole.

Dans la région de Ouargla les nappes du Complexe Terminal deviennent de plus en plus exploitée malgré un manque de connaissance parfaite des réserves, du fonctionnement, des caractéristiques hydrauliques, du taux de renouvellement etc....

Chaque année, sont implantés de nouveaux forages qui captent ces nappes. Celles-ci s'est révélées, au cours du temps d'un intérêt économique de plus en plus considérable. Soucieux de ne pas exploiter inconsidérément cette ressource, les responsables du domaine hydraulique sont penchés sur des études de reconnaissance et des projets visant une meilleure gestion de ladite nappe.

La détermination des flux d'eau, actuels et passés s'appuie sur la détermination des paramètres hydrodynamiques qui servent de base aux modélisations, et la connaissance de la géochimie des eaux au sein du milieu géologique considéré qui renseigne sur la dynamique et l'évolution du système. Ainsi, les deux approches, hydrogéologique sens strict et hydrogéochimique sont indissociables dans les études de caractérisation hydrogéologique des sites.

L'objectif de notre travail consiste à étudier l'évolution de la piézométrie de la nappe mio-pliocène du système complexe terminal de la région de Ouargla. Pour ce faire, notre étude s'articule en quatre parties:

1 ère partie : Présentation du site d'étude « la région de Ouargla » ; dans cette partie sera présentée la situation géographique, le cadre socio-économique, la géomorphologie, et l'hydrologie ainsi que l'étude des paramètres climatiques de la région

2ème partie : étude hydrogéologique, la géométrie des aquifères dans la région de Ouargla

3ème partie : étude piézomètrique de la nappe Complexe Terminale par la réalisation et l'interprétation des cartes isopièzes

Chapitre I

Contexte Général

1 Introduction

2 Localisation géographique et limites

3 Cadre socio-économique

4 Géomorphologie

5 Hydrographie

6 Cadre géologique

7 Climatologie

8 Conclusion

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre ; nous présentons un aperçu sur le cadre physique de la zone d'étude en particulier sa situation géographique, son contexte climatique et son contexte géologique.

Ce dernier est un climat de type saharien, caractérisé par un été chaud et sec, un hiver doux, une faible pluviométrie et une forte évaporation. Pour nous présentons le contexte climatique de la région d'Ouargla, nous basons sur une synthèse des données disponibles entre 2007 et 2018. Ces données ont été fournies par l'office national de météo (ONM) en 2019.

I.2 Localisation géographique et limites

La région d'Ouargla est située au Nord-est du Grand Sahara algérien ; elle est distante de 850 Km de la capitale Alger

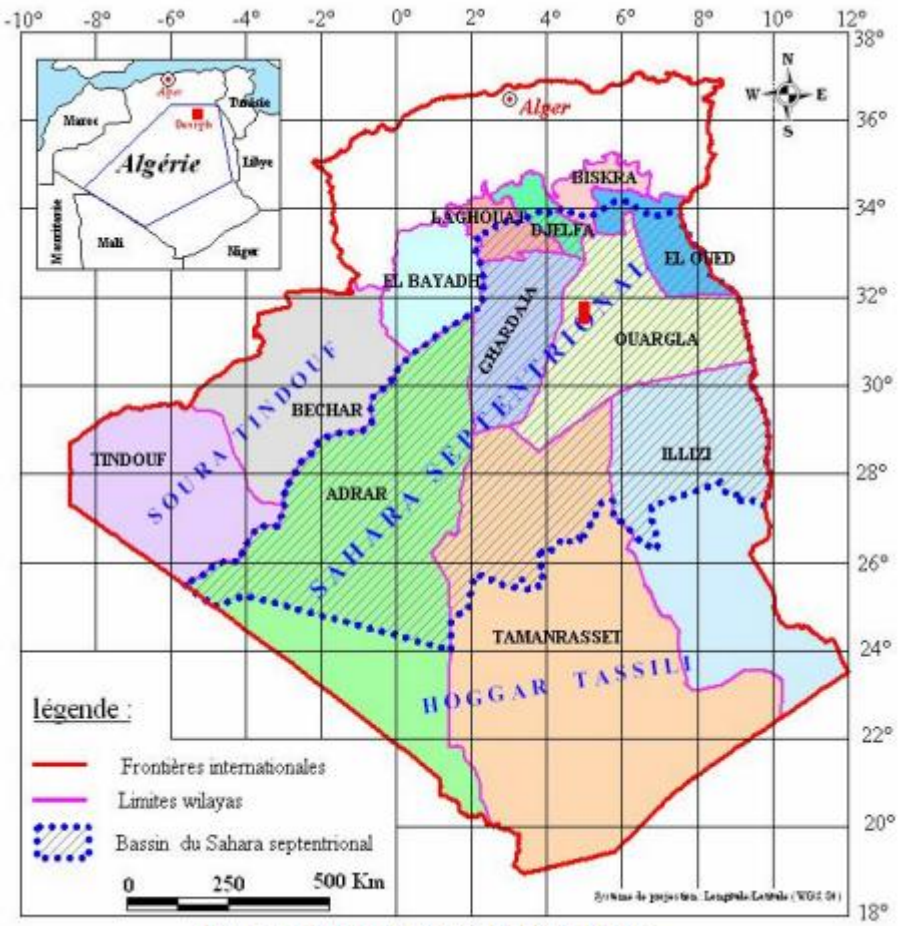

Fig. 1-1 : Carte de situation géographique

Géographiquement ; la cuvette d'Ouargla est repérée par les coordonnées (UTM, Clarke 1880) suivantes:

Xmin = 710 000 ; Ymin = 3 530 000 etXmax = 730 000 ; Ymax = 3 600 000

Elle est limitée au Nord par les wilayas de Djelfa et d'El Oued au Sud par les Wilayas d'Illizi et Tamanrasset à l'Ouest par les wilayas de Ghardaïa et à l'Est par la Tunisie

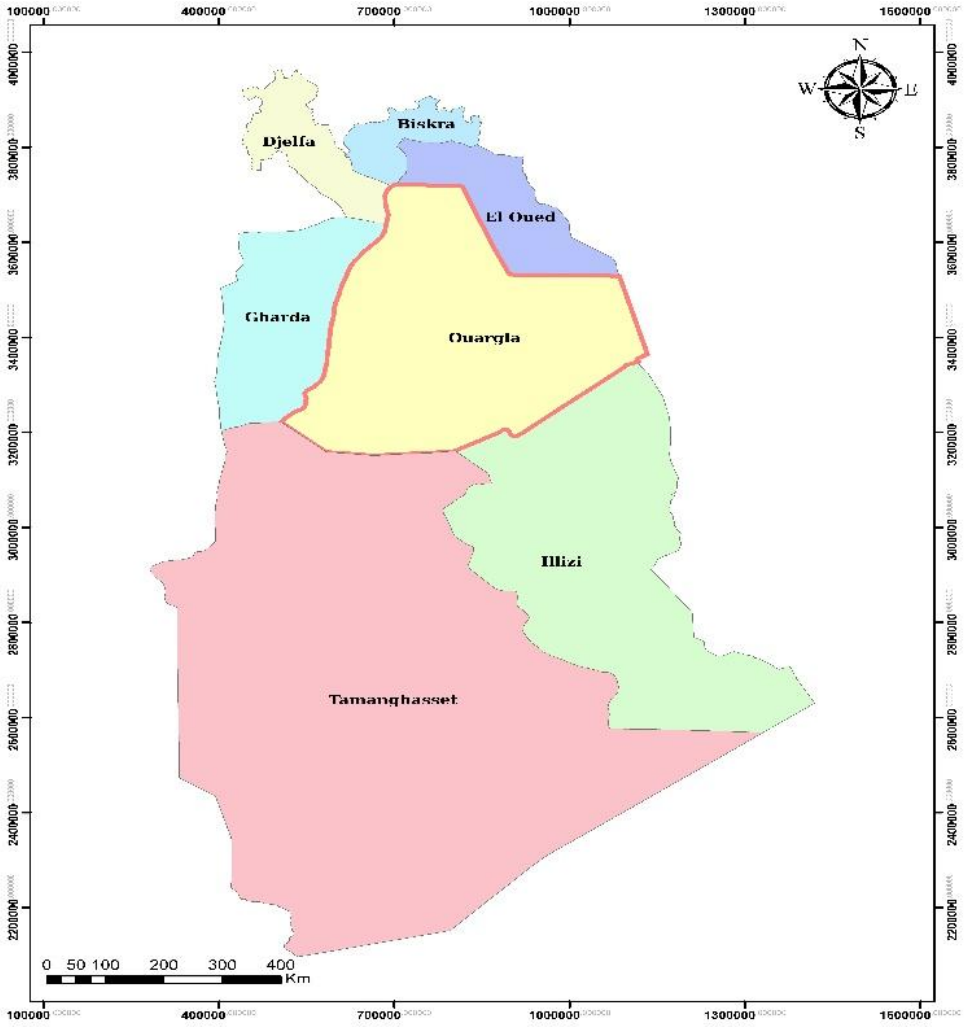

Figure I-1 Les limites de Wilaya de Ouargla

La grande cuvette d'Ouargla s'étend sur une superficie de 99 000 Hectare ; avec une longueur de 45 km dans la direction Sud-ouest, Nord-est et une largeur de 2 à 5 km. 32° de l'attitude Nord et 5° 20' de longitude Ouest

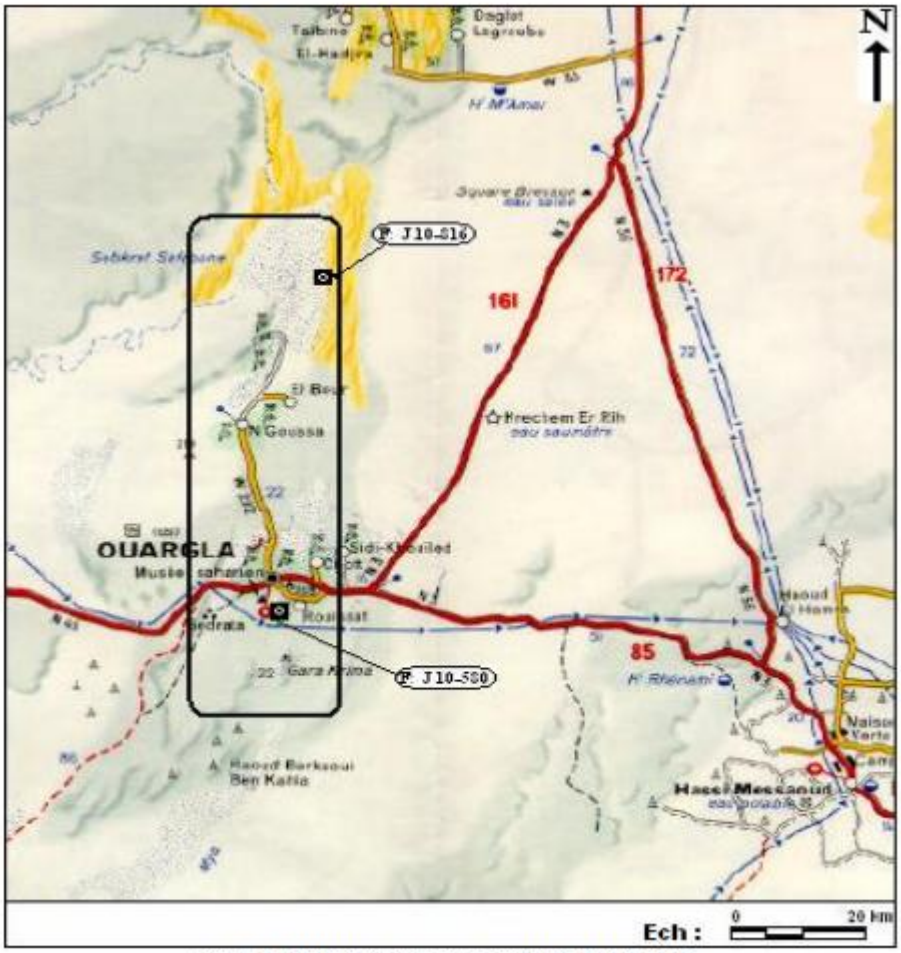

Fig.1-2 : Délimitation de la cuvette de Ouargla

La région d'Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'Oued M'ya. Cette dernière est caractérisée par une dissymétrie marquée par la présence d'une falaise occidentale particulièrement nette et continue, tandis que la limite orientale est imprécise.

- A l'Ouest: Un plateau calcareux surplombe la cuvette d'Ouargla à environ 230m d'Altitude en confluence avec Oued Mzab et Oued N'sa.
- A l'Est: On constate un plateau, dont les limites ne sont pas nettes, avec une altitude ne dépassant pas 160 m. les rebords de ce plateau disparaissent souvent sous les sables (Erg Touil, Erg Boukhezana, Erg Arifdji).
- Au Sud: un massif dunaire recouvre les ruines de Sedrata, son altitude dépasse 155 m.
- Au Nord: ZabretBouaroua constitue au même temps la limite supérieure de SebkhetSafioune et de la grande cuvette d'Ouargla

I.3 Cadre socio-économique

I.3.1 Évolution de la population

La population de Ouargla, d'origine nomade, s'est sédentarisée particulièrement depuis la découverte du pétrole dans la région, et la mise en œuvre du programme spécial dans l'ex wilaya des oasis qui s'est traduit par la réalisation d'un programme d'habitat et d'équipement; mais son évolution est liée à la période post indépendance, au cours de laquelle le nombre d'habitants n'a cessé d'évoluer

La population de Ouargla et son aire métropolitaine ont évolué de 23,266 habitants en 1966 à 164453 en 1998, ce qui représente un apport démographique de 141387 dans plus de 60% est observé dans l'agglomération de Ouargla. C'est une évolution importante mais qui s'est faite d'une manière contrastée.

I.3.2 Le cadre économique :

Les deux tiers environ des personnes qui travaillent sont employés par le secteur public et seulement le cinquième des gens occupés travaille dans l'agriculture, ce qui représente un des taux les plus bas du Sahara. Sidi Khouiled, Ain Beida et N'Goussa vivent essentiellement de l'agriculture. Plus étonnant Hassi Ben Abdallah périmètre agricole créé vers 1970 dans le

Cadre d'un programme d'Etat ne connaît que 22 % d'agriculteurs dans sa population active. Il est probable que les logements ont exercé un attrait sur des catégories de gens étrangères à l'agriculture. L'activité agricole n'est plus la ressource essentielle de la région : on a un peu moins de 8000 agriculteurs qui se partagent les 9000 ha irrigués répertoriés dont 6800 sont occupés par des palmeraies qui produisent 30000 tonnes de dattes (moins de 9000 tonnes de 'Deglet-Nour'). Les palmeraies du Chott sont fortement dégradées par les difficultés de drainage et l'urbanisation. La nouvelle agriculture se met en place sur le plateau vers Hassi ben Abdallah et route d'Hassi Messaoud. N'Goussa voit se développer les cultures légumières.

I.4 Géomorphologie

- La hamada Mio-Plio-Quaternaire (plateau où affleurent de grandes 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 laissant que quelques buttes témoins appelées « goure ».
- Les glacis sur les versants ouest de la cuvette s'étagent 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 1

60 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.

- 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 croûte gypseuse de surface et de subsurface. Le bas fond se caractérise par une nappe phréatique permanente très peu profonde de 1 à 5 m. En aval de Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à SebkhetSafioune qui est à 103 m d'altitude point le plus bas de la région.

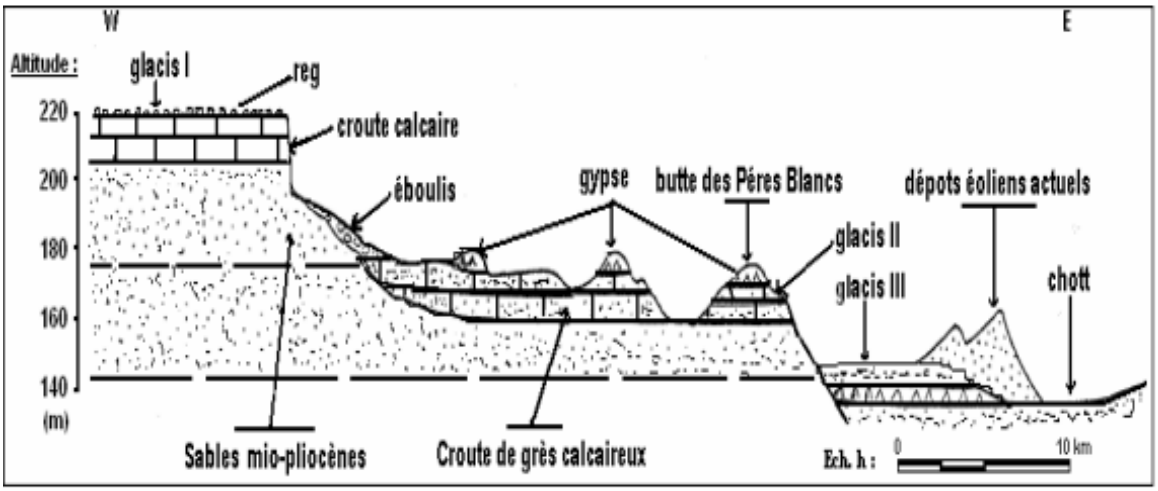

Figure I-2Coupe géomorphologique schématique d'Ouargla (Leliévre, 1969).

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

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

I.5 Hydrographie

La cuvette est creusée dans les formations continentales du MioPliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres à stratifications entrecroisées, 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 duquel 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

(AnkDjemel pour l'Oued M'Zab) ou barrant la vallée (O. N'Sa et Z'Gag au Nord de SebkhetSafioune).

Avec la fin de la dernière grande période pluviale, le lac s'est retiré. L'O. 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 SebkhetSafioune 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 SebkhetSafioune, 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 SebkhetSafioune deux fois par siècle, alors que celles de l'O. N'Sa semblent plus fréquentes.

Les 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.

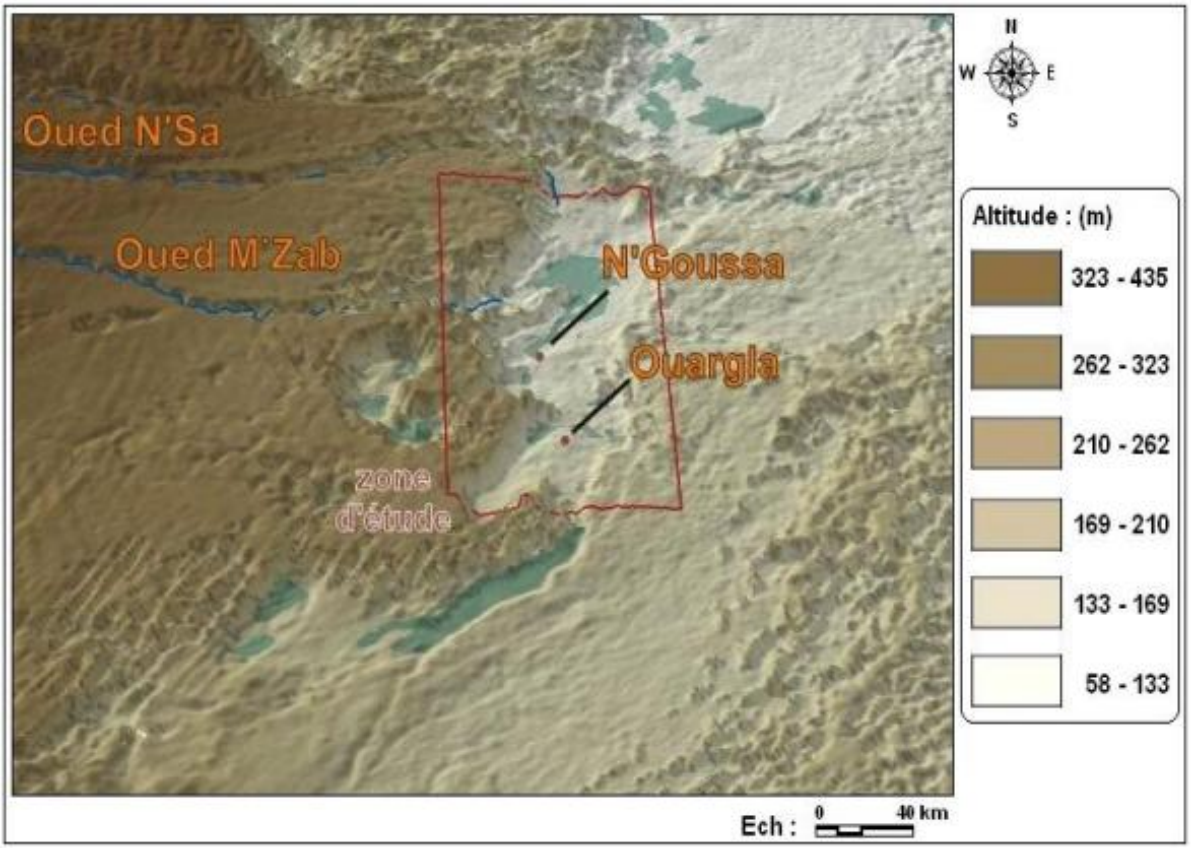

Figure I-3 Reliefde la région de Ouargla (BG, 2004)

I.6 Cadre géologique

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.6.1 Lithostratigraphie :

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

b- L'Aptien : Il est constitué par la "barre aptienne" dans la région de 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;

d- Le Vraconien : L'intercalation albo-cénomanienne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès de l'Albien et les argiles du Cénomanien, 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 Cénomanien : Il est formé de deux series (inférieure et supérieure) :

-- La série inférieure est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtres ou grisverdâtres, 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 des 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, par fois 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 micro-cristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

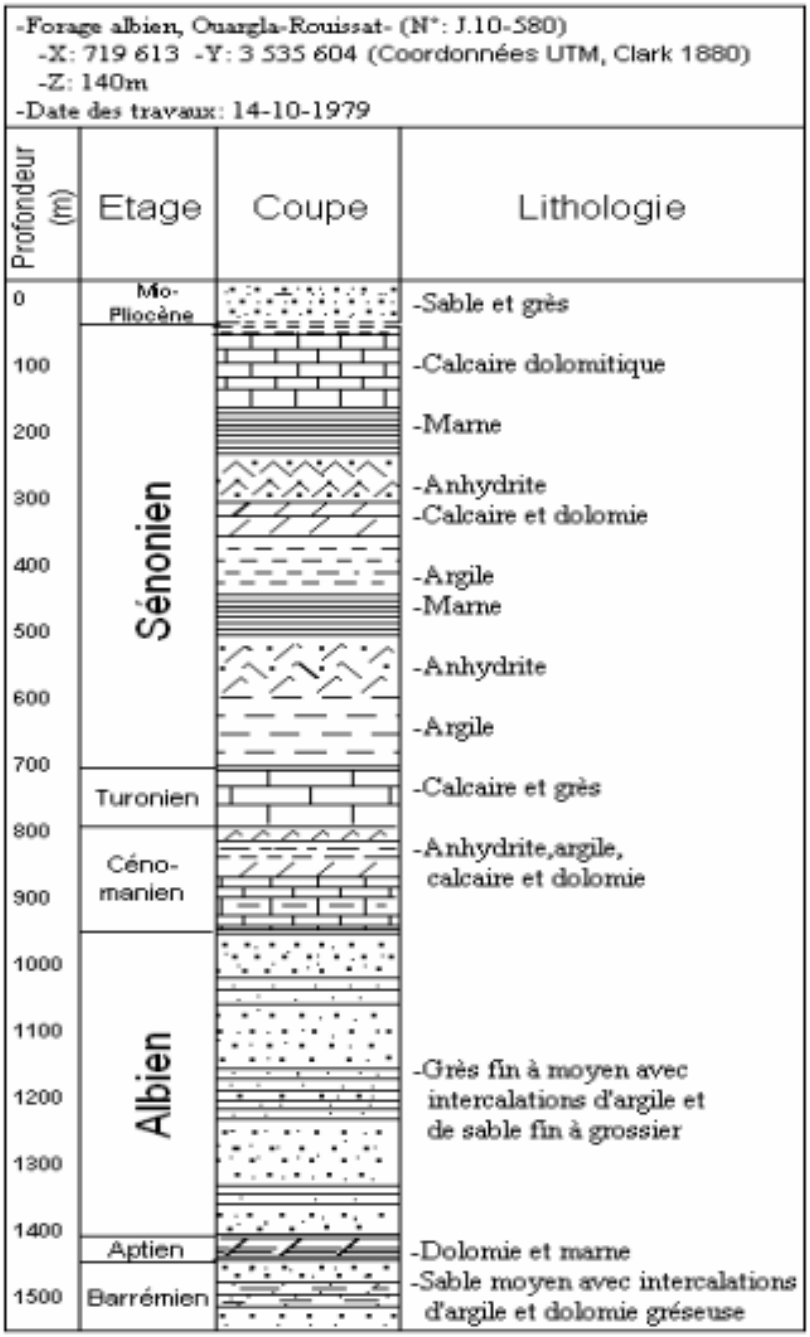

Figure I-4Colonne stratigraphique du sondage J.10-580

i- Le Mio-Pliocène"MP" : Il correspond au Continental Terminal tel qu'il a été défini par C.Kilian (1931). 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 distingue quatre niveaux différents dans le "MP" à Ouargla qui sont de bas en haut :

-- Un dépôt argileux peu épais (<1 0 m) recouvrant dans la partie centrale de la cuvette et suivant une bande Nord-Sud, le Sénono-Eocène;

-- Un niveau gréso-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais (>30 m) et le plus constant;

-- Un niveau argilo-sableux dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche n'apparaît que dans certains endroits;

-- Un niveau très épais (≈30 m) dans la zone des chotts, à sommet affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne);

j- Le Quaternaire : À la base, il existe un niveau argilo-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et de produits de remaniement des terrains du "MP".

Les sondages superficiels effectués dans différentes localités de la cuvette, ont permis de rencontrer les ensembles suivants :

-- Sur le plateau le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritique, hérité de l'altération du grès à sable rouge du "MP", c'est le sol le plus pauvre en gypse dans la région. À 10 m de profondeur, il ne présente aucun niveau d'encroûtement. En surface, entre 20 et 70 cm de profondeur, il s'agit d'un sol sableux à graviers ;

-- Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sable éolien gypso-siliceux et de nebkas associés à une végétation gypsohalophiles. De 10 à 20 cm de profondeur on trouve un encroûtement gypseux pulvérulent, homogène de couleur jaune rougeâtre très claire. En dessous, on trouve un encroûtement gypseux induré de 40 cm d'épaisseur. Plus en dessous un tuf présente une teneur de gypse décroissante.

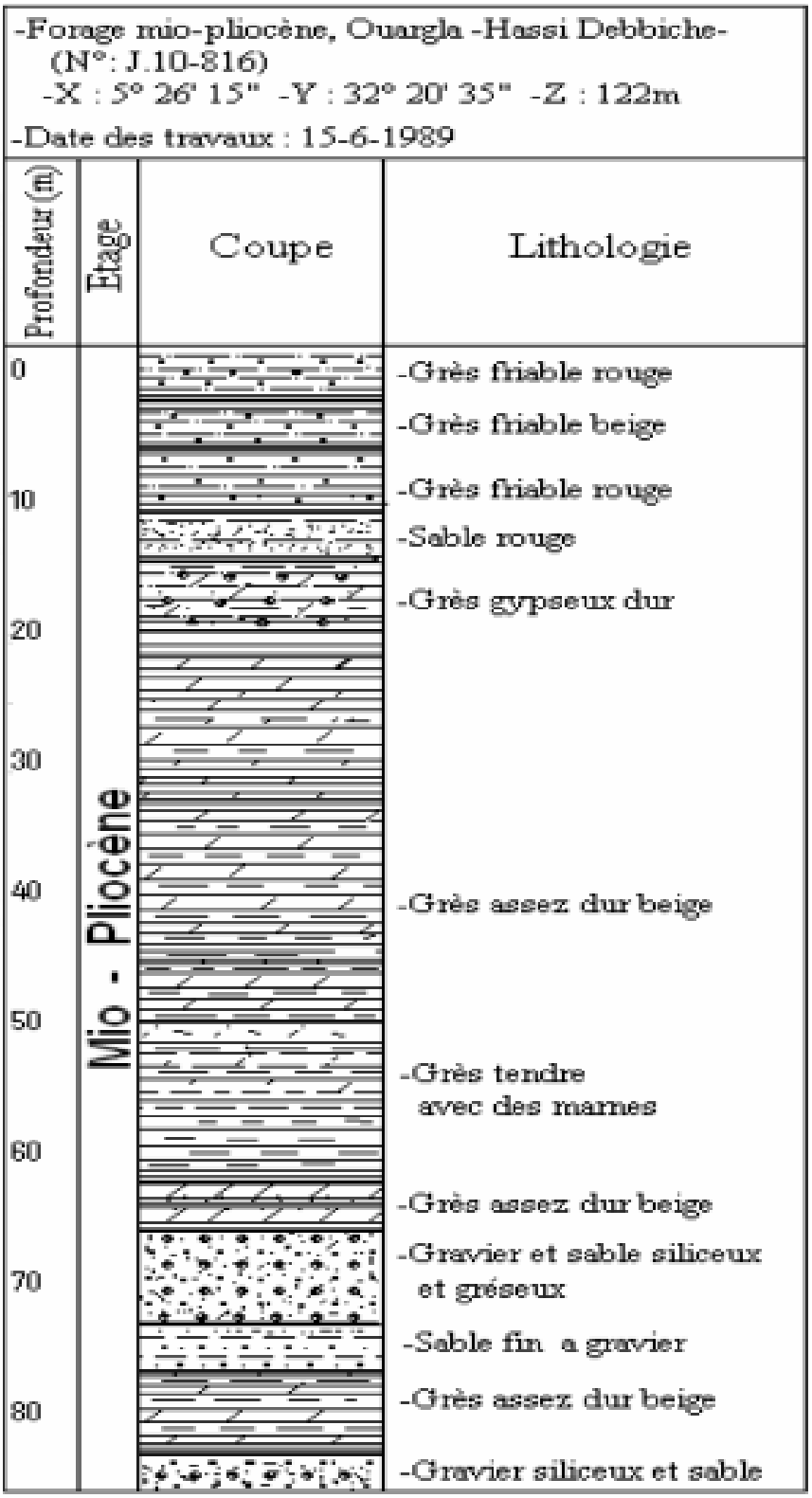

Figure I-5Colonne stratigraphique du sondage J.10-816

I.7 Climatologie

Le climat de la région de Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude 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 hydroclimatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères.

Pour cette étude, les séries des données, qui sont à la base de la détermination de différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique de Ouargla

I.7.1 La température :

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures sera faite à partir des données recueillies de l'ONM-Ouargla période (2007-2018).

I.7.1.A La température moyenne annuelle :

La température moyenne annuelle pour un climat aride comme celui de Ouargla, n'a pas une grande signification. Les plus intéressantes sont les températures moyennes mensuelles et les amplitudes thermiques.

Les valeurs moyennes enregistrées pendant les 12 dernières années, présentent une légère constance de 22°C. Cependant, ces valeurs cachent des valeurs mensuelles "dispersées", (ex : de 11 °C en Janvier à 33°C en Juillet, soit 22°C de différence thermique entre les deux mois).

I.7.1.B La température moyenne mensuelle

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 30 et 34°C. Le maximum se situe en Juillet. Pour la température hivernale, elle varie entre 11 et 14°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène à dire que la région deOuargla

a un Hiver doux et un Été très chaud.

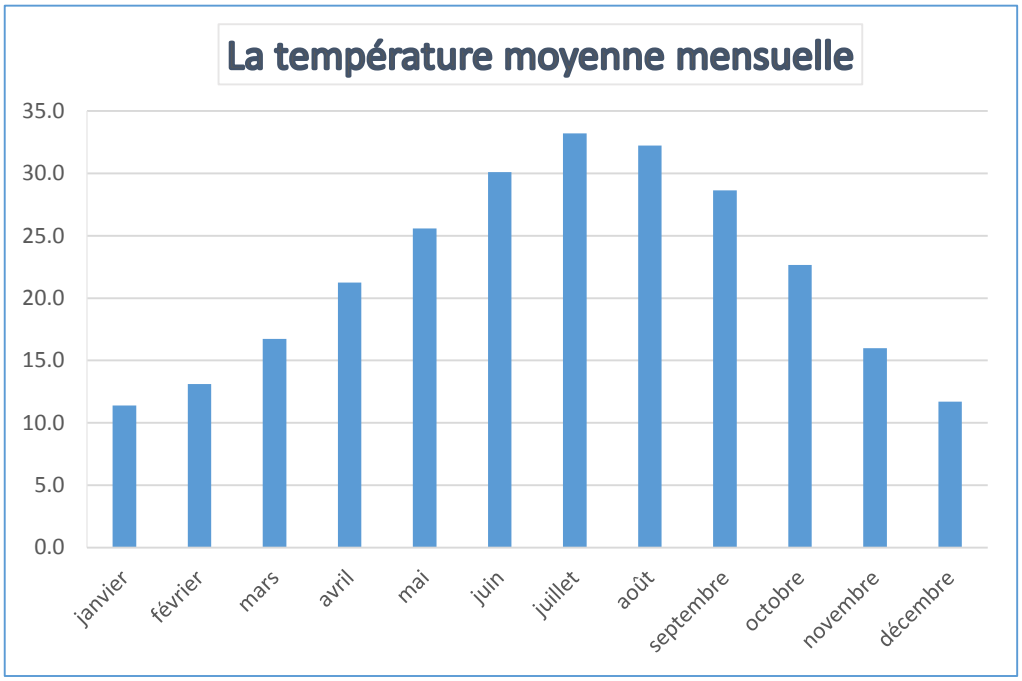

Figure I-6Histograme de température moyenne mensuelle

Tableau I-1 La température moyenne mensuelle(ONM2007-2018)

Mois	**J**	**F**	**Mr**	**A**	**M**	**Jn**	**Ju**	**Au**	**S**	**O**	**N**	**D**
T en °C	**11.4**	**13.1**	**16.7**	**21.2**	**25.6**	**30.1**	**33.2**	**32.2**	**28.6**	**22.7**	**16.0**	**11.7**

I.7.2 La pluviométrie :

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien.

I.7.2.A La pluviométrie moyenne annuelle :

Les valeurs moyennes annuelles enregistrées depuis 2007 jusqu'à 2018 varient de 13 à 76 mm, ce qui explique l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre. Durant cette période, la valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 35.7 mm/an.

I.7.2.B La pluviométrie mensuelle :

Le tableau et la figure ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

Tableau I-2 Précipetation moyenne mensuelle

Mois	**S**	**O**	**N**	**D**	**J**	**F**	**Mr**	**A**	**M**	**Jn**	**Ju**	**Au**
P en mm	5.7	6.2	2.5	3.7	7.7	4.1	5.2	1.5	2.1	0.7	0.3	0.7

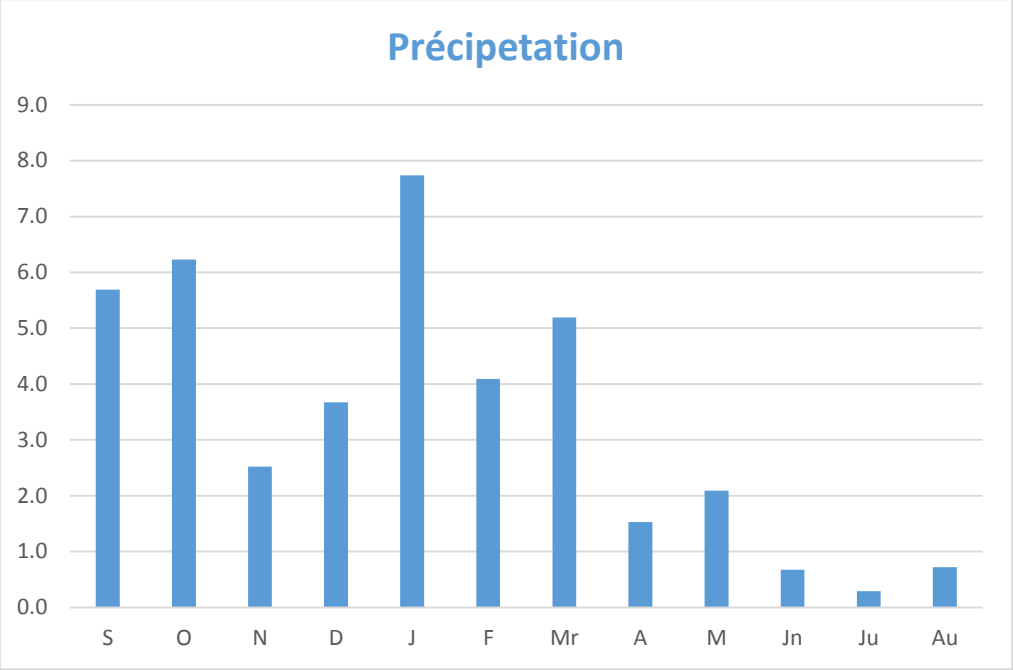

Figure I-7 Histogramme de précipitation moyenne mensuelle

I.7.3 Diagramme Ombrothermique

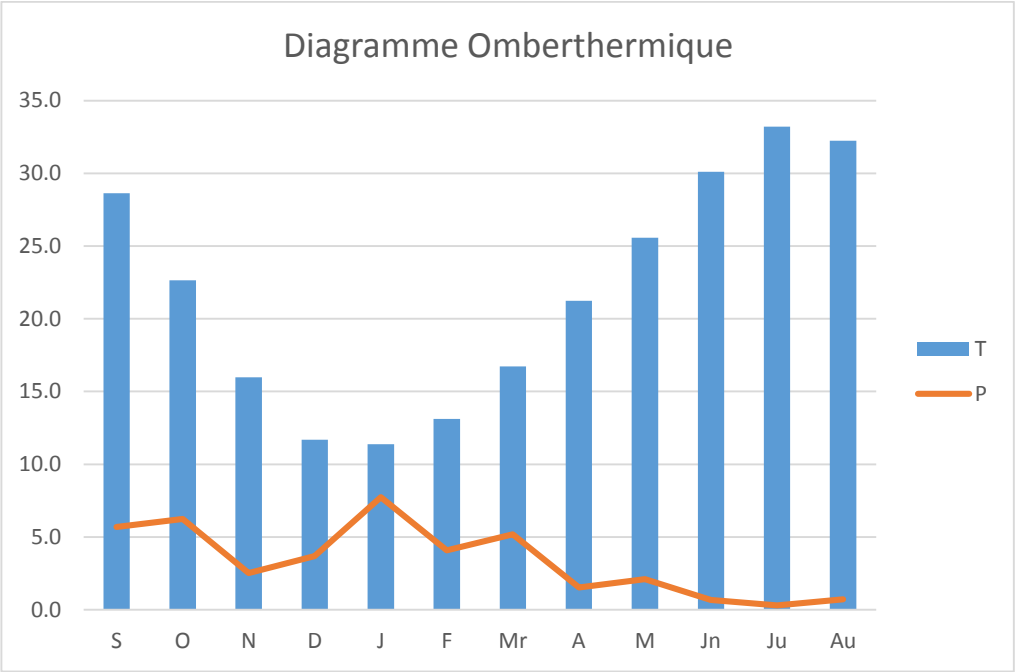

Figure I-8 Diagramme Ombrothermique

Pour déterminer la période sèche, on utilise le diagramme pluvio-thermique. Pour GAUSSEN etBAGNOUL, un mois sec est celui ou la précipitation totale en (mm) est inférieure ou égale au double de la température moyenne en(C°).

En traçant le diagramme ombro-thermique dans lequel la température est portée à l'échelle double de la précipitation, nous avons trouvé la période sèche s'étalant sur 10 mois du mois de Mars jusqu'au mois de Décembre. (Sellama. A, 1998) Cette courbe nous permet la connaissance de la période sèche pour laquelle on note un manque d'eau, c'est-à-dire la période déficitaire en eau.

I.7.4 Bilan

Le calcul de ce bilan hydrique repose sur la détermination de la quantité d'eau rentrant dans le processus d'évapotranspiration et par conséquent, la détermination de la quantité d'eau retournant au sous-sol.

Pour cet effet et corrélativement avec la situation observée aujourd'hui, surtout au niveau de la palmeraie et de la zone bâtie, nous pouvons suggérer la méthode de Thornthwaite qui semble la plus proche de la réalité.

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (Rfu). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100 mm au maximum.

Au seuil, les pluies n'assurent pas le stockage permanent de l'eau dans la réserve d'eau facilement utilisable (Rfu), ce qui produit un besoin des sols agricoles à l'irrigation par les eaux des nappes profondes, pour cela; nous introduisons dans le calcul de ce bilan la notion « apport » qui constitue la somme des précipitations et des apports souterrains.

Le principe de calcul est le suivant :

Bilan hydrique avec l'Etp de Thornthwaite

Mois / Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
Etp (mm)	173,5	115	56	36	32	42	72	106	164	222,5	255	237	
Apport (mm)	185	187,6	189	186,3	187,6	185	190	185	185	183	183	183,4	
Exc/ Défic (mm)	11,5	72,6	133	150,3	155,6	143	118	79	21	-39,5	-72	-53,6	
Ru (Fin du mois) (mm)	11,5	85	100	100	100	100	100	100	100	60,5	0	0	
Exc/RU (mm)			118	150,3	155,6	143	118	79	21				**785**
Défic/RU (mm)	88,5	15								39,5	100	100	**343**
Exc/RfU (mm)		35	168	200,3	205,6	193	168	129	71	10,5			**1180**
Défic/RfU (mm)	38,5										50	50	**138,5**

- Si pour un mois Apport ≥ Etp on pose que l'Etp = Etr, la quantité d'eau qui reste (Apport – Etr) va alimenter la réserve utile (Ru) jusqu'à son maximum (100 mm) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous forme du ruissellement (qui est nul dans notre cas).

- Si Apport < Etp, la valeur de Etr = Apport + Ru, jusqu'à égalisation avec Etp. Si la Ru est nulle, il va se produire un déficit agricole Da = Etp – Etr, ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

- Le même calcul pour la Rfu dans le cas minimum.

Le calcul de ces paramètres est présenté dans le tableau

On voit que ce bilan hydrique cultural établi en tenant compte l'Etp de Thornthwaite, permet de se faire une idée sur l'étendue des périodes excédentaires (huit mois), avec un surplus d'eau de (≈ 110 mm/mois) qui va produire une recharge supplémentaire de la nappe phréatique. Par contre, une évapotranspiration maximale a été observée pendant les mois de Juillet et d'Août avec des valeurs (≈ 70 mm/mois), ce qui viabilise la nécessité d'irrigation. Le bilan hydrique cultural établi en tenant compte l'Etp de BlanneyCriddle, est toujours déficitaire; ce qui n'a pas de conformité à la réalité

I.8 Conclusion

La région d'Ouargla est située dans la partie sud du pays à 800 Km du la Capital Alger, Elle présente une superficie totale de 95 000 ha qui s'étale sur une longueur d'environ de 55

km orientée Sud-ouest / Nord-est et limitée: La zone d'étude fait partie du Bas Sahara, se présente en cuvette synclinale dissymétrique.

Elle est caractérisée par un remplissage sédimentaire constitué d'une alternance de terrains perméables et imperméables. Ces terrains perméables représentent le réservoir hydrique dont

le complexe terminal est l'objet de la présente étude.

Chapitre II

Hydrogéologie

1 le système aquifère du Sahara septentrional

2 Les aquifères la cuvette de Ouargla

3 le Complexe Terminal (CT) dans la région de Ouargla

II.1 Le système aquifère du Sahara septentrional

Les études géologiques et géophysiques permettent de localiser les aquifères de la région étudiée. L'étude hydrogéologique comporte dans son contenu plusieurs éléments répartis en deux étapes essentielles :

- Définition des différentes nappes aquifères de la région et l'évolution des niveaux piézométriques.
- Détermination des paramètres hydrodynamiques des aquifères (transmissivité, perméabilité…….).

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).

II.1.1 La limite du bassin hydrogéologie

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 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.

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.

II.1.2 Les différents aquifères existants

Le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional contient trois principaux aquifères

- A la base la nappe de continental intercalaire : l'un des plus grands réservoirs captifs du monde.
- Au milieu la nappe du complexe terminal;
- Au sommet les nappes phréatiques.

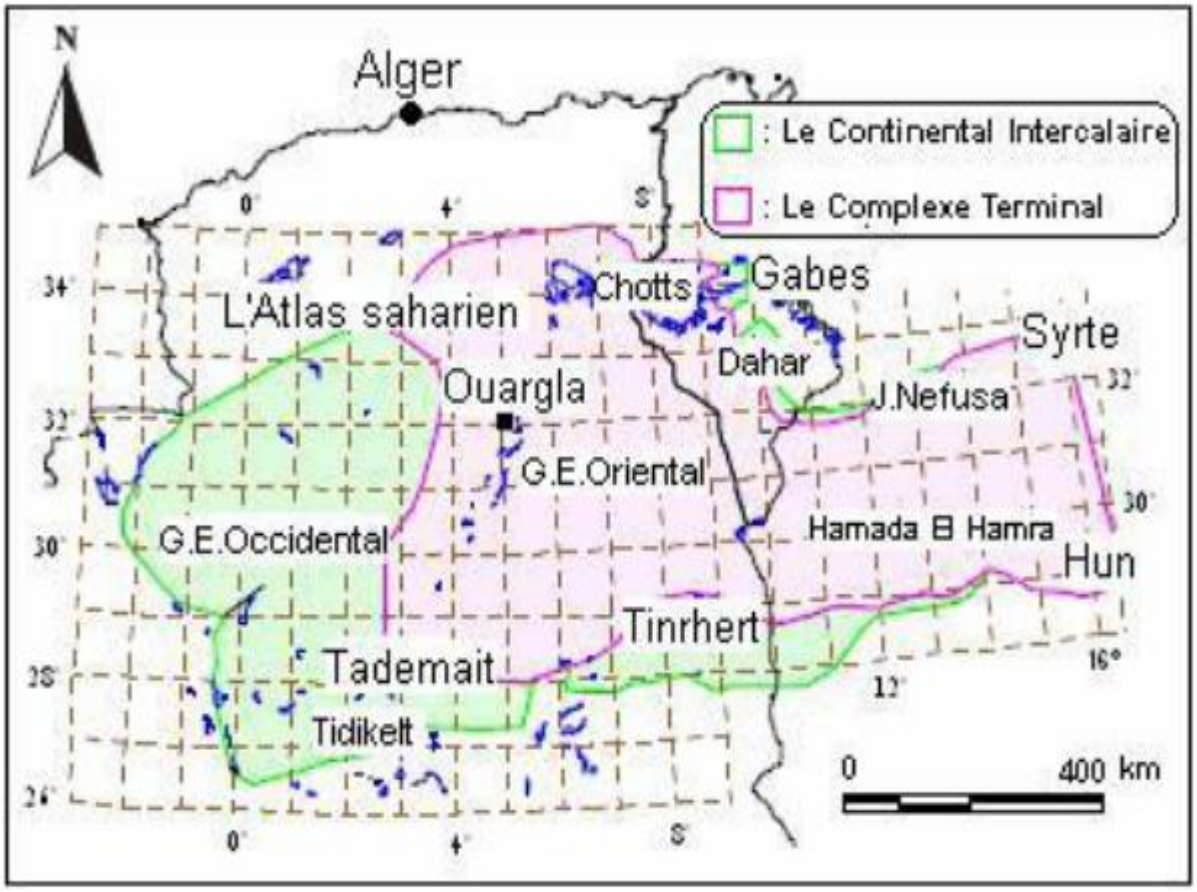

Figure II-1 Délimitation du "SASS" (OSS, 2003)

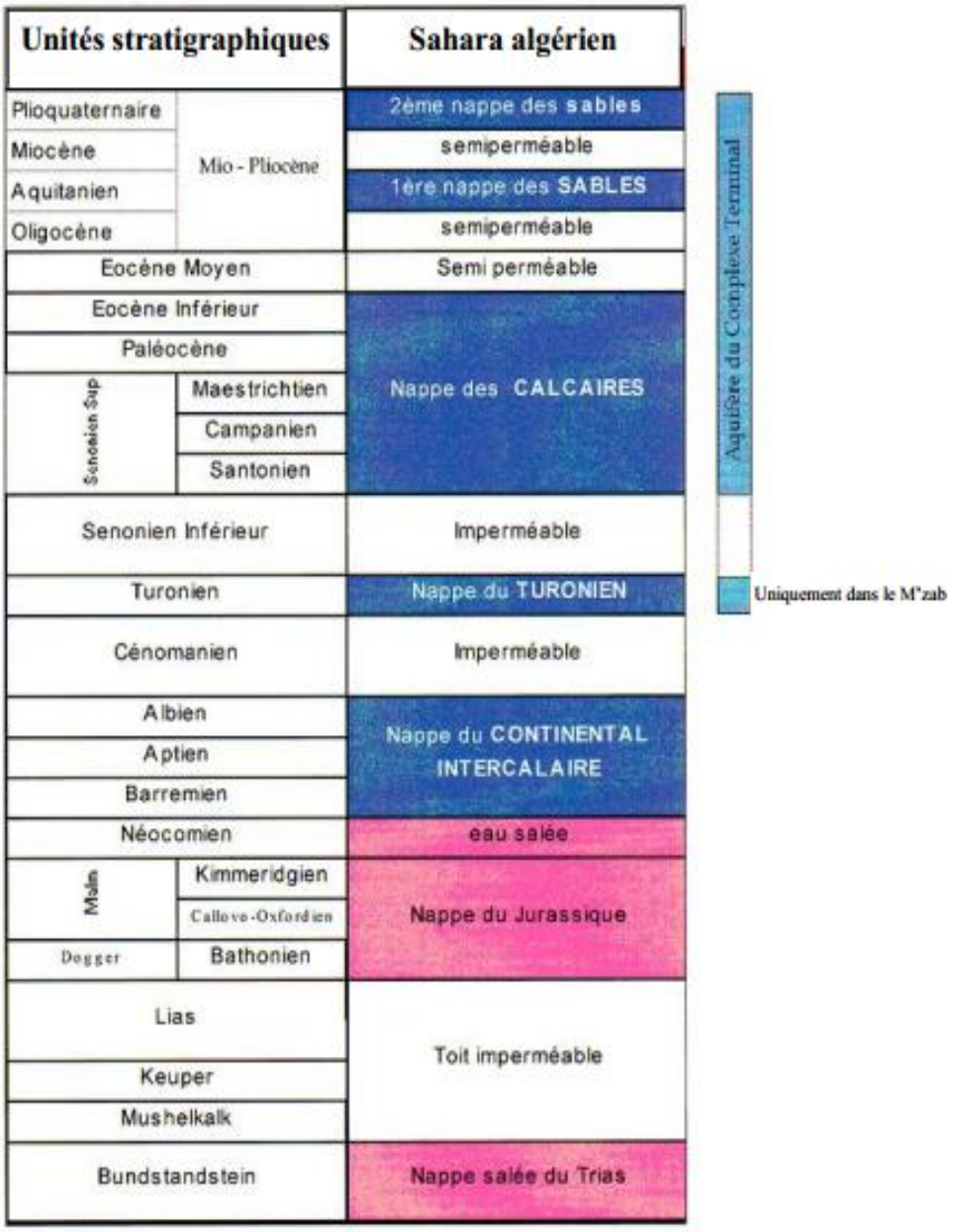

Figure II-2 Les unités stratigraphiques et les aquifère du Sahara algérien (SAFEGE, février 2004)

II.2 Les aquifères de la cuvette de Ouargla

L'examen des logs de forages atteignant les différentes formations, nous a permis de mettre en évidence plusieurs horizons aquifères dont la succession de bas en haut est la suivante

II.2.1 Le Continental Intercalaire (CI) :

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

- Á la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogenèse hercynienne;

- Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomanienne.

Le réservoir du C.I. est contenu dans les formations continentales du crétacé inférieur (Barrémien et Albien), composé essentiellement de grès, sables et argiles. Le réservoir s'étend sur environ 600 000 km², il est continu du Nord au Sud depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili et le Hoggar, d'Ouest en Est depuis la vallée de la Saoura jusqu'au désert libyen. Le toit de l'aquifère, constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomanien, est continu sur tout le bassin (UNESCO, 1970).

La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000 m au bas Sahara, à 2000 m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formations argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus en plus récent du Sud vers le Nord . (Guendouz A. et Moula, 1992-1995)

La carte piézométrique établie lors de l'étude "ERESS" en 1972, montre que la partie orientale de l'aquifère est alimentée par :

• Le piedmont Sud atlasique (au Nord-Ouest de Laghouat);

• Le plateau du Tinrhert. au sud;

• Le plateau du Dahr (Tunisie).

Les eaux en provenance du Nord-Ouest se divisent sur l'axe de la dorsale du M'zab approximativement suivant deux directions, une partie s'écoule vers le Sud et le Sud-ouest (Gourara, Touât et Tidikelt), et l'autre partie s'écoule suivant une direction Ouest-Est vers le golf de Gabes qui constitue son exutoire naturel. Les eaux en provenance du plateau du Tinrhert s'écoulent vers le Nord-est sous l'Erg Oriental en direction de l'exutoire de Tunisie. Sur la région d'Ouargla, la nappe de C.I est captée à une profondeur comprise entre 1300 et 1400 m, le débit exploité par forage est de 100 l/s, en moyenne. La pression à la tête du forage atteint 20 bars.

Les forages captant cette nappe sont au nombre de 2 et fournissent un débit annuel de 7 Hm^3 densité essentiellement à l'alimentation en eau potable des agglomérations de Rouissat et Ain El Beida, et caractérisée par une transmissivité de 8.10-3 m^2/s et un coefficient d'emmagasinement de 10-3 m^2/s (UNESCO, 1970).

Son eau est chaude (57 °C). La salinité de cette eau est de l'ordre de 2 g/l. Elle est essentiellement utilisée pour l'alimentation en eau potable et l'excès de pompage sert à l'irrigation.

II.2.1.A Etude piézomètrique du (CI) :

D'après la carte piézomètrique établie par l'étude de l'OSS (2003), l'écoulement général des eaux se fait du SW vers le NE.

La carte piézomètrique du niveau Albien montre que le niveau piézomètrique moyen, dans la cuvette de Ouargla et ses environs (HaoudBerkaoui, Guellala….), est de l'ordre 330 m et l'écoulement des eaux de l'Albien se fait localement vers les zones à forte exploitation (la ville de Ouargla).

Concernant la recharge, l'essentiel des ressources de cet énorme réservoir correspond à l'eau infiltrée au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire :il s'agit donc d'une ressource fossile. Cependant, une recharge actuelle s'effectue de facon directe par infiltration des ruissellement qui se produisent sur les zones d'affleurement, notamment sur les pidmont de l'Atlas saharien au Nord-Ouest, sur le massif du Dahar à l'Est, sur les rebords ouest (Touat et Gourara), et sur le plateau de Tadmait au Sud. Au niveau du grand Erg Occidental, l'infiltration se fait indirectement à travers les sables dunaires et par endroits à travers les formations du CT où il n'existe pas de séparation imperméable entre les deux réservoirs.

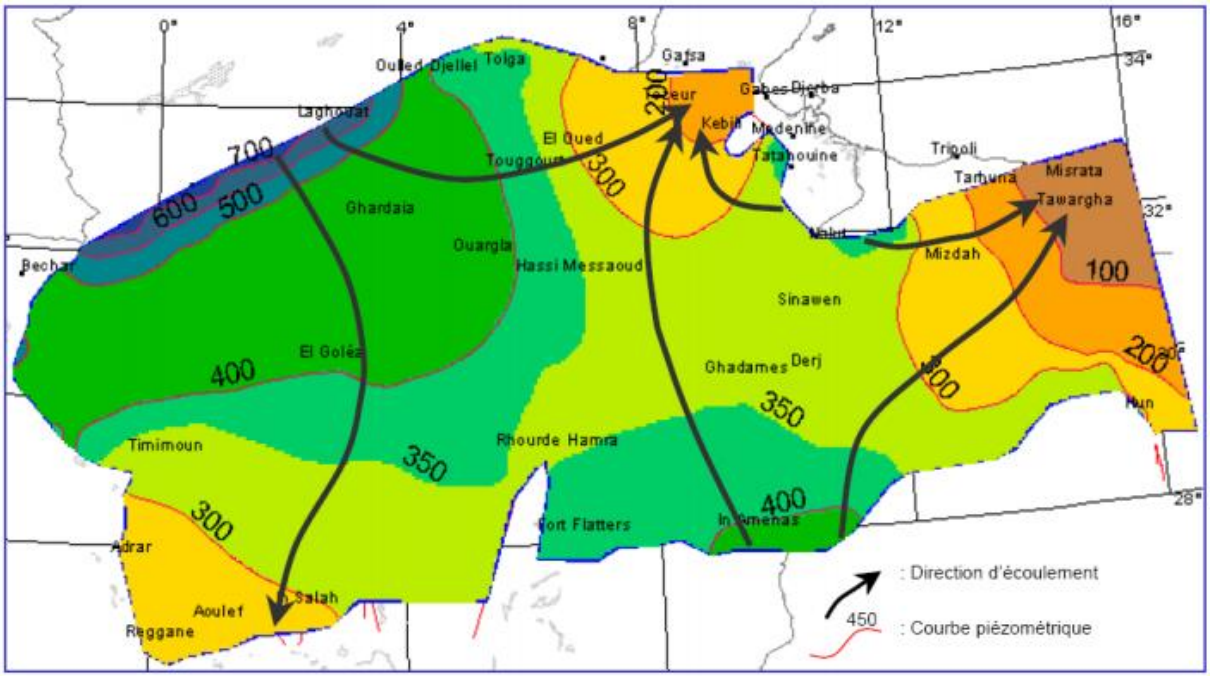

Figure II-3 Carte piézométrique de référence du "CI " (OSS, 2003)

II.2.2 Le complexe terminal CT :

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

Le système aquifère du Complexe Terminal couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km². Le terme "nappe du complexe terminal" regroupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler essentiellement dans l'une ou encore dans les deux formations litho-stratigraphiques suivantes : (UNESCO, 1970, Guendouz. A et Moula. A.S, 1992-1995)

• Le Sénonien et l'Eocène carbonatés.

• Le Mio-Pliocène sableux.

La profondeur du "CT" est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m

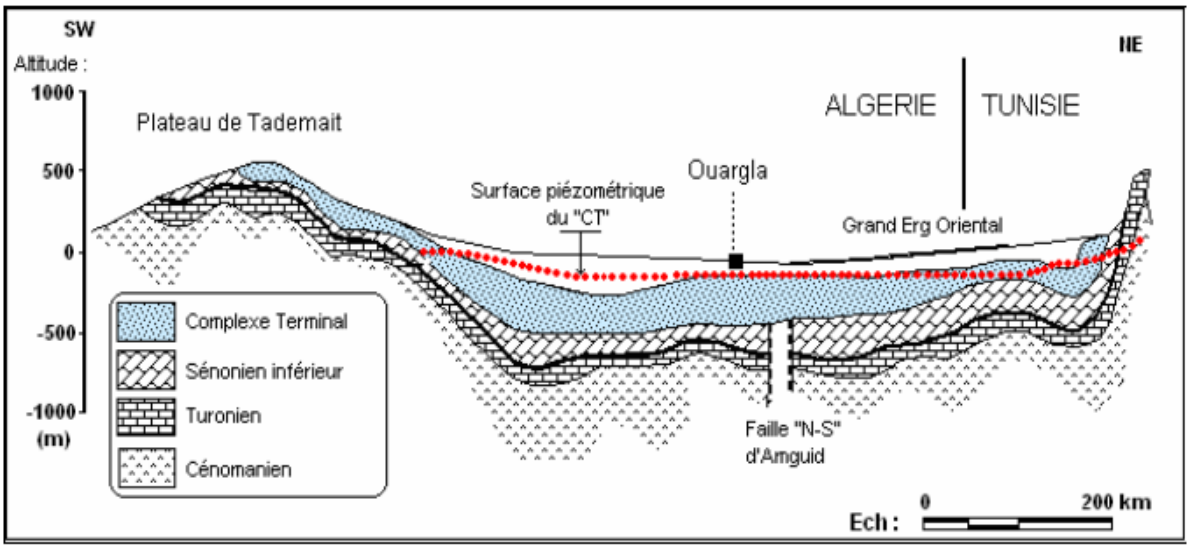

Figure II-4 Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

Le Complexe Terminal affleure aux endroits suivants :

- Au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens;
- Á l'Est, le long du flanc oriental du Dahar;
- Au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït;
- Á l'Ouest, sur la dorsale du M'Zab.

II.2.2.A L'alimentation de la nappe (C.T) :

La première carte piézométrique de la nappe du complexe terminal établie et publiée par A. CORNET en 1960, reprise et complétée par G. AILAIRE à l'aide des renseignements fournis par les forages pétroliers lors de l'étude de l'ERESS 1972, indique les axes et les directions d'écoulement des eaux de cette nappe. L'allure des isopièzes montre que la nappe peut être alimentée par les zones suivantes :

Alimentation à partir de l'atlas saharien :

Entre Biskra et la frontière tunisienne, les courbes isopièzes sont parallèles à l'Atlas, l'alimentation peut avoir deux origines : - A travers la flexure sud - atlasique ; par infiltration des crues des oueds à l'aval de l'accident atlasique.

b- Alimentation par le plateau du Tadmait et Tinhert :

Les eaux qui s'infiltrent sur le plateau de Tadmait et du Tinhert, s'écoulent vers le Nord et convergent vers l'exutoire principal : la zone des chotts Marouane et Milrhir.

c- Alimentation par les monts du M'zab :

Le réseau très dense des Oueds du versant oriental du M'Zab joue un rôle important dans l'alimentation de la nappe des sables Mio - pliocène lors des crues exceptionnels (crues des Oueds N'sa et M'Zab qui atteignent sebkhatSafioune au Nord de la cuvette).

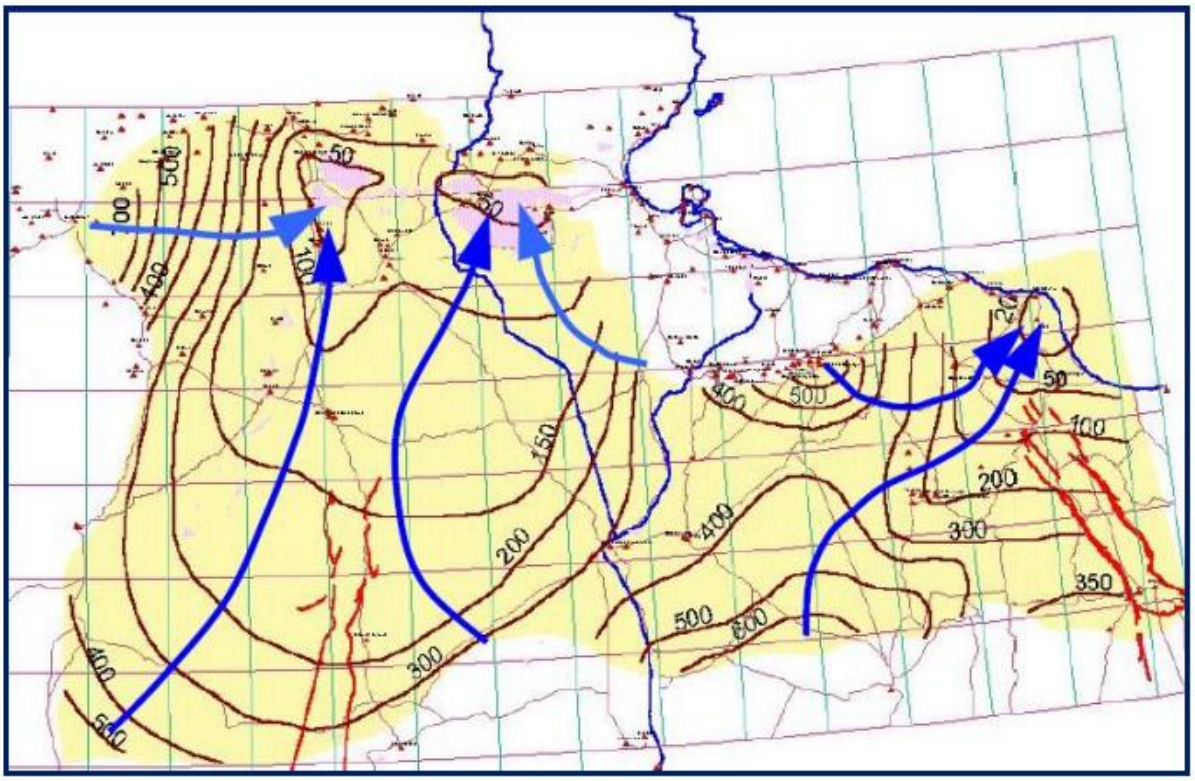

Figure II-5 Carte piézométrique de référence du "CT " (OSS, 2003)

II.2.2.B Les exutoires

Les exutoires sont constitués principalement par les grandes cuvettes d'évaporation : chott Melrhir et Merouane. (UNESCO1970).x<sdcs

II.2.3 La nappe phréatique

Les nappes phréatiques sont partout présentes au Sahara et se situent généralement dans les zones de dépressions ou les vallées. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profondes ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces dernières.

Les profondeurs des nappes dites libres au Sahara varient entre 1 et 60 m, sauf dans la région des Ziban ou elle peut atteindre les 150m, le résidu sec est très variable selon les zones.

La nappe phréatique est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire. Elle affleure dans les zones basses (sebkha et chott) et dans certaines palmeraies. Elle est située à une dizaine de mètres de profondeur dans certaines zones urbaines. Cette nappe n'est pas exploitée à cause de sa grande salinité (plus de 15 g/l). En outre elle est polluée car elle se mélange aux eaux dans certains points et elle reçoit aussi les eaux de drainage de la palmeraie.

Les travaux effectués sur la qualité de ces eaux montrent que :

- Les eaux destinées à l'AEP ne répondent pas aux normes de potabilité notamment en ce qui concerne la minéralisation.

- La dégradation de la qualité des eaux du Moi-pliocène (salinité)

- Les eaux de la nappe phréatique présentent une forte salinité (>15 g/l) ajouté à cela une contamination de cette nappe par les eaux usées, ce qui présente une menace de pollution pour les autres nappes.

II.3 Le Complexe Terminal (CT) dans la région de Ouargla:

Il contient les nappes suivantes :

▪ Quaternaire : formé de dépôts sableux ayant une épaisseur qui varie entre 10 et 20 m et constitue un niveau saturé en eau de la nappes phréatique, dans les régions de Ouargla et Touggourt.

▪ Mio-pliocène : il repose en discordance sur le Sénonien, il est formé d'une alternance d'argile et de sable ; l'eau est captée à une profondeur de 60 à 140 m par pompage avec un débit moyen de 30 l/s. Sa salinité est très variable (2 à 7 g/l). Elle est utilisée surtout en irrigation des palmeraies de Ouargla.

L'exploitation de cette nappe du Mio-pliocène a débuté par le creusement de nombreux puits artésiens en 1883. Ces puits existaient déjà au 14ème siècle, mais ils se sont multipliés en 1883 à l'aide des sondages réalisés par les militaires. L'eau est alors située entre 30 et 60 mètres de profondeur. En 1901, Les puits artésiens du Mio-pliocène atteignent un nombre de 160, alors que l'artésianisme diminue.

Actuellement la situation a fondamentalement changé. L'artésianisme a baissé au point que dans les palmeraies de Ouargla, la nappe n'est plus jaillissante. Elle est exploitée par pompage dans des forages. Les Autorités, inquiètes des communications qui pourraient s'établir avec la nappe

phréatique ont fait boucher les puits. (Elles ont aussi programmé le rebouchage de 30 anciens forages). Cette nappe du Mio-pliocène est à une profondeur de 130 mètres au niveau de Sebkhat Safioune (45 km au nord de Ouargla) où elle est encore artésienne. La teneur en sel est d'environ 2 à 3g/l

▪ Sénonien: avec un mur argileux anhydritique du Sénonien lagunaire et au sommet l'Eocène moyen évaporitique en une épaisseur de 230 m. L'eau est captée à une profondeur de 120 à 180m par pompage avec un débit moyen de 30 l/s. Sa salinité est de l'ordre de 1.8 à 3 g/l. Elle est surtout utilisée comme eau potable.

Chapitre III

1 Matériels et méthodes

2 Résulta et discussion

3 Interprétation comparative

III.1 Matériels et méthodes

III.1.1 Matériels

III.1.1.A Les données piézométriques

au niveau de la direction de l'ANRH de Ouargla, a savoir :

• Les mesures de 15 forages captant la nappe du Mio-pliocène,

Les deux compagnes piézométrique que mesure par l'agence ANRH Ouargla Octobre 2004 et février 2017

Tableau III-1 les compagnes piézométriques 2004 et 2017 (ANRH Ouargla; 2019)

Puits	x	y	niveau piézométrique (m)	
			2004	2017
p1	725042.79	3535436.5	138.28	116.28
p2	725149.52	3535899	137.58	122.58
p3	720737.98	3536966.3	133.63	117.63
p4	724669.23	3538336	132.54	112.54
p5	725007.22	3537482.2	130.47	115.47
p6	725540.87	3538389.4	125.95	109.95
p7	732745.21	3536059.1	130.09	116.09
p8	732745.21	3536770.6	129.76	114.76
p9	718069.19	3539948.4	135.05	118.05
p10	723769.93	3544501.1	124.83	112.83
p11	719462.34	3557127	109.19	110.55
p12	728209.09	3565338.9	118.85	119.06
p13	719016.48	3568706.9	120.08	120.08
p14	720568.47	3570064.9	120.51	120.51
p15	717105.38	3554235.8	103.00	107.00

III.1.1.BLes Cartes des répartitions des forages

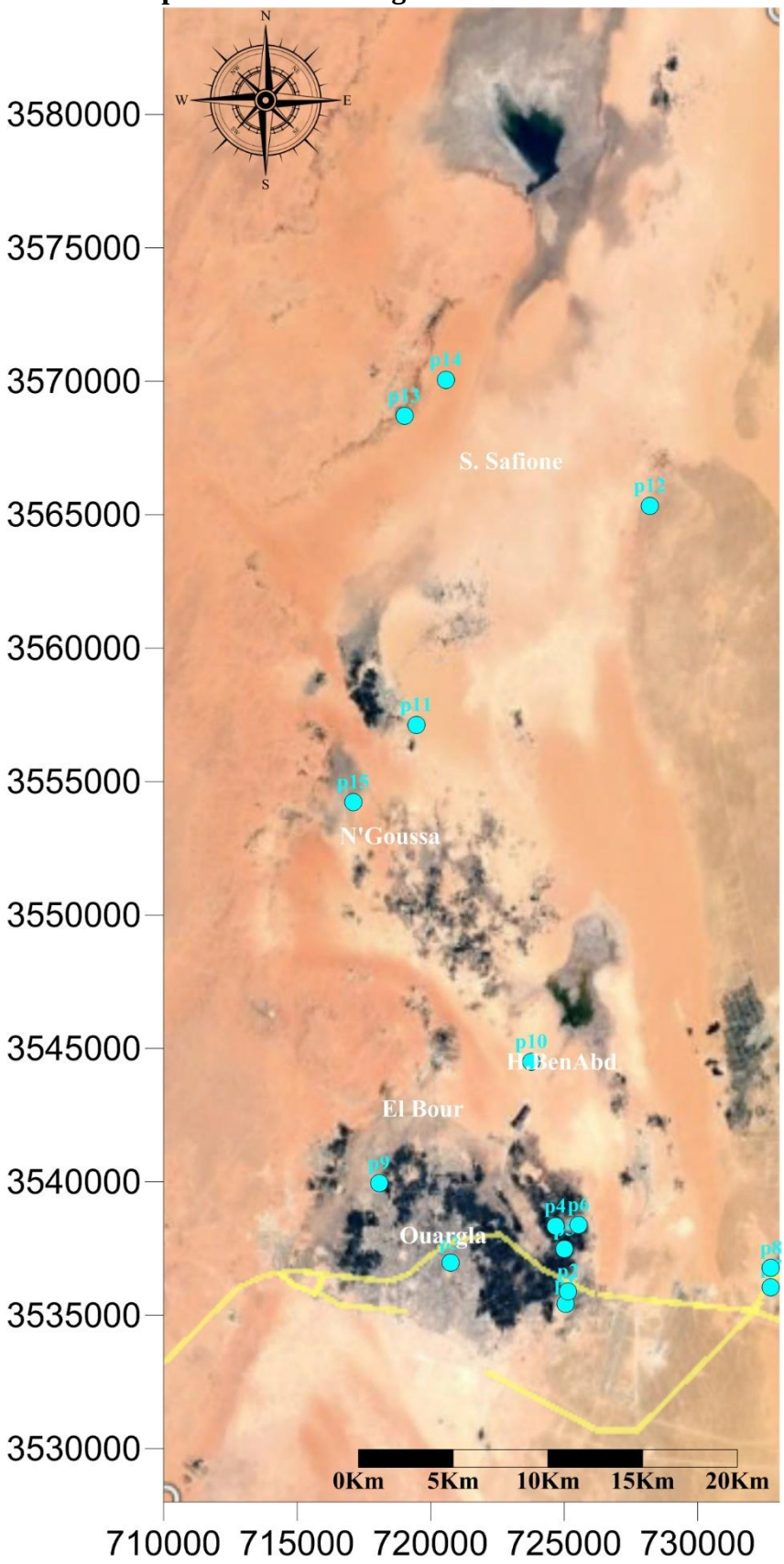

Figure III-1 Carte de réparation des forages de Complexe Terminal

III.1.1.C Les logiciels utilisés

Google Earth Pro :

Est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies satellitaires. Ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises.

Surfer

est un logiciel de géostatistiques 2D créé par la société Golden Software permettant des cartes isovalerurs

III.1.2 Méthodes

III.1.2.A Mettre en forme le fichier Excel

L'organisation des données de terrain sous forme de fichier Excel

III.1.2.B Afficher les puits

A partir le fichier Excel, on peut afficher les puits sous forme des points dans Surfer par option de **Post Map**

III.1.2.C Création une grille X,Y,Z

Cette manipulation est la base du traitement sous Surfer et le fichier Excel de données par l'option **New Grid** $\begin{cases} x : longetude \\ y : latutude \\ z : niveau\ piézometrique \end{cases}$

III.1.2.D Superposition et mise on forme la carte

Dans cette étape on fait la superposition la grille avec l'image satellitaire de la zone d'étude en suit faire la mise en forme la carte piézométrique.

III.2 Résulta et discussion

L'établissement de cartes piézométriques est une étape importante dans l'étude hydrogéologique. Elle permet d'étudier la nappe d'eau souterraine en tenant compte de ses paramètres hydrodynamiques, tels que la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement, et renseigne sur les sens d'écoulements souterrains, l'évolution des niveaux piézométriques les gradients hydrauliques et les axes de drainages, donc la carte piézométrique est un document

essentiel pour l'hydrogéologie elle exprime la morphologie de la surface piézométrique de la nappe à une période déterminée par ses courbes isopièzes.

Celle-ci fournit des informations sur le tracé des lignes de courant et le sens d'écoulement Pour établir les cartes piézométriques on a utilisé les quelques mesures de niveau disponibles au niveau de la direction de l'ANRH de Ouargla, a savoir :

• Les mesures de 15 forages captant la nappe du Mio-pliocène,

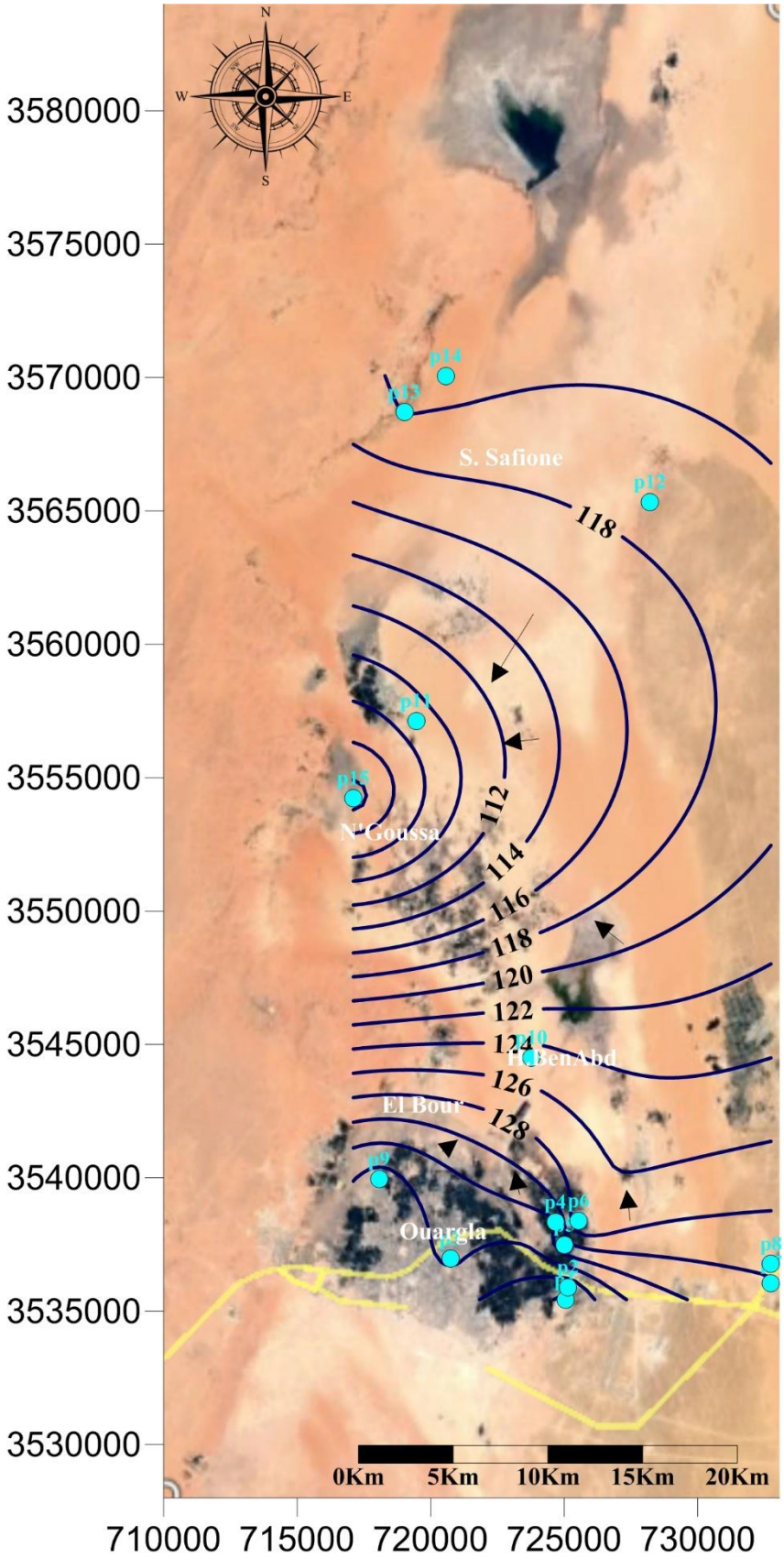

Figure III-2La carte piézomètrique de la nappe Complexe Terminal (Octobre 2004)

Ces mesures ont été faites en Octobre 2004 et février 2017 par le personnel de l'agence. Parmi les difficultés rencontrées pour effectuer une nouvelle compagne piézométrique on note que la majorité des forages sont équipés de pompes et sont clôturés ce qui les rend inaccessibles.

➢**carte piézométrique 2004 :** La carte piézométrique présente deux directions d'écoulement régional du N-E vers le S-W dans la zone nord (Bour N'goussa) et du sud vers le nord dans la zone sud (la ville d'Ouargla). Les lignes de courant convergent vers la palmeraie de N'goussa. La pente moyenne de surface piézométrique est de l'ordre de 0.6 à 1 ‰. La pente est plus forte sous la villa de Ouargla où les prélèvements sont les plus importants.

Entre Ouargla et N'Goussa la pente est de 0.6‰ puisque la nappe passe de la cote 130 à 118 m sur une distance de 20 km (environ). Sous la palmeraie de Ouargla la surface piézomètrique varie entre 126 et 131 m selon les lieux.

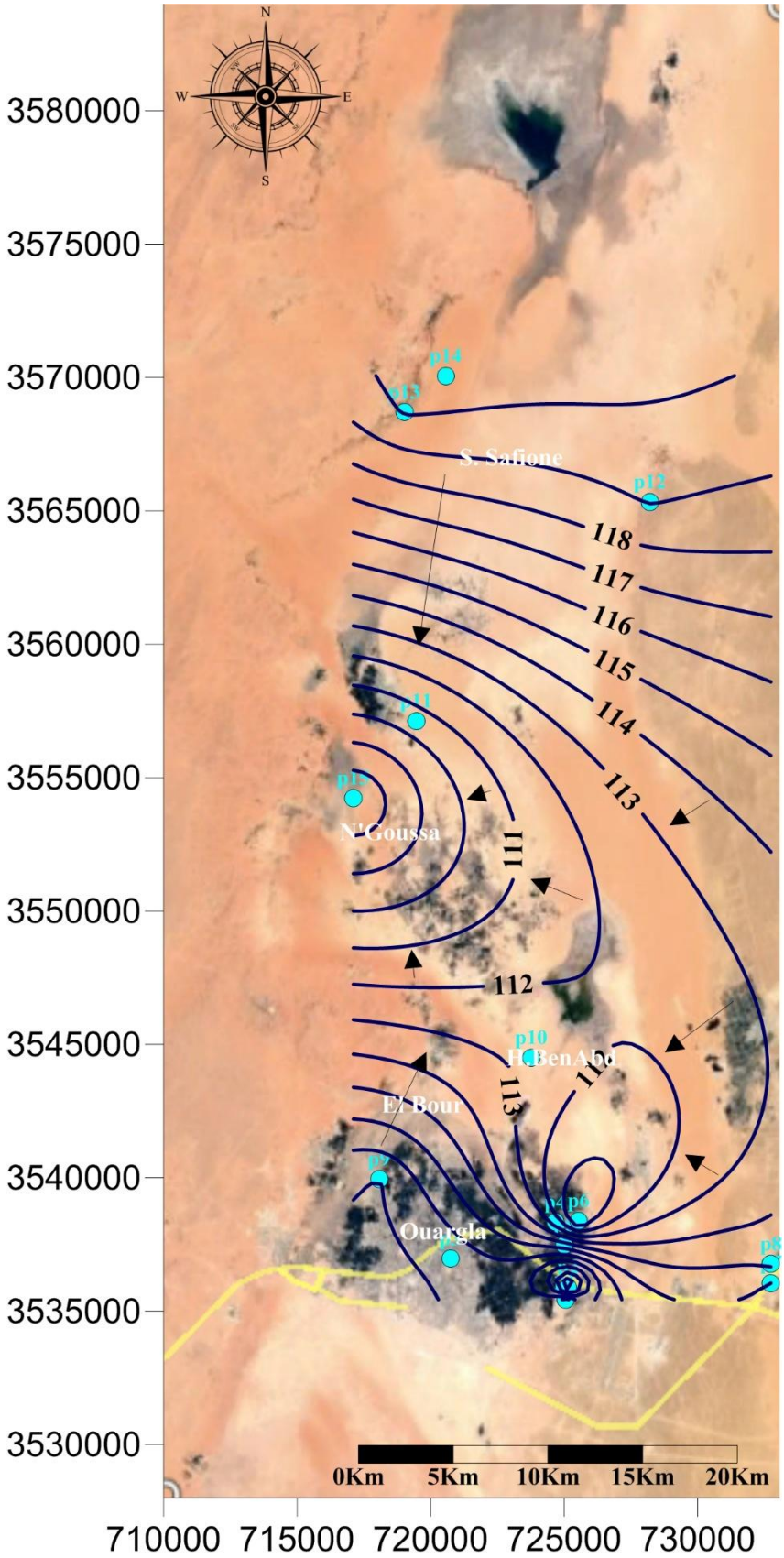

Figure III-3La carte piézomètrique de la nappe Complexe Terminal (Fivrier 2017)

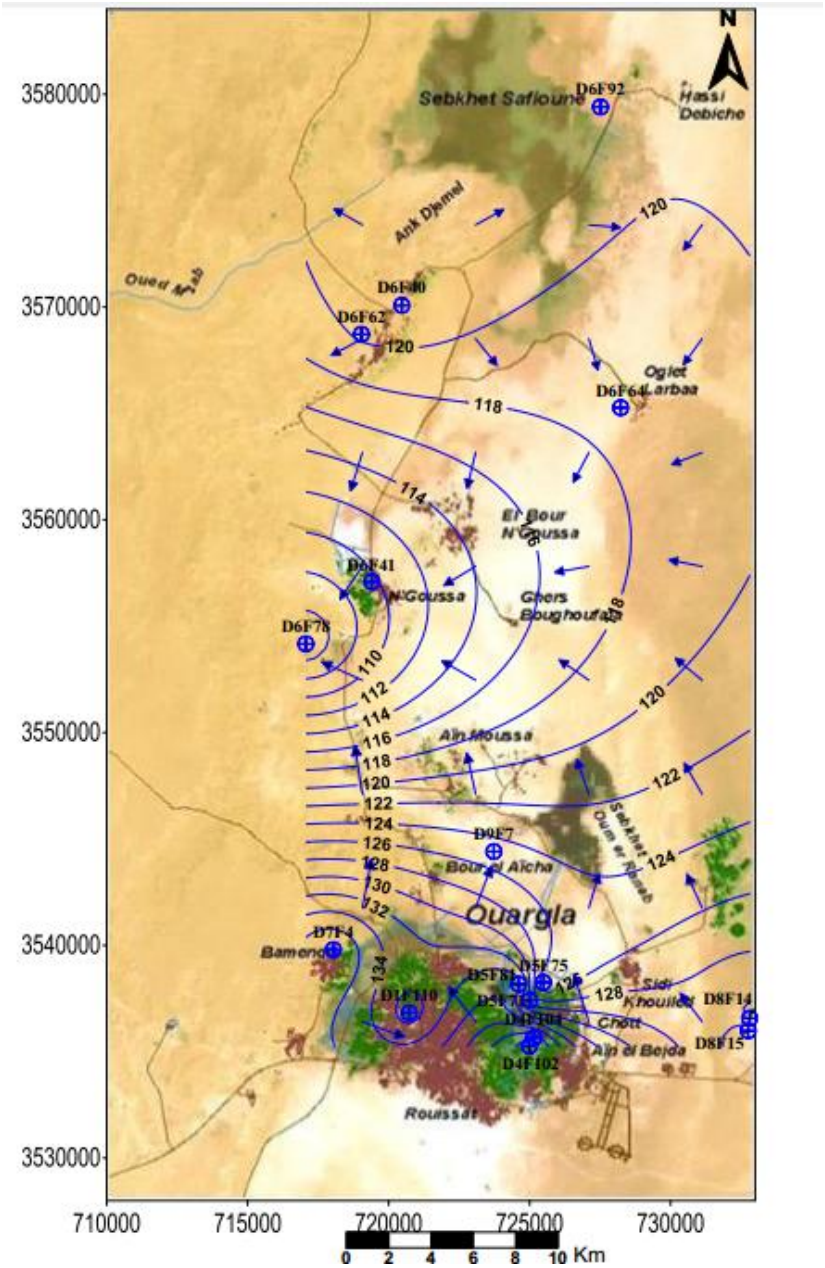

Figure III-4 Carte piézométrique de la nappe du Mio-pliocène 2004 (Zeddouri,2010)

La carte piézomètrique (Figure III-4) présenté les courbes de niveau de la surface piézomètrique et les sens d'écoulement, de la nappe Moi-plocène (2004)

➢**Carte piézométrique 2017:** La carte piézométrique présente les directions d'écoulement régional au nord convergent vers la palmeraie de N'goussa.dans la ville d'Ouargla. Les lignes de courant orienté vers Ain Elbaida . La pente moyenne de surface piézométrique est de l'ordre de 0.7 à 1 ‰. La pente est plus forte dans la villa de Ouargla

III.3 Interprétation comparative de l'évolution

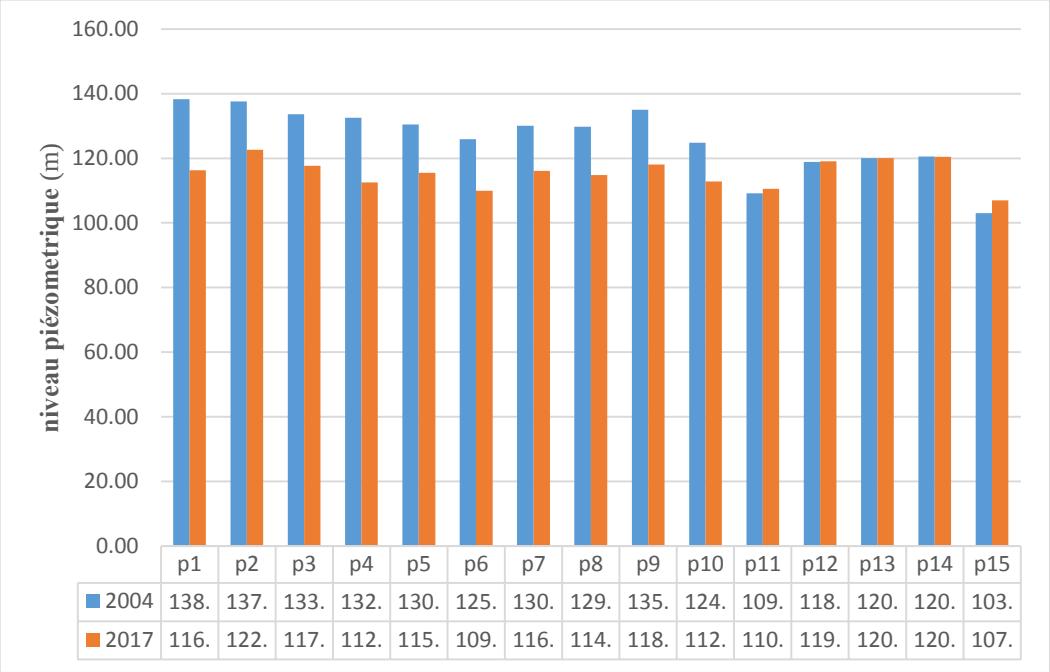

Figure III-5 Histogramme de piézométrie (2004,2017)

L'histogramme de piézométrie 2004 et 2017 présent l'évolution de la niveau de la nappes entre 2004 et 2017 ; on remarque l'évolution est varié entre la ville de Ouargla et sa environnants alors que la diminution de niveau plus important dans la ville de Ouargla et dans la nord de la vile les niveau presque stable entre 2004 et 2017.

Doc l'évolution de la piézométrie a relation avec l'évolution de population et les activités agricole

III.3.1 Rabattement du niveau

Pour faire l'étude de l'évolution de la piézométrie devrait être calculé le rabattement de niveau, Le (tableaux 4) présenté les valeurs de niveau dans les puits et le rabattement entre 2004 et 2017.

Au niveau des puits (p1, p2….p10) dans la ville de Ouargla le rabattement plus important à cause de l'évolution démographique entre 2004 et 2017

Au niveau des puits (p11, p12…p15) dans la zone agricole le rabattement presque négligeable malgré l'évolution des activités agricole car l'utilisation de nouvelles méthodes d'irrigation

Tableau III-2 Rabattement de niveau piézomètrique entre 2004 et 2017

puits	x	y	niveau piézometrique (m)		Δ
			2004	2017	
p1	725042.79	3535436.5	138.28	116.28	-22.00
p2	725149.52	3535899	137.58	122.58	-15.00
p3	720737.98	3536966.3	133.63	117.63	-16.00
p4	724669.23	3538336	132.54	112.54	-20.00
p5	725007.22	3537482.2	130.47	115.47	-15.00
p6	725540.87	3538389.4	125.95	109.95	-16.00
p7	732745.21	3536059.1	130.09	116.09	-14.00
p8	732745.21	3536770.6	129.76	114.76	-15.00
p9	718069.19	3539948.4	135.05	118.05	-17.00
p10	723769.93	3544501.1	124.83	112.83	-12.00
p11	719462.34	3557127	109.19	110.55	1.36
p12	728209.09	3565338.9	118.85	119.06	0.21
p13	719016.48	3568706.9	120.08	120.06	-0.03
p14	720568.47	3570064.9	120.51	120.47	-0.04
p15	717105.38	3554235.8	103.00	107.00	4.00

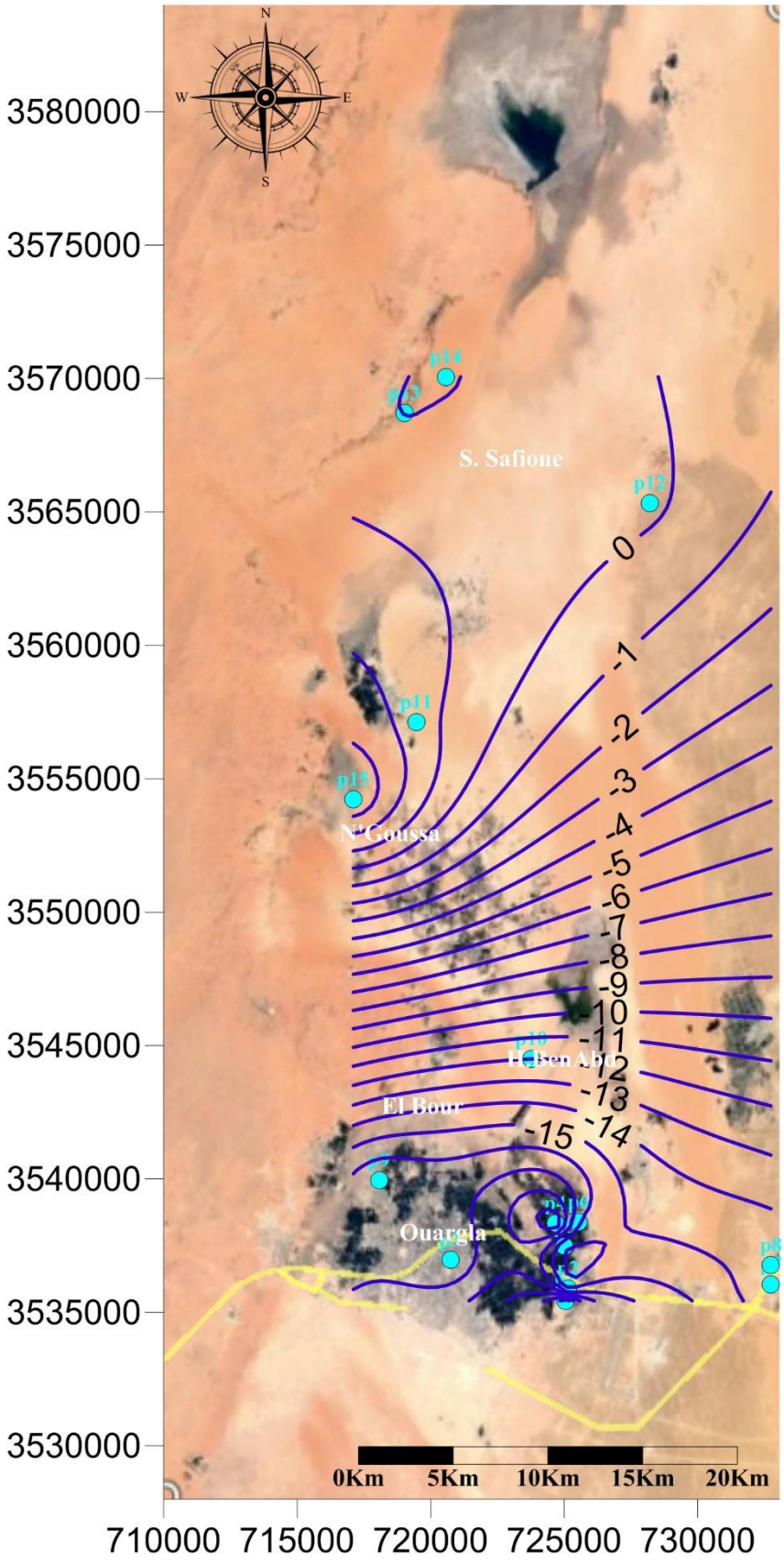

Figure III-6 carte isovaleure de Rabbatemnt

Conclusion général

Notre zone d'étude fait partie de la région Est du Sahara septentrional algérien, elle est caractérisée par un climat désertique aride avec des températures extrêmes en été (plus de 40 °C) et des précipitations faibles, inférieures à l'évaporation potentielle annuelle, mais peuvent contribuer quand même à une certaine recharge des nappes lorsque certaines conditions s'y prêtent :climatiques (des précipitations exceptionnelles), topographiques (relief favorisant le ruissellement des oueds) et géologiques (affleurements perméables). Cependant, ces précipitations demeurent négligeables par rapport à l'exploitation excessive des nappes souterraines. Du fait de la rareté de ces précipitations, l'écoulement des Oueds de la région reste irrégulier. La topographie est relativement plane, le paysage général se manifeste par des dunes de sable, des regs, des hamadas et des chotts et sebkhas

Du point de vue géologique, notre région est composée de deux unités structurales ; le socle précambrien composé des roches éruptives et métamorphiques, surmonté par des milliers de mètres de couches sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Quaternaire, géostructuralement, le Mio-Pliocène n'est pas affecté par des accidents tectoniques à l'instar du reste de la série sédimentaire sous-jacente du Sahara septentrional, la lithologie est très variée, on a constaté l'abondance des formations évaporitiques (gypse et anhydrite) et argileuses, avec quelquefois des carbonates.

Du point de vue hydrogéologique, le Complexe Terminal (CT) s'étale sur une surface de 350 000 km2 et couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, sa puissance moyenne est de 300 m environ.

Le niveau piézomètrique de la nappe du Complexe Terminal au niveau de Ouargla est varié entre 140m et 100m, ce niveau connue des variations constamment à cause du l'exploitation excessive des nappes de CT.

Références bibliographiques

1. **ANRH (2004&2017) :** Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la Wilaya de Ouargla. Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ouargla, Algérie.
2. **BELAID.R.(2014) :** étude hydrogéologique et hydrochimique de la cuvette de la région de Ouargla, sud-est d'Algérie.
3. **BELLAOUEUR.A.(2008) :** étude 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) .mémoire de majester , université de Batna.,147p.
4. **BG (2004) :** Projet de protection de la cuvette d'Ouargla contre la remontée des eaux, études de reconnaissance et rapports internes.
5. **BUSSON G. (1972) :** Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris, 464p.
6. **DJIDEL.M.(2008) :** Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie)
7. **ELAYACHI.B. (1951) :** une journée de réjouissance publique à Ouargla. Mission sah n° 5 Ouargla et sa population.
8. **GUENDOUZ A. (1985) :** Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara Nord-Est Septentrional (Algérie). Thèse 3ème cycle. Université de ParisSud, 243p.
9. **GUENDOUZ A. (2003) :** Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara, Hydrogeology Journal (2003).
10. **GUENDOUZ.A et MOULA.A.S. (1992-1995):** Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterrains de la cuvette de Ouargla. Rapport interne 1 et 2.
11. **HAMDI-AÏSSA Belhadj (2000).** Evaluation de l'état de surface de la cuvette d'Ouargla par les images satellites. Revue SECHERESSE, 12 p.
12. **HOUARI I M, 2012 :** Contribution a l'étude de l'évolution géochimique des eaux de la nappe du complexe terminal du Sahara septentrional. mémoire de majester , université d' Ouargla.,88p.
13. **HOUARI I M. et SALMI M. (2009) :** Reconnaissance géologique des formations aquifères de la basse vallée de l'oued M'ya (Région de Ouargla), mémoire d'ingéniorat, université de Ouargla, 81p.

14. **ONM (2019) :** Bulletin climatologique de la station d'Ouargla. Service archives. Ouargla, Algérie.
15. **OSS (2003 a et b) :** Système Aquifère du Sahara Septentrional, Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie, 229p.
16. **UNESCO (1972) :** Projet ERESS; Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional, et rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris (1972).
17. **ZEDDOURI.A.(2010) :** caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des nappes du complexe terminal de la région de Ouargla (sud-est algérien)

ملخص

تعتبر المياه الجوفية المورد الرئيسي في المنطقة المدروسة. إن تطور النشاطات الزراعية إضافة إلى النمو الديموغرافي أدى إلى الطلب المتزايد لهذه الموارد. سهل ورقلة منطقة صحراوية واقعة جنوب شرق الجزائر، التركيبة الجيولوجية و المناخ الماضي الماطر اللذين تتميز بهما ساعدا على توفر الظروف الملائمة لتخزين احتياطي مهم من المياه. لهدف تسيير جيد لهذه الأخيرة من الضروري أن نقوم بدراسة جيدة لخصائص الطبقة المائية. إن الغاية من هذه الدراسة هو معرفة مميزات جريان المياه الجوفية و مستواها ذلك باللجوء إلى عدة طرق. المنطقة تحتوي على نظام متكون من طبقتين من الماء. تعتبر طبقة المركب النهائى هي الاكثر استغلال من طرف سكان المنطقة حيث ادى هذا الاستغلال الكثيف لمياه الطبقة انخفاض كبير في المستوى و تغير في مسارات الجريان.

الكلمات المفتاحية: المركب النهائي، مياه جوفية، طبقة ماء، ورقلة

Résumé

Au Sahara, les eaux souterraines représentent la ressource principale en eau. Le développement des activités agricoles associé à l'essor démographique sollicite de plus en plus ces réserves. La région d'étude occupe le fond d'une cuvette de 1000 km2 dans la basse vallée de l'Oued Mya. Les conditions climatiques sont caractérisées par une température maximale moyenne de 42.69°C et des précipitations moyennes annuelles qui n'excédant pas 50 mm/an. Les nappes du Complexe Terminal sont les plus exploitées par les habitants de la région, cette exploitation intensive a entraîné une diminution significative du niveau et une modification des sens d'écoulement. L'objectif de ce travail est la détermination l'évolution de la piézométrie de la nappe du complexe terminale dite mio-pliocène.

Mots clés : Mio-Pliocène, piézométrie, Ouargla.

Abstract

In the investigation area, the groundwater represent the main resource in water. The development of the agricultural activities associated to demographic growth solicits these reserves more and more. The plain of Ouargla is a saharian region in the Southeast of Algeria, its geological characteristics associate to the humid paleo-climate allowed the installation of favourable conditions to the storage of an important water reserve. In order to a good management of these waters, a good understanding of aquifers mechanism will be necessary. The objective of our study is the determination of the geometry of the aquifers, the modes of he underground out-flow.The area of study contains a system of two aquifers Mio-Pliocene and Senonian aquifers. The Lowering piezometric level of the CT aquifer would be due to

Keywords: Mio-Pliocene, piezometric, Ouargla.