

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KASDI Merbah d'Ouargla

ooOoo

Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

ooOoo

Mémoire

Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De

MASTER PROFESSIONNEL

Filière: Hydraulique

Option: Forage d'eau

Thème:

Synthèse piézométrique et hydrochimique

de la nappe phréatique de Ouargla

entre les années 2003 et 2013

Réalisé Par :- SAYAH LEMBAREK Lamine.

- BERREGUI El Hassen.

Soutenu publiquement le: 11/06/2014.

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Université	Qualité
GUEZGOUZ Nouredine	MAA	KASDI Merbah d'Ouargla	Président
LATIFI Sabah	MAB	KASDI Merbah d'Ouargla	Examinatrice
BENHAMIDA Slimane	Master	KASDI Merbah d'Ouargla	Encadreur

Année Universitaire : 2013/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Dédicace

*A ma source de tendresse, l'être le plus cher dans le monde, la femme la plus patience,
ma très cher mère.*

Mon idéal, l'être le plus généreuse, mon très cher père tous leurs sacrifices.

A mes très chers frères, A mes très chères sœurs, A mes oncles

Aux grandes familles ; SAFAH LEMBARON

A mes très chères amies chaque un son nom surtout Riad.

A première promotion de master Forage d'eau,

je dédie ce modeste travail.

Lamine

*A ma source de tendresse, l'être le plus cher dans le monde, la femme la plus patience,
ma très cher mère.*

Mon idéal, l'être le plus généreuse, mon très cher père tous leurs sacrifices.

A mes très chers frères, A mes très chères sœurs, A mes oncles

A tout familles ; BERREGUO

A mes très chères amies chaque un son nom

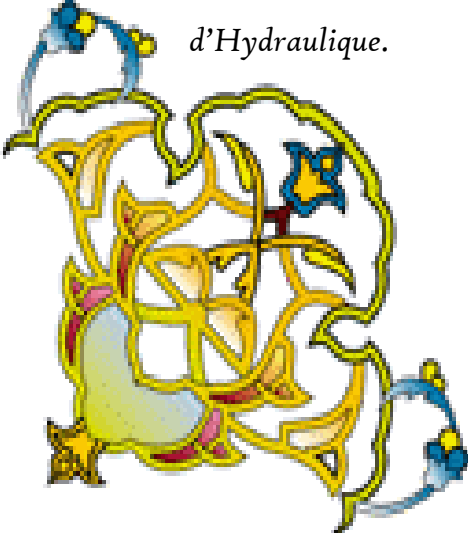
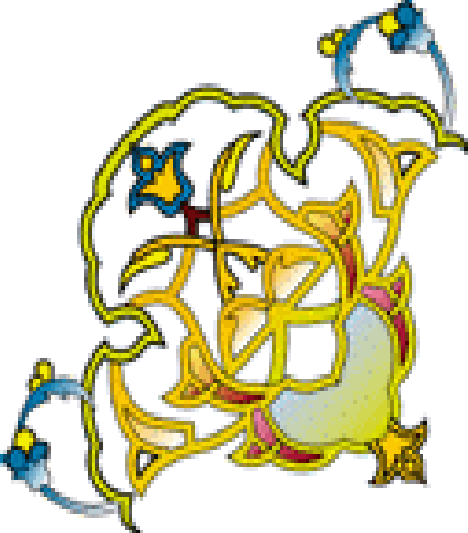
A première promotion de master Forage d'eau,

je dédie ce modeste travail.

ElHassen



Remerciement

- ✚ *Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciement à tous ceux qui ont contribué, de près de loin, à l'établissement de ce mémoire.*
 - ✚ *Je remercie, en premier dieu ALLAH qui m'a donné la bonne santé, la volonté et la patience tout au long de mes études.*
 - ✚ *Je remercie, ma famille pour le soutien exemplaire moral et matériel continu tout au long de mon cycle.*
 - ✚ *Je tiens à remercier avec gratitude mon encadreur Mr. BENHAMIDA Slimane, de m'avoir guidé et suivi tout au long de ce travail, de m'avoir conseillé, encouragé et aussi prodigué de précieux conseils. Ses critiques fructueuses ont été, pour moi, une source d'enrichissement. Son aide et sa disponibilité m'ont permis d'avancer dans le travail et de finaliser cette étude.*
 - ✚ *Je remercie le président de jury qui m'a honoré de bien vouloir présider cette soutenance.*
 - ✚ *Je remercie également le membre de jury qui va sans doute par les remarques et d'avoir examiner de près ce mémoire.*
 - ✚ *Je remercie Mr. ABIMOULOUD Youcef, maître assistant à l'université de KASDI Merbah Ouargla de son aide scientifique pour réaliser ce travail.*
 - ✚ *Je remercie aussi l'ensemble personnel de l'ANRH, l'ONM d'Ouargla pour leurs aides.*
 - ✚ *Je remercie vivement l'ensemble du personnel du département de Génie Civil et d'Hydraulique.*
- 
- 

Sommaire

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Introduction

Chapitre : I Situation géographique

I	Cadre géographique	01
	Introduction	01
I.1	Situation géographique	01
I.2	Géomorphologie	02
I.3	Type de relief de la zone d'étude	04
I.4	Démographie	04

Chapitre : II Hydro climatologie

II.1	Hydro climatologie	06
	Introduction	06
II.1.1	La température	06
II.1.2	La pluviométrie	07
II.1.3	L'évaporation	07
II.1.4	L'humidité	08
II.1.5	La vitesse de vent	09
II.1.6	L'indice d'aridité de la région de Ouargla	09
	Conclusion	10
II.2	Hydrologie	10
	Introduction	10
II.2.1	Chotts et Sebkhass	10
II.2.1.1	Chott Aïn Beïda	10
II.2.1.2	Chott Oum-Er-Raneb	10
II.2.1.3	Sebkhet Safioune	10
II.2.1.4	Sebkhat Bamendil	11
II.2.2	Réseau hydrographique	12
II.2.2.1	Oued N'sa	12
II.2.2.2	Oued M'Zab	12

II.2.2.3	Oued M'ya	12
-----------------	-----------	-----------

Chapitre : III Géologie

III.1	Géologie régionale	13
	Introduction	13
III.1.1	La sédimentation continentale post-hercynienne	13
III.1.2	La sédimentation la guno-marine du créacé supérieur et de l'éocène	14
III.1.3	L'orogenèse et ses conséquences	14
III.1.4	La mise en place du tertiaire continental	15
III.1.5	Les coupes stratigraphiques du bas Sahara	16
III.2	Cadre géologique local	17
	Introduction	17
III.2.1	Litho stratigraphie	17
III.3	Paléogéographie	19
	Conclusion	19

Chapitre : IV Identification de réseau aquifère

	Introduction	20
IV	Hydrogéologie de la région	20
IV.1	La nappe du continentale intercalaire (CI)	21
IV.1.1	La géométrie de CI	21
IV.1.2	L'exploitation du CI	22
IV.1.3	L'alimentation de CI	23
IV.1.4	Le volume d'eau soutirée de la nappe CI	24
	Conclusion	24
IV.2	Nappe du complexe terminal (CT)	25
IV.2.1	Nappe du Turonien	25
IV.2.2	Nappe du Sénonien et Eocène	25
IV.2.3	Nappe du Mio-Pliocène	25
IV.2.4	Exploitation du CT	26
IV.2.5	Le volume d'eau soutirée de la nappe CT	27
	Conclusion	27
IV.3	La Nappe phréatique (superficielle)	27
	Introduction	27

IV.3.1	Généralité sur la nappe phréatique de la région d'Ouargla	28
IV.3.2	Caractéristiques de la nappe phréatique	29
IV.3.3	Alimentation de la nappe	29
IV.3.4	Analyse du phénomène de remontée de la nappe phréatique	29
IV.3.4.1	Avant 1956 (date du premier forage à l'Albien)	29
IV.3.4.2	Après 1956	30
IV.3.4.3	Etat en 1968	30
IV.4	Travaux et études effectués	32
IV.4.1	Etude géophysique ENAGEO	32
IV.4.2	Etude isotopique du CDTN	32
IV.4.3	Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, BG 2004	32

Chapitre : V SIG et Outil informatique

V	Introduction	34
V.1	Le système d'information géographique (SIG)	34
V.1.1	Définition d'un SIG	34
V.1.2	Les composants d'un SIG	34
V.1.3	L'utilisations d'un SIG	35
V.2	Le MapInfo	35
V.2.1	Définition	35
V.2.2	Les fonctions de MapInfo	36
V.3	Le Surfer	37
V.3.1	Définition	37
V.3.2	Les fonctions de Surfer	37

Partie pratique

	Introduction	38
VI.	Etat actuel du réseau de surveillance piézométrique	38
VI.1	Résultat de la campagne piézométrique effectuée en 2003	40
VI.1.1	Carte Isobathe ou du niveau statique	40
VI.1.2	Carte Iso-hyaline ou carte de Salinité des eaux	41
VI.1.3	Carte de Pollution ou Iso-nitrate (teneur en Nitrate)	42
VI.2	Résultat de la campagne piézométrique effectuée en 2013	43

VI.2.1	Carte Isobathe ou du niveau statique	43
VI.2.2	Carte Iso-hyaline (de Salinité des eaux de la nappe phréatique)	44
VI.2.3	Carte de pollution (Iso-nitrate ou teneur en Nitrate)	45
VI.3	Synthèse piézométrique et hydrochimique des résultats (2013 – 2003)	46
VI.3.1	Carte isobathe de synthèse (2013 – 2003)	47
VI.3.2	Carte Iso-hyaline de synthèse de la nappe phréatique (2013 – 2003)	48
VI.3.2	Carte Iso-nitrate de synthèse (2013 – 2003)	49
	Conclusion général	
	Références bibliographiques	
	Annexe	
	Résumé	

Liste des figures

Fig. I.1	Carte de situation géographique de la cuvette d'Ouargla.	01
Fig. I.2.a	Relief géologique de la région d'Ouargla.	02
Fig. I.2.b	Image satellitaire, bandes 4, 2, 1 sur MNT (Année 2000).	03
Fig. I.3	Relief de la région d'Ouargla.	04
Fig. II.1.1	Température moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).	06
Fig. II.1.2	Répartition mensuelle des pluies à Ouargla (période 2003 – 2013).	07
Fig. II.1.3	Evaporation moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).	08
Fig. II.1.4	L'humidité moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).	08
Fig. II.1.5	Moyenne mensuelle de vitesse de vent à Ouargla (période 2003 – 2013).	09
Fig. II.2.2	Esquisse du réseau hydrographique de la cuvette de Ouargla.	12
Fig. III	Carte géologique régionale d'Ouargla.	13
Fig. IV.1	Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).	21
Fig. IV.1.1	Coupe hydrogéologique transversale du CI.	22
Fig. IV.1.2	Rabattements 2000-2050 au "CI"(SASS, 2003).	23
Fig. IV.1.3	Carte hydrogéologique de système aquifère de CI et CT (UNESCO, 1972).	24
Fig. IV.2	Coupe hydrogéologique transversale du "CT"(UNESCO, 1972).	25
Fig. IV.2.4	Rabattements 2000-2050 au "CT" (SASS, 2003).	26
Fig. IV.3.4.3	Coupe hydrogéologique passant par la ville d'Ouargla (en 1968).	30
Fig. IV.3.4.3	Carte piézométrique de la nappe phréatique (Ouargla, 1968).	31
Fig.1	L'interface de MapInfo	35
Fig.2	L'interface de Surfer	36
Fig.1	Carte de la situation actuelle de l'ensemble des piézomètres implantés le long de la cuvette	38
Fig. 1.1	Carte Isobathe du niveau d'eau de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2003).	39
Fig. 1.3	Carte Iso-hyaline (de salinité) des eaux de nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagne année 2003).	40
Fig. 1.2	Carte de pollution (teneur en Nitrate) des eaux de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2003).	41
Fig. 2.1	Carte Isobathe du niveau d'eau de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2013).	42
Fig. 2.3	Carte Iso-hyaline (de salinité) des eaux de nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagne année 2013).	43
Fig. 2.2	Carte de pollution (teneur en Nitrate) des eaux de la nappe phréatique de	44

	Ouargla (Campagne année 2013).	
Fig.1	Variation des niveaux piézométriques de la cuvette d'Ouargla en 2003 et 2013.	45
Fig. 3.1	Carte Isobathe de synthèse du niveau hydrostatique de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 et 2003).	46
Fig. 3.3	Carte Iso-hyaline de synthèse des eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 – 2003).	47
Fig. 3.2	Carte Iso-nitrate de synthèse des eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 et 2003).	48

Liste des tableaux

Tableau.1	Estimation global des principales communes d'Ouargla.	05
Tableau.2	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice d'aridité de DEMARTONNE	10
Tableau.3	Le volume d'eau soutirée de la nappe CI.	24
Tableau.4	Le volume d'eau soutirée de la nappe CT.	27

Liste des sigles et abréviations

Abréviation	Significations
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
BG	Bureau d'étude Swiss BORNAL ET GARDEL
CDTN	Centre de développement des Techniques Nucléaires
CI	Continental Intercalaire
CT	Complexe Terminal
DHW	Direction de l'Hydraulique de 1 a Wilaya
ETP	Evapotranspiration potentielle
ETR	Evapotranspiration réelle
ENA.GEO	Entreprise Nationale de Géophysique
ERESS	Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional – Unesco 1972
ONA	Office National de l'Assainissement
ONM	Office National de la Météorologie
OSS	Observation du Sahara et du Sahel
MNT	Modèles Numériques de Terrain
RNS	Régions Naturelles Sahariennes
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
SIG	Système d'Information Géographique

Introduction

Introduction générale :

La région d'Ouargla souffre depuis longtemps du phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique, cette remontée est due essentiellement de la surexploitation des eaux des nappes profondes associée à une mauvaise gestion de la ressource en eau et à l'absence d'un réseau d'assainissement bien approprié, en plus des contraintes naturelles, telle que la topographie presque plane et l'absence d'un exutoire naturel efficace, ce qui handicape le drainage naturel de la nappe.

Les fluctuations saisonnières du niveau de la nappe ont des conséquences désastreuses sur la stabilité des ouvrages d'hydraulique, de génie civil, ainsi les eaux trop chargées de la nappe, favorisent la corrosion rapide de ces ouvrages. Et dans le domaine de l'agriculture, la remontée des eaux asphyxie les plantes et diminue leur rendement.

Beaucoup d'études ont été lancées par les services techniques de la wilaya de Ouargla par le biais du Ministère des Ressources en Eau sans oublier les différents chercheurs de nombreuses universités et ce dans le but de mieux déceler le comportement ainsi que l'origine des eaux de cette nappe mais surtout de mieux comprendre le phénomène de remontée capillaire des eaux de cette dernière. Mais la question posée est ce que il y a une efficacité sur ces études ?

Notre étude est basée sur une synthèse piézométrique d'une période de 11 années (allant de 2003 à 2014). Avec l'établissement de cartes thématiques explicatives en utilisant des logiciels (SIG)

Nous avons commencé par définir les facteurs qui sont liés directement avec le phénomène de la remontée des eaux à savoir la situation géographique, la géomorphologie, le cadre géologique, et la climatologie de la région. Ensuite nous avons fait une synthèse des études faites ultérieurement.

Chapitre I

Présentation et Situation
Géographique

I. Cadre géographique :

Introduction :

Ce chapitre est subdivisé en trois sous chapitres, tout d'abord on traitera la situation géographique de la zone d'étude puis géomorphologie de cette dernière et en fin la démographie et son évolution dans le temps (jusqu'à 2030).

I.1 Situation géographique :

La ville de Ouargla est située dans une dépression appelée "cuvette de Ouargla". Elle est l'une des principales oasis du Sahara Algérien. Elle est située au Sud-Est de l'Algérie à une distance de 800 Km de la capitale.

Dans cette cuvette, dont la population est actuellement de l'ordre de 200.000 habitants, l'agriculture (palmeraies et légumes) constitue l'activité principale. La région d'Ouargla profite de l'exploitation pétrolière, en particulier du champ de Hassi Messaoud.

Occupant une superficie de 140'000 hectares, est limitée au Nord-Est par la wilaya de l'Oued, au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud-est par la wilaya d'Ilizi et à l'ouest par la wilaya de Ghardaïa, la distance du Sud au Nord est de 70 km, celle de l'Est à l'Ouest de 20 km. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied.

Ses coordonnées géographiques sont comprises entre les longitudes 5°15' et 5°25' Est et les altitudes 31°55' et 32°00'.



Fig. I.1 : Carte de situation géographique de la cuvette d'Ouargla. [12]

I.2 Géomorphologie:

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

- La hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne.
- Les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'erg.
- Les étendues alluviales correspondant au lit de l'oued Mya selon un axe SW-NE.
- Les sebkhas : marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. La plus grande est la Sebkhet Safioune à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la région.

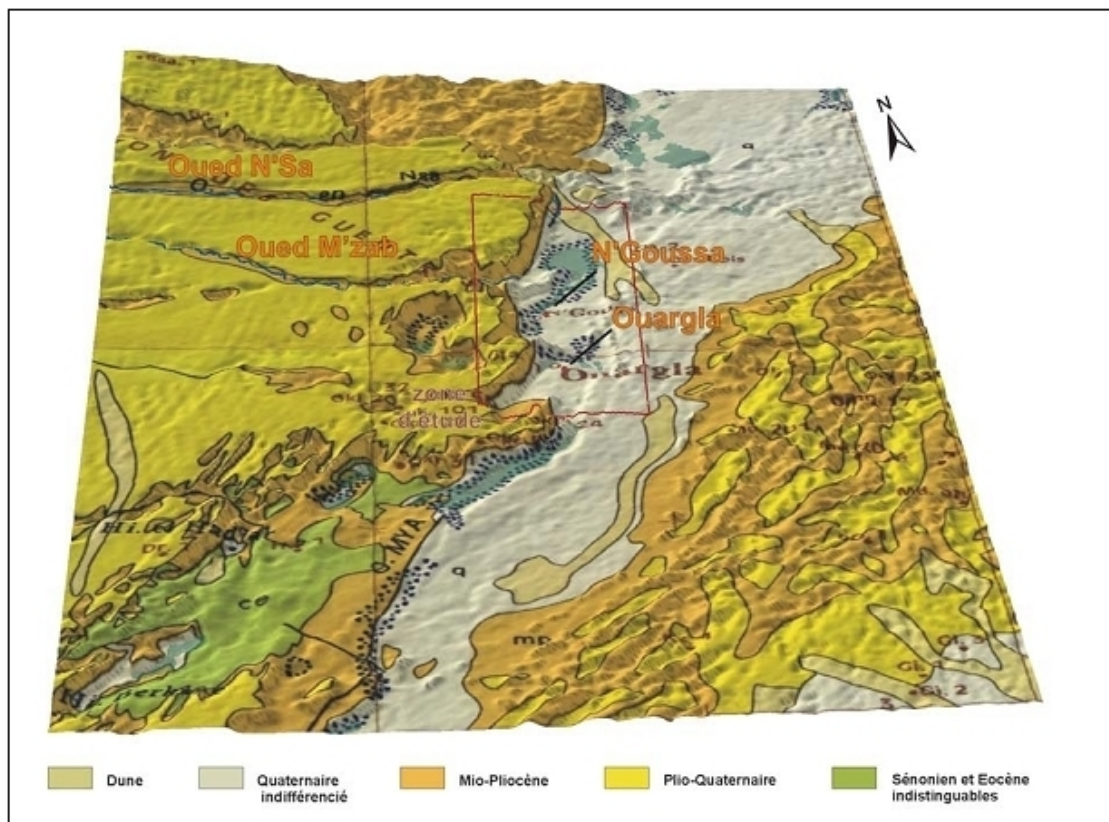


Fig. I.2.a : Relief géologique de la région d'Ouargla. [12]

La cuvette d'Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. 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.

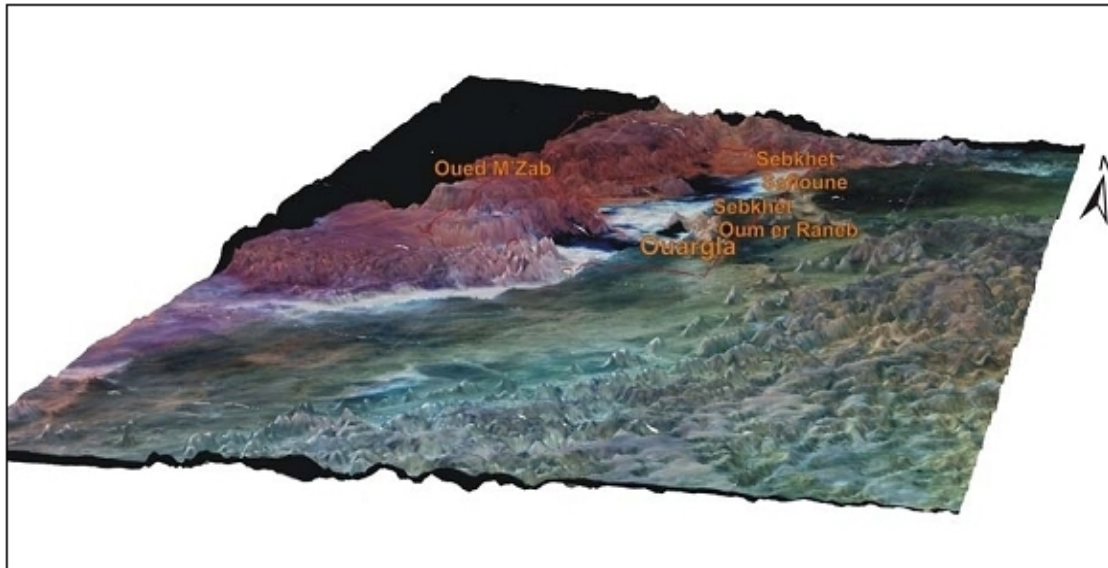


Fig. I.2.b : Image satellitaire, bandes 4, 2, 1 sur MNT (Année 2000) [12]

Après son creusement, la cuvette d'Ouargla 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, Z'gag) ou du Tadmaït (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 (oueds N'Sa et Z'Gag au Nord de la Sebkhets Safioune).

Avec la fin du dernier grand pluvial, 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 la Sebkhets Safioune où un lac se formait à nouveau à chaque période un peu pluvieuse.

I.3 Type de relief de la zone d'étude :

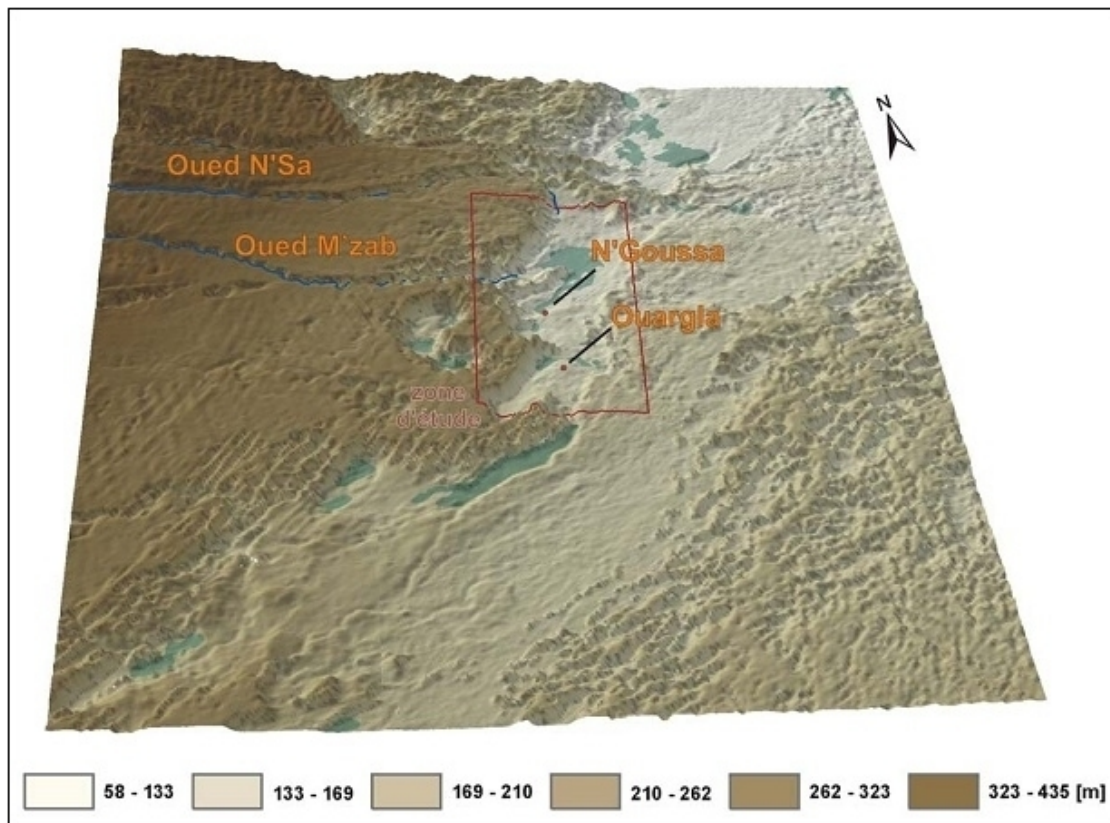


Fig. I.3 : Relief de la région d'Ouargla. [12]

La cuvette d'Ouargla est bien visible au centre de la zone étudiée. Les alluvions des oueds N'Sa et M'Zab 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 nord-est, en direction de Touggourt et du Chott Melrhir.

Actuellement, les plus grandes crues de l'oued Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont d'Ouargla. Celles de l'oued M'Zab atteignent la Sebket Safioune deux fois par siècle, alors que celles de l'oued N'Sa semblent plus fréquentes. (Lors de deux passages en février et en novembre 2002 sur l'oued N'Sa, il a été constaté un écoulement superficiel récent quoique faible dans la partie aval de son cours, dans la région de Hassi Khefif).

I.4 Démographie :

La zone d'étude est constituée des agglomérations d'Ouargla, Rouissat et Ain Beida. Administrativement chacune de ces agglomérations appartient en fait à la commune portant le même nom.

Les agglomérations de la zone étudiée sont constituées de quartiers caractérisés par des concentrations de population et d'habitation très variables ; les tissus urbains pour les uns sont à saturation et pour d'autres au contraire doivent recevoir des équipements. Globalement on retiendra que dans le périmètre urbain limité par le canal de drainage périphérique :

- la zone du territoire urbain (à savoir Ouargla, Rouissat et Ain Beida) occupe 3000 Ha.
- les palmeraies couvrent 1300 Ha.
- les zones arides et dunaires 800 Ha.
- l'espace sebkha-chott 500 Ha.

Les estimations globales de l'agglomération Ouargla (Ouargla, Rouissat, Ain Beida) et des agglomérations de Sidi Khouiled et N'Goussa pour le court, moyen et long terme s'établissent sur le tableau suivant :

Les principales communes	Années	Estimations (habitants)
Ouargla, Rouissat et Ain Beida	2001	176 000
	2005	204 000
	2015	274 000
	2030	394 000
Sidi Khouiled	2001	3 000
	2005	4 000
	2015	5 000
	2030	7 000
N'Goussa	2001	5 000
	2005	6 000
	2015	8 000
	2030	11 000

Tableau.1 : Estimation global des principales communes d'Ouargla. [10]

Chapitre II

Hydro climatologie

II.1 Hydro climatologie :

Introduction :

L'étude hydro-climatologique a pour l'objet de ressortir les caractéristiques climatiques en se basant sur les données, mesurées depuis dix ans (2003-2013) à la station d'Ouargla, qui sont représentative du climat régnant sur notre zone d'étude. Nous analyserons les : températures, précipitations, humidité relative, vitesse du vent, évaporation.

Ces paramètres hydro climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères.

II.1.1 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 (2003-2013).

Les températures à Ouargla sont caractéristiques du climat saharien avec des valeurs très élevées en été. La moyenne mensuelle du mois le plus chaud (juillet) dépasse 30°C et celle du mois le plus froid (janvier) est de 10°C.

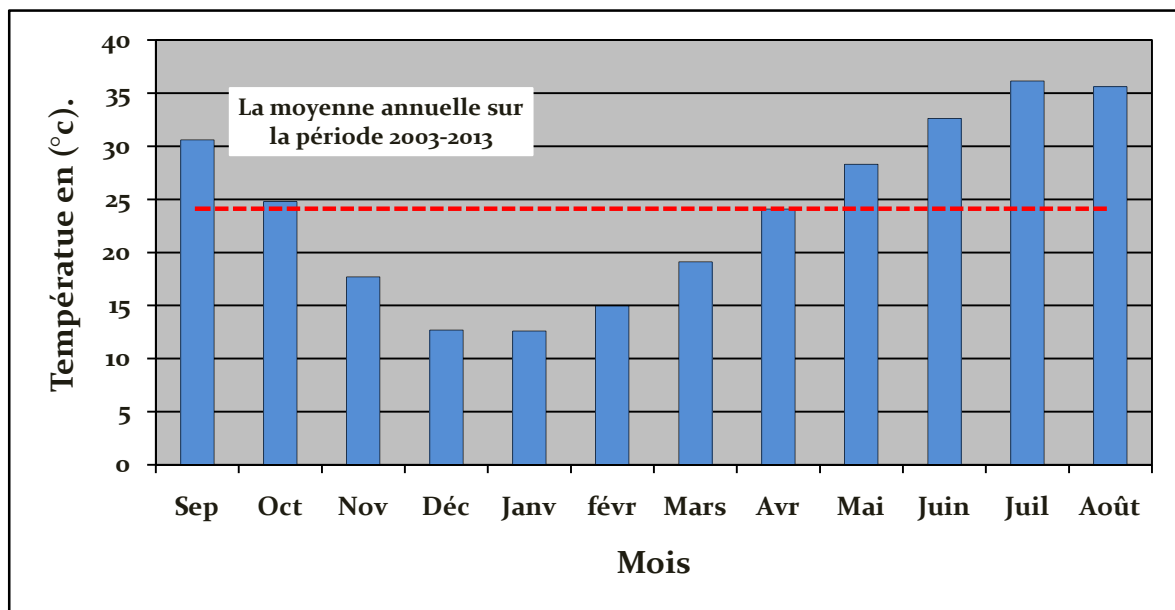


Fig. II.1.1 : Température moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32 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 d'Ouargla a un Hiver doux et un Été très chaud.

II.1.2 La pluviométrie :

Le tableau suivant représente les moyennes annuelles qui ont été mesurées d'après données recueillies de l'ONM Ouargla.

Mois	Jan	fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Moyen (mm)	10,2	1,22	4,8	1,535	0,638	0,56	0	1,7	3,79	5,82	5,77	1.5

- À partir de ce tableau on dessine un graphique représentatif.

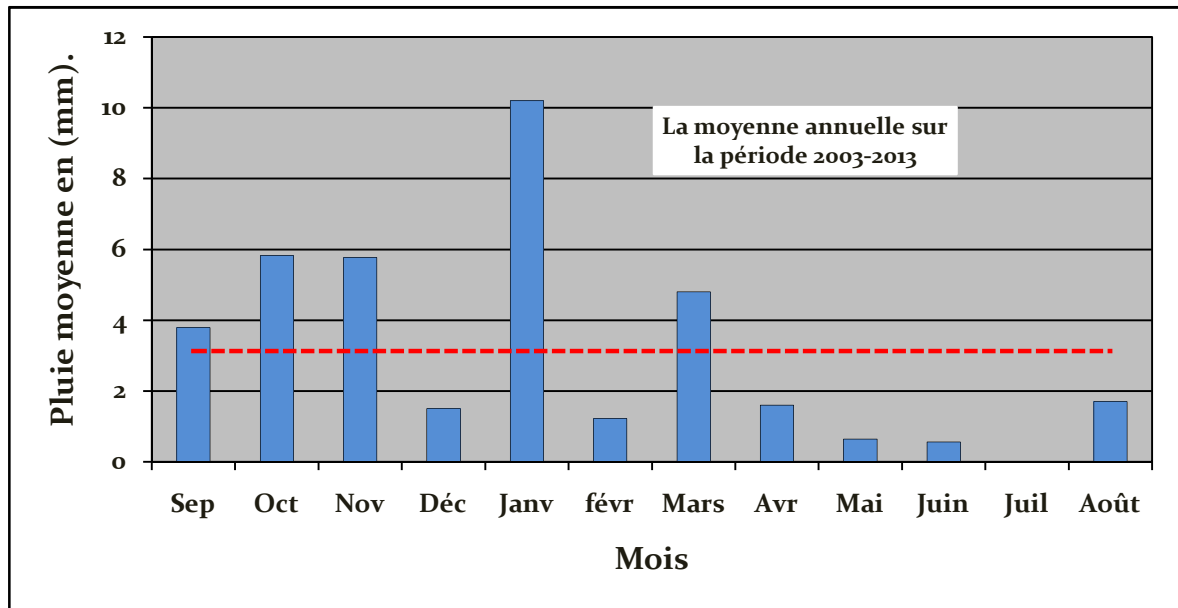


Fig. II.1.2 : Répartition mensuelle des pluies à Ouargla (période 2003 – 2013).

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 38 mm, janvier est le mois le plus pluvieux (10 mm) et août le plus sec (1mm en moyenne)

On remarque une grande irrégularité de la pluie; faible pendant l'Hiver et presque nulle en Été. En règle générale les pluies sont faibles pour la région.

II.1.3 L'évaporation :

C'est la quantité d'eau qui repart dans l'atmosphère dépend uniquement des paramètres physiques tels que la température de l'air, de l'eau, de la vitesse du vent, du degré hygrométrique, de l'ensoleillement, etc.

- A partir des données recueillies de l'O.N.M Ouargla on dessine le graphique :

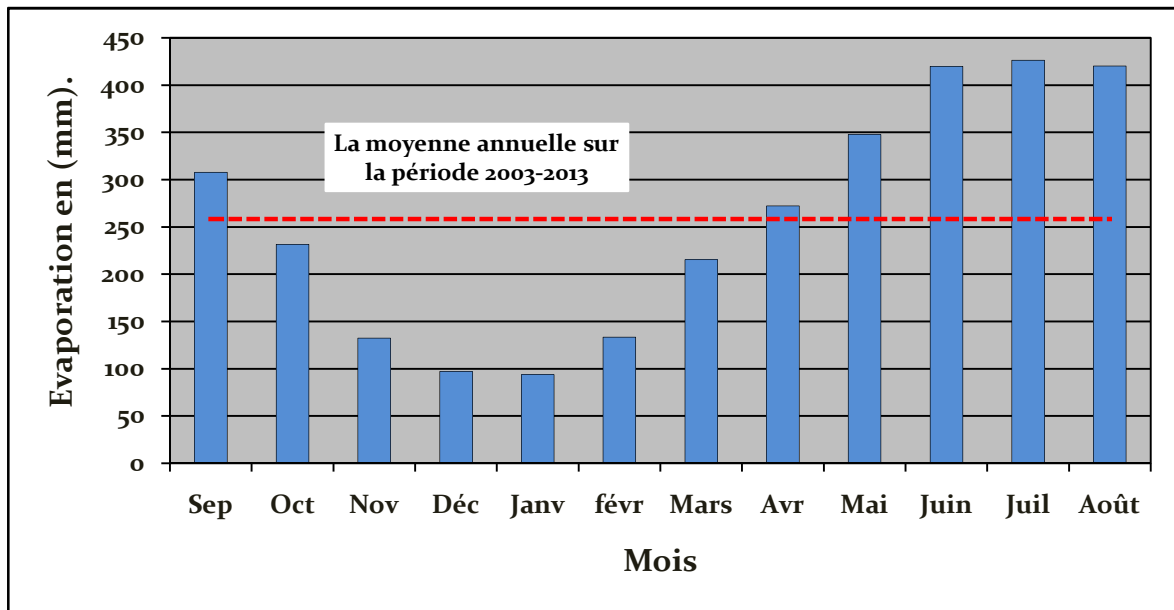


Fig. II.1.3 : Evaporation moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).

L'évaporation est très élevée au mois de juillet, soit 3097.8 mm annuels. On remarque que il y a une simulation entre le graphique de l'évaporation et ce lui de la température, donc l'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température.

II.1.4 Humidité:

L'humidité est le rapport de la tension de vapeur d'eau (e) à la tension de vapeur saturante (e_w) dans les mêmes conditions de température et de pression et s'exprimé en % selon la formule suivante : $U = e / e_w * 100$.

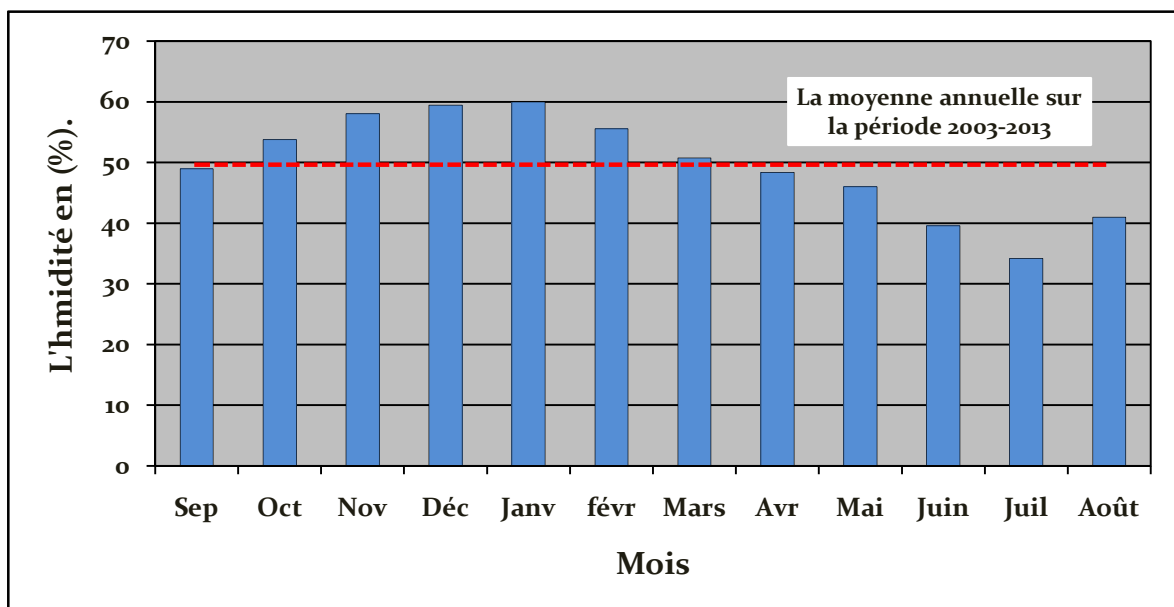


Fig. II.1.4 : L'humidité moyenne mensuelle à Ouargla (période 2003 – 2013).

L'humidité moyenne annuelle est de 49,63%. On remarque que le taux maximal d'humidité est celui enregistré au mois de janvier et décembre 60%, une valeur minimale est enregistrée au mois de juillet 34,18%.

II.1.5 La vitesse de vent :

Le vent est un phénomène continu au désert où il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte, et contrepartie une sédimentation également importante qui se traduit par la formation de dunes.

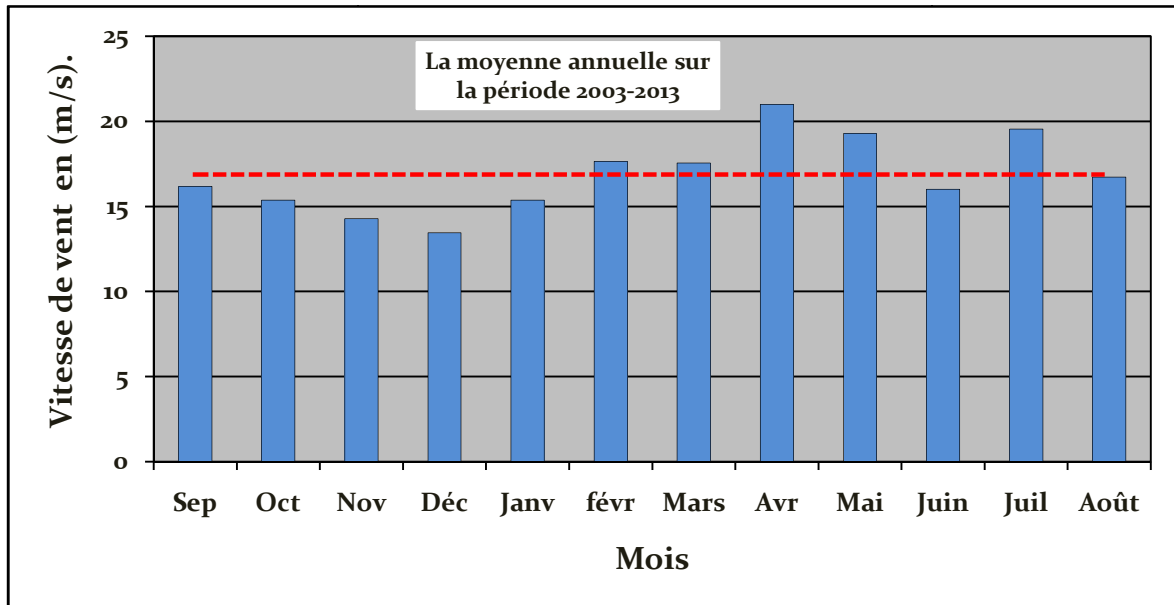


Fig. II.1.5 : Moyenne mensuelle de vitesse de vent à Ouargla (période 2003 – 2013).

Les vitesses de vent assez importantes sur toute la période estivale (Avril) avec un maximum entre Avril et Mai.

Les vents les plus fréquents en hiver sont les vents d'Ouest tandis qu'au printemps les vents du Nord-est et Sud-ouest.

II.1.6 L'indice d'aridité de la région de Ouargla :

L'indice d'aridité de **DEMARTONNE**, (Noté I) cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région. Pour le calculer, on utilise la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Où P : désigne les précipitations totales annuelles
T : la température moyenne annuelle

Application numérique :

$$P = 3,13 \text{ mm} \quad T = 24,1 \text{ °C} \quad I = 3,13 / (24,1 + 10)$$

$$I = 0,092$$

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.2 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

Conclusion :

Le climat de la région d'Ouargla est connu par son Hyper-aride marquée notamment par la faiblesse des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d' autre part. Cette Hyper-aride 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.

II.2 Hydrologie :

Introduction :

La cuvette d'Ouargla est située dans le prolongement de l'exutoire naturel du grand bassin versant du Sahara septentrional. Elle est limitée au nord par l'Atlas saharien, au sud par le plateau de Tadmaït, à l'est et à l'ouest respectivement par les ergs oriental et occidental.

L'aire de l'étude est une zone endoréique alimentée au nord par les crues de l'oued N'sa, au sud par l'oued Mya et à l'ouest par infiltration des eaux des oueds Metlili et M'zab.

II.2.1 Chotts et sebkas :

Le milieu naturel est constitué des chotts et des Sebkhas qui sont sur le niveau le plus bas de la cuvette d'Ouargla, jouent le rôle de dépression et de décantation. Le chott est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et de sols gypseux de surface et subsurface, tandis que la présence d'une nappe phréatique permanente. Sur les 99000 hectares que compte la cuvette de Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhas est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentés par les chotts (lieux d'apparition des eaux stagnantes), parmi les plus importants on distingue le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkhet Safioune, les autres sites sont de moins importance comme les Chotts de Saïd Otba et Bour El-Haicha, les sebkhas de N'Goussa et Bamendil.

II.2.1.1 Chott Aïn Beïda :

Le chott d'Aïn Beïda constitue le point bas de la ville de Ouargla, il a pu il y a de nombreuses années constituer l'exutoire des eaux de oued M'ya. Il couvre environ une superficie de 1000 hectares. Actuellement l'alimentation en eau du chott se fait à partir de la nappe phréatique dont le niveau varie en fonction de la saison et des actions de l'homme (drainage de la palmeraie, irrigation) et surtout à partir de la divagation des eaux usées déversées dans le Chott.

II.2.1.2 Chott Oum-Er-Raneb :

Le Chott de Oum-Er-Raneb est une zone humide située dans une cuvette située à environ 7 Km au Nord-est de la Ville d'Ouargla. Il est localisé entre l'agglomération de Sidi-Khouiled (Chef lieu de la commune du même nom) au sud et l'agglomération d'Oum-Er-Raneb au Nord. Le Chott est allongé selon une direction Nord-Sud. Sa superficie varie de 900 à 1400 hectares en fonction du niveau de l'eau. Le Chott est entouré par des formations dunaires au Nord, à l'Est et au Sud. Le Chott de Oum-Er-Raneb est alimenté par les eaux usées de la ville d'Ouargla et les eaux de drainage agricole depuis 1983. C'est un site très pauvre en végétation. Il est alimenté par deux principales canalisations qui collectent les eaux usées depuis une station de pompage située au Nord-Est du Chott de Aïn-Beïda.

II.2.1.3 Sebket Safioune :

La sebkha Safioune constitue le point le plus bas de la cuvette d'Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue l'exutoire naturel des crues des oueds N'sa et M'zab. La Sebkhha est limitée en bordure Est et Nord-est par une zone à topographie un peu plus élevée occupée par une végétation clairsemée de tamaris, et de salicorne. Ces deux espèces sont inféodées aux milieux salés voire très salés. A l'Ouest et au Sud, la sebkha est bordée par des dunes de sable. Les contraintes du milieu sont telles que toute végétation et vie animale est quasi inexistante.

II.2.1.4 Sebkhath Bamendil :

Sebkhath Bamendil, cette dernière située à quelques kilomètres au Nord-ouest du centre de la ville d'Ouargla, est considérée comme une bande allongée géographique et s'étale sur une superficie de 1838 ha environ. L'altitude varie entre 131,5 m et 130,8 m dans une région marquée par un climat aride. La Sebkhha de Bamendil est caractérisée par la présence d'une nappe phréatique de faible profondeur, les eaux de cette nappe soumises à une forte évaporation ont tendance à se concentrer et les sols à se saler. La sebkha est limitée au Nord par un terrain vierge, au sud par l'agglomération et les Oasis de Ouargla ; à l'est par les Oasis et les Chotts d'Oum-Er-Raneb et de Aïn Beïda et à l'ouest par les oasis et l'agglomération de Bamendil.

Ils sont sur le niveau le plus bas de la cuvette d'Ouargla, jouent le rôle de dépression et de décantation. Le chott est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et de sols gypseux de surface et subsurface, tandis que la présence d'une nappe phréatique permanente.

II.2.2 Réseau hydrographique :

Les grands réseaux hydrographique de la région d'étude sont oued M'Zab et oued N'sa qui draine leurs eaux vers la cuvette de Ouargla et par conséquent pose des problèmes de la remonté des eaux superficielles.

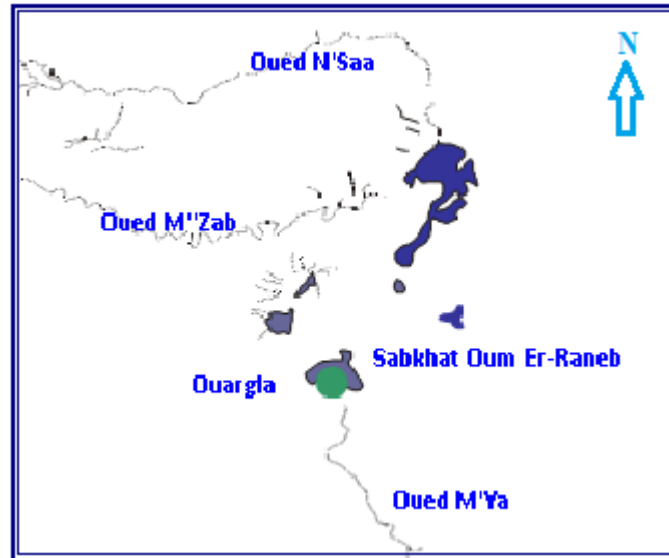


Fig. II.2.2 Esquisse du réseau hydrographique de la cuvette de Ouargla. [9]

II.2.2.1 Oued N'sa :

Il prend naissance à la région de Tilrempt (Hassi R'mel) vers 750m d'altitude et coule sur environ 240Km en direction Ouest et puis Sud-est pour aboutir à la Sebket Safioune à la côte 110m au nord de Ouargla.

II.2.2.2 Oued M'Zab :

Il passe par la ville de Ghardaïa, est ainsi constitué par la confluence de trois importants Oueds, à savoir ; El-Abiod, Ladire et Aregudane à quelques centaines de mètres de ceux-ci et ce, à l'amont, et Noumérat à une dizaine de Km en aval de Ghardaïa, il prend naissance à la région de Botma Touila (côte 750m), il coule sensiblement d'Ouest en Est sur 225Km environ, et il se termine à Sebkat Safioune (côte 110m).

II.2.2.3 Oued M'ya :

Les travaux des archéologues confirment que la dépression d'Oued M'ya 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 antérieur, vrais semblablement le dernier grand pluvial contemporain de la glaciation de Würm.

Chapitre III

Géologie

III.1 Géologie régionale :

Introduction :

La région a connue au cours de son histoire géologique de longues phases de sédimentation alternativement marines et continentales les dépôts résultants, ont été d'autant plus importants qu'un immense bassin est apparu très tôt en cette partie du Sahara, et qu'il a été presque constamment affecté ensuite, par des mouvements de subsidence.

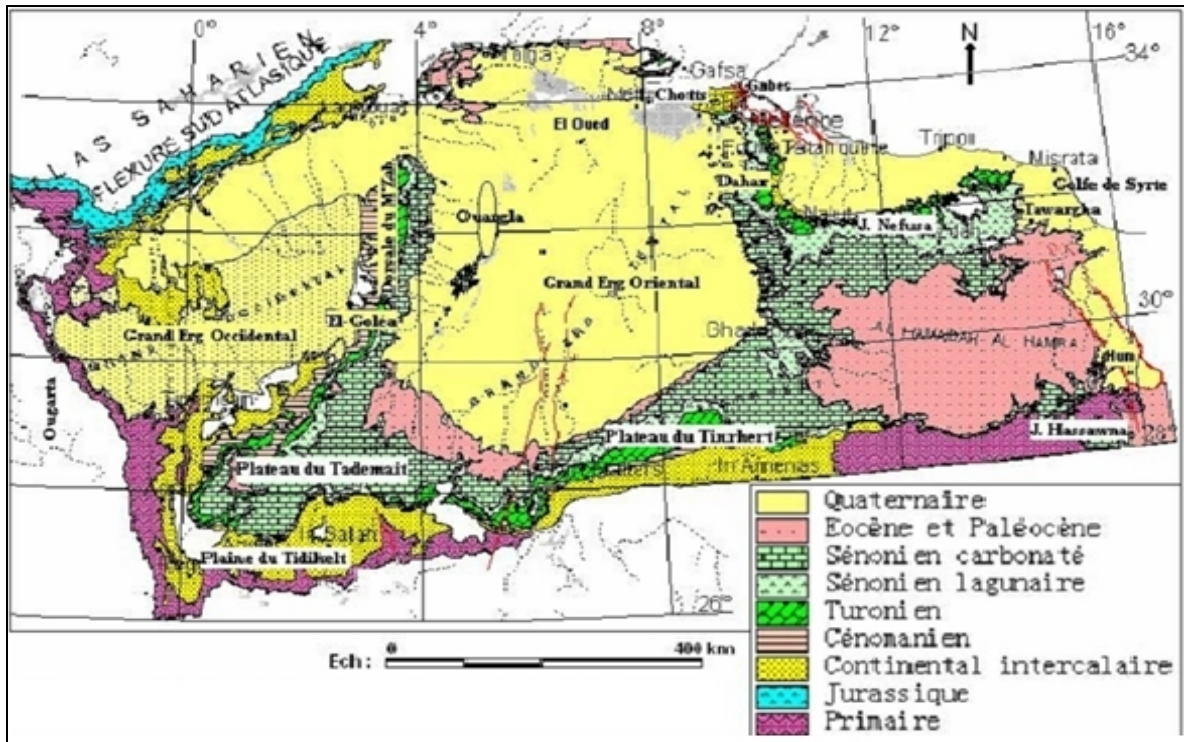


Fig. III.1 : Carte géologique régionale d'Ouargla (OSS 2003). [1]

III.1.1 La sédimentation continentale post-hercynienne :

Bordure septentrionale du socle africain. Depuis cette région, se produisent à plusieurs reprises des transgressions marines, par exemple au jurassique et au crétacé inférieur. Ces dernières sont courtes, et l'essentiel des sédiments accumulés à cette époque sont des sables éoliens et fluviatiles et argiles continentales. L'ensemble de ces dépôts dont les sables ont été transformés en grés poreux, est appelé (continental intercalaire) parce qu'il apparaît dans l'échelle stratigraphique entre les formations marines primaires et les formations résultant d'une transgression marine d'époque cénomaniens.

III.1.2 La sédimentation la guno-marine du crétacé supérieur et de l'éocène :

Sur les alluvions uniformément épandues du continental intercalaires apparaît, au vraconien, un régime de lacs et de lagunes ; dû à l'amaigrissement des écoulements du continental intercalaire, il engendre des dépôts alternés d'argile, de dolomie, d'argiles sableuses, de grès à ciment calcaire. Durant le cénomanien inférieur, une mer peu profonde s'avance vers le sud, jusqu'aux Tassili, mais elle connaît plusieurs phases de régression. ses dépôts se composent ainsi d'une alternance d'argile et d'anhydrite. Le cénomanien supérieur est plus franchement marin avec des dépôts de dolomie et de calcaire dolomitique disposés en bancs de quelques mètres d'épaisseur entre lesquels apparaissent encore de l'anhydrite et de l'argile gypsifère. Faciès et épaisseur des dépôts varient vers le nord-est : les carbonates deviennent plus importants et la puissance des bancs s'accroît ; ils indiquent l'origine vraisemblable de la transgression cénomanienne. Le Turonien voit s'établir un régime marin franc responsable du dépôt de calcaires et de dolomies sur l'ensemble du Sahara algérien. Le banc carbonaté homogène sur toute son étendue présente une grande épaisseur pouvant atteindre, plus de 100 mètres. Cependant, des variations de faciès peuvent être observées. Légèrement lagunaire au sud (présence de marne verte à anhydrite dans les régions du Tademaït et du Tingher) le turonien devient plus franchement marin au centre (présence exclusive de calcaire et de dolomies) et au Nord (prédominance des marnes). ce changement de faciès s'accompagne d'un épaississement des sédiments qui montrent que le rebord de la plate-forme est toujours affecté de mouvements de subsidence.

III.1.3 L'orogénèse et ses conséquences :

Un événement capital intervient alors ; la région septentrionale occupée jusque-là par la fosse de Bérubérie, voit se former les chaînes atlasiques par surrection de sédiments subissant des poussées venant du Nord. Ploiement brutal entraîne à l'extrémité du socle africain un accident longitudinal dont l'emplacement était déjà indiqué par la zone de subsidence septentrionale du Bas-Sahara. Ce dernier est désormais fermé au nord par la puissante barrière de l'Atlas saharien (monts des Oulad Nail, massif de l'Aurès et monts des Nememcha) et sa position, jusqu'alors en relief par rapport à la fosse de berbère, est devenue une position déprimée.

Le contrecoup de l'orogénèse atlasique sur le socle saharien est à l'origine de l'apparition de déformations à grand rayon de courbure. les calcaires crétacés du Mزاب sont transformés en dorsal, ceux du Tademaït en cuvette. Au sud, l'Axe Amgu de-El Bied s'effondre pour faire place à un axe synclinal méridien qui se poursuit jusqu'à Laurès. Des axes secondaires

apparaissent çà et là: citons la ride anticlinale, NW SE, Messad, Touggourt et au sud, une ride parallèle passant au Nord de Guerrara et semblant se prolonger vers l'Est par la rida Hassi Messaoud-forntière Tunisienne, la ride anticlinale, EW, de Tozeur prolongée vers l'Ouest par plusieurs branches, la ride de sidi Rached et celle de sidi Khelil dans l'Oued Righ, l'ondulation de Stil au Nord-ouest du chott mérouane. Ainsi, le choc de la surrection atlasique semble avoir fait naître des ondes concentriques sur la couverture sédimentaire du socle saharien autour de la fosse créée au pied de l'Aurès.

III.1.4 La mise en place du tertiaire continental :

Les hautes montagnes de l'Atlas subissent, à partir du miocène surtout, une érosion intense qui permet la construction d'un vaste glacis de piémont composé de sables et d'argiles rouges reposant, en discordance, sur des terrains variés allant du primaire à l'Oust à l'Eocène à l'Est. Ces terrains fluviolacustres recouvrent d'immenses étendues de part et d'autre de la dorsale mozabite émergée et s'étalent très loin vers le Sud où ils forment aujourd'hui le substratum des grands ergs. Leur épaisseur varie de quelques mètres à plus de 2000 m dans la fosse sud-aurasienne toujours affectée par la subsidence. Grâce à la présence, dans l'Aurès, de miocène inférieur marin daté par des fossiles, on peut attribuer aux formations continentales supérieures un âge pontien. Par analogie de faciès on peut, vers le Sud, reconnaître le Pontien, lorsque le Miocène marin est absent. Dans la région d'El Oued, des foraminifères remaniés d'âge Miocène inférieur ont été découverts lors de forages récents. Amenés depuis l'Aurès par les eaux courantes, ils témoignent l'âge Pontien des alluvions qui les contiennent. Ailleurs, les formations continentales, seules représentées, correspondent, au moins en partie, au Pontien du Souf et des Ziban. Le reste des l'Oligocène; le Sahara alors entièrement émergé ne pouvait fournir de sédiments continentaux bien différents de ceux étalés plus tard, d'où une grande difficulté à les distinguer. Quel que soit l'âge exact de ces formations du tertiaire continental, il importe de savoir quelle est leur nature car leurs possibilités aquifères en dépendent essentiellement.

Malgré de grandes difficultés de différenciation de strates homogènes alternativement sableuses et argileuses dans un épais empilement de formations lenticulaires et d'extension limitée, quatre niveaux peuvent être distingués dans le tertiaire continental du Bas-Sahara. A la base, un dépôt argileux peu épais recouvre, dans la partie centrale de la cuvette, suivant une bande Nord-Sud, les formations du Sénonien et de l'Eocène carbonatés et de l'Eocène évaporitique. Il est recouvert par un dépôt grésosableux relativement constant étendu à tout le Sahara oriental et dont l'épaisseur peut atteindre 400 mètres. Chargé de gravier à la base, il devient peu à peu

argileux vers le sommet, à proximité du niveau supérieur. Ce dernier est formé d'argile et de sables à limites mal définies et il n'existe pas partout. Dans la région des chotts au Nord, il devient plus épais et plus constant. A sa partie supérieure, un deuxième niveau sableux apparaît. Lorsque le niveau trois est absent, il repose directement sur le niveau deux et s'en distingue très mal. Son extension est limitée à quelques régions du Bas-Sahara, dont la partie Nord, où son épaisseur s'accroît jusqu'à 400 mètres au pied de l'Aurès.

III.1.5 Les coupes stratigraphiques du bas Sahara :

➤ L'échelle stratigraphique de base

En vue de procéder aux corrélations géologiques, il a été nécessaire de définir au préalable la succession des formations stratigraphiques (et lithologiques) présentes dans la région. L'analyse des données de forages a permis de répertorier une vingtaine d'étages stratigraphiques traversés. Certains ont été regroupés pour permettre une corrélation plus aisée des formations géologiques dans le bassin. C'est ainsi que les formations du crétacé inférieur datées du berriasien à l'albien ont été regroupées sous le terme (continental intercalaire). Le terme (continental terminal) désigne les formations datées du Sénonien au Mio-pliocène. Les séries datées du lias au Mal mont ont été regroupées sous le jurassique. Les étages datés du primaire et les formations du socle sont regroupés sous le nom de paléozoïque. Les données brutes des coupes de forages ont été réorganisées selon cette échelle qui se présente de haut en bas comme suit : Quaternaire, Continental terminal, Turonien, Cénomaniens, Continental Intercalaire, jurassique, Trias, et paléozoïque

➤ Les classes lithologiques et les faciès

Les données lithologiques ont elles aussi été soumises à un traitement qui a consisté à simplifier les descriptions des faciès géologiques. Les descriptions détaillées de faciès sur les logs de forages ont été regroupées en huit classes répertoriées sur le tableau ci-dessous.

III.2 Cadre géologique local :

Introduction :

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

III.2.1 Litho stratigraphie :

- 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 d'Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, gris, verte, brunes ou blanches et de dolomies cristallines. Son épaisseur est variable généralement < 50m.
- 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-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

I. Le Mio-Pliocène: 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 surtout 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 (<10 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** : A 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 Sebkhass sont caractérisées par une salure extrêmement élevée, ces croûtes salines reposent sur des matériaux limono-sableux. Les dunes sont du sable éolien d'origine gréseux

provenant de la Hamada Mio-Pliocène. Elles existent dans les talwegs, sur les bordures des Sebkhass et sur les versants rocheux.

III.3 Paléogéographie :

La vallée de l'Oued Mya s'inscrit dans une vaste cuvette sédimentaire occupant, dès le Secondaire, l'emplacement de l'actuel Sahara nord-oriental. En effet, des mouvements verticaux d'ensemble ont affecté le socle précambrien et primaire et provoqué notamment "l'effondrement progressif de sa partie centrale, suivant un axe passant sensiblement par la tronçon supérieur de la vallée de l'O. Mya ". La base est formée de dépôts marins du Primaire et le toit d'argiles marines du Cénomane. En effet, au Crétacé supérieur, la mer a envahi le Nord du Sahara dont le lent affaissement se poursuivait. Les dépôts du Sémonien supérieur, constitués à Ouargla par des calcaires et des marnes, atteignent une épaisseur de 200 m. Cette puissante série avait été d'abord attribuée au Turonien car on estimait à l'époque que la région de Ouargla, exhaussée à l'Oligocène post-lutécien, avait subi une érosion active faisant disparaître la couche des calcaires éocènes et que le Sémonien se réduisait à des bancs de calcaires épais de 160 à 200 m recouverts en discordance par les dépôts continentaux du Pontien. C'est à cette même époque que le mouvement de subsidence continu depuis le début de Secondaire, marque un arrêt qui permet le comblement définitif de la cuvette, c'est-à-dire : sur les calcaires et les marnes du Sémonien supérieur ou de l'Eocène moyen, s'est déposée une formation continentale formée principalement de sables qui se sont "déposés et consolidés sous climat semi-aride chaud au Pontien ou au Pliocène inférieur". Que ce soit par érosion fluviale ou par déflation éolienne, les couches supérieures de la série tertiaire ont disparu du fossé et le remblaiement quaternaire de sables éoliens vient reposer en discordance et irrégulièrement dans la cuvette sur les séries moyennes du Continental Terminal.

Conclusion :

On peut décrire les formations litho-stratigraphiques qui caractérisent la région d'Ouargla, il s'agit des formations du :

- Secondaire, avec les formations allant de l'Aptien jusqu'au Sémonien.
- Tertiaire, allant de l'Eocène inférieur jusqu'au Mio-Pliocène. Avec le Sémonien carbonaté, elles constituent les formations du Complexe Terminal.
- Et enfin du Quaternaire qui est constitué de matériaux détritiques et de sables éoliens.

Chapitre IV

Identification de réseau
aquifère

Introduction :

Hydrogéologie, partie de la géologie qui s'occupe de la circulation des eaux dans le sous-sol (recherche des nappes, évaluation des réservoirs, captages et débits possibles, c'est la science qui traite de l'eau souterraine.

Donc sur ce chapitre on va parler des nappes et/ou aquifères existantes dans la région d'étude, qui sont les suivantes : Continentale Intercalaire (CI), Complexe Terminal (CT), et la nappe superficielle (nappe phréatique).

IV. Hydrogéologie de la région :

Notre région d'étude fait partie du Bas Sahara qui renferme deux grands ensemble aquifères :

- Les formations sablo-gréseuses du Continentale Intercalaire.
- Les accumulations sableuses fluvio-lacustres du Tertiaire continentale.

Dans la région où affleure la formation, des eaux circulent dans les calcaires, en direction des parties basses de la cuvette, sous le toit imperméable des argiles de Sénonien inférieur qui peut atteindre une épaisseur de 300 mètre.

Dans les oasis d'Ouargla, il y a des nappes souterraines captives et phréatiques. Donc on peut dire que le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrionale contient trois principaux aquifères :

- A la base, se situe la nappe du continental intercalaire qui est classée comme l'un des plus grand réservoirs captifs du monde (CI).
- Au milieu, se localise la nappe du complexe terminale (CT).
- Au sommet, s'installent la nappe phréatique (non exploitée).

Les deux nappes, CI et CT, sont actuellement les deux principales ressources hydriques disponibles dans la région d'Ouargla, mais la nappe phréatique (nappe superficielle) peut être considérée actuellement comme ressource hydrique à forte salinité non exploitable.

IV.1 Nappe du continentale intercalaire (CI) :

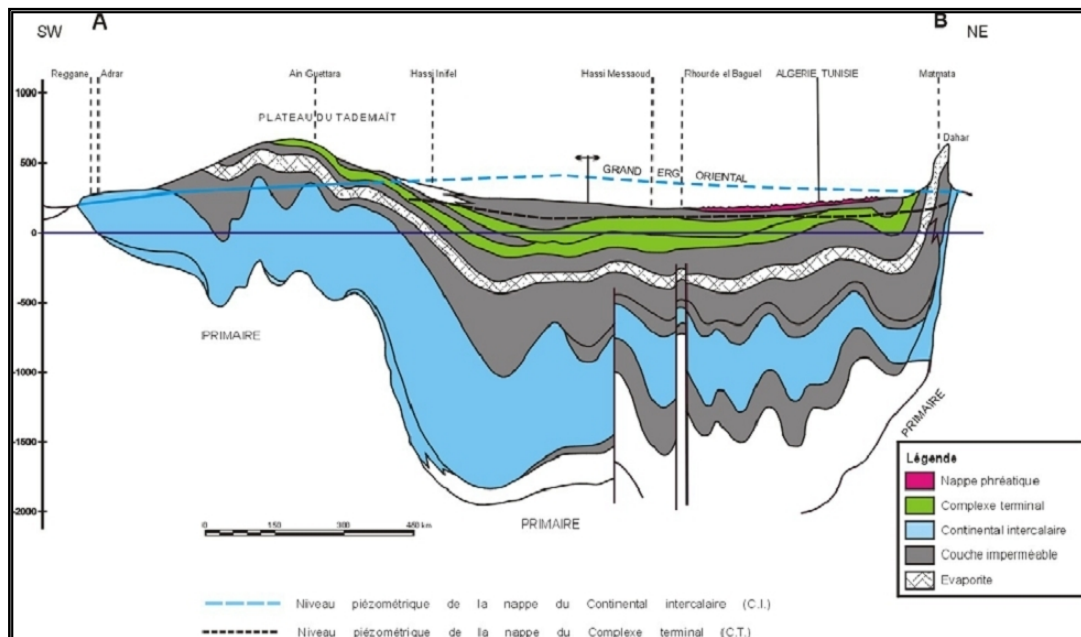


Fig. IV.1 Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO 1972). [1]

La formation du "CI" est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000m et dont la puissance varie entre 200 m et 400 m, le réservoir s'étend sur une superficie environ 600 000Km², à Ouargla, il est exploité entre 1350 m de profondeur.

IV.1.1 La géométrie de CI :

L'épaisseur utile totale de ce réservoir (épaisseur des dépôts perméables à eau douce) dépasse 250 m dans la plus grande partie du système étudié. Elle atteint 1000m au Nord-Ouest (Ouest de Ghardaïa) et au centre (Ouest de la dorsale primaire d'Amguid). Elle tombe à une centaine de mètres au Nord, dans le secteur du Chott EL Gharsa, localement sous le Grand Erg Oriental (Ouest d'El Borma), et en Libye sous J. Nefusa.

La nappe du "CI" est libre dans les zones d'affleurement, captive non jaillissante sous le Grand Erg Occidental, le M'Zab, le Tademaït, le Grand Sud Tunisien et la Hamada El Hamra; fortement artésienne jaillissante (avec des températures élevées) surtout le domaine Oued Rhir, Souf, Djérid, Grand Erg Oriental et Chott Fedjaj.

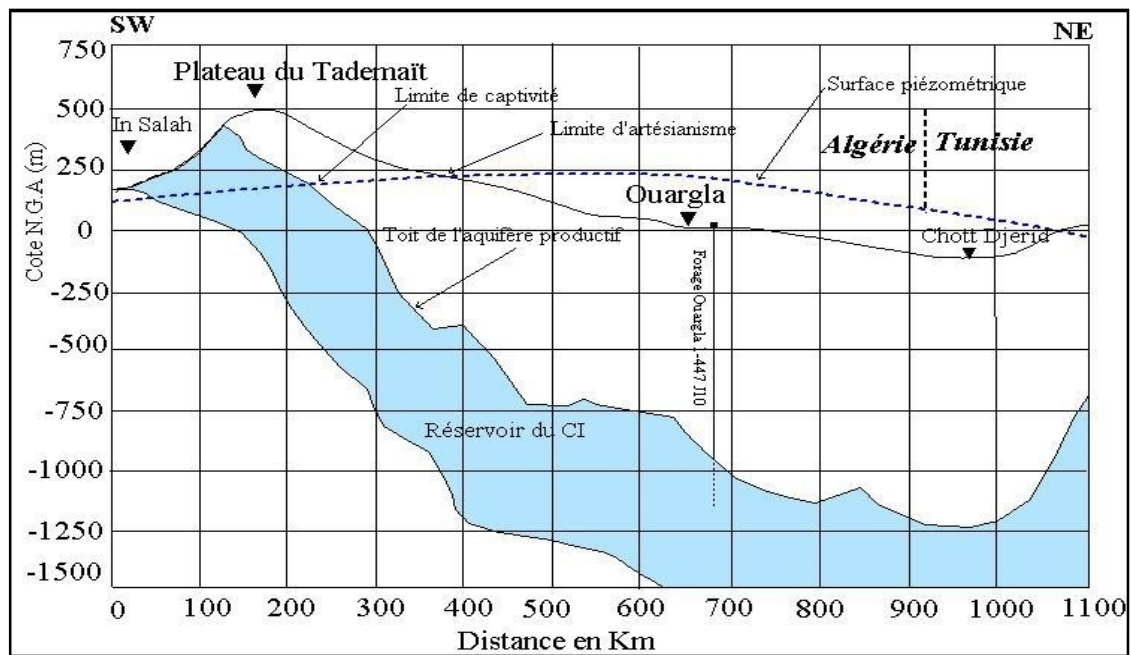


Fig. IV.1.1 Coupe hydrogéologique transversale du CI, (UNESCO, 1972). [1]

IV.1.2 Exploitation du CI :

L'exploitation du "CI" s'est d'abord effectuée, depuis de longs siècles, par le système traditionnel des foggaras, introduit sur les rebords occidentaux et méridionaux du Tademaït dès le vingtième siècle. Leur débit total, connu au travers des campagnes de mesures effectuées en 1932, 1950 et 1960, est resté invariable jusqu'aux années 1970, il est de l'ordre de $3,6\text{m}^3/\text{s}$.

Les premiers forages artésien ont été d'autre part réalisés vers la fin du dernier siècle (El Golea et Aïn Salah), mais leur débit est resté faible ($250\text{-}300\text{l/s}$) jusqu'aux années 1950. La réalisation des premiers grands forages (Zelfana, Guerrara, Ouargla et Oued Rhir) a ensuite rapidement porté le débit exploité à $3\text{ m}^3/\text{s}$ (1970).

Actuellement, le débit total exploité (Algérie et Tunisie) au travers de quelques 1200 forages, atteint $19\text{m}^3/\text{s}$, soit $600\text{ hm}^3/\text{an}$.

L'artésianisme a régressé dans les régions fortement exploitées (10 à 50 m de baisse entre 1950 et l'actuel, peut être jusqu'à 100 m à Touggourt) mais reste important dans tout le secteur central du bassin, où il dépasse 150 m, et atteint encore 200 m localement.

La simulation Zéro du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), basée sur la poursuite des prélèvements actuels, sans aucune augmentation, indique que les rabattements augmenteront d'une cinquantaine de mètres en 2050 à Ouargla par rapport à l'état en 2000. Ces rabattements supplémentaires produiront une diminution des débits artésien de l'ordre de 25 % sur les forages existants.

L'hypothèse faible d'augmentation des prélèvements, c'est-à-dire : "Répartition allégeant l'augmentation des prélèvements dans les zones sensibles et les reportant sur des zones moins sensibles provoquerait des rabattements très importants, faisant disparaître l'artésianisme de tout le Bas Sahara et les profondeurs de pompage y seraient de l'ordre de 100 m en 2050.

D'après ces simulations et pour éviter un tel scénario catastrophique, le développement des prélèvements devrait s'effectuer hors du bassin artésien, dans les zones de nappe libre encore peu exploitées et peu connues, notamment le Grand Erg Occidental. Des champs captant de l'ordre du $1\text{m}^3/\text{s}$ pourraient y être développés.

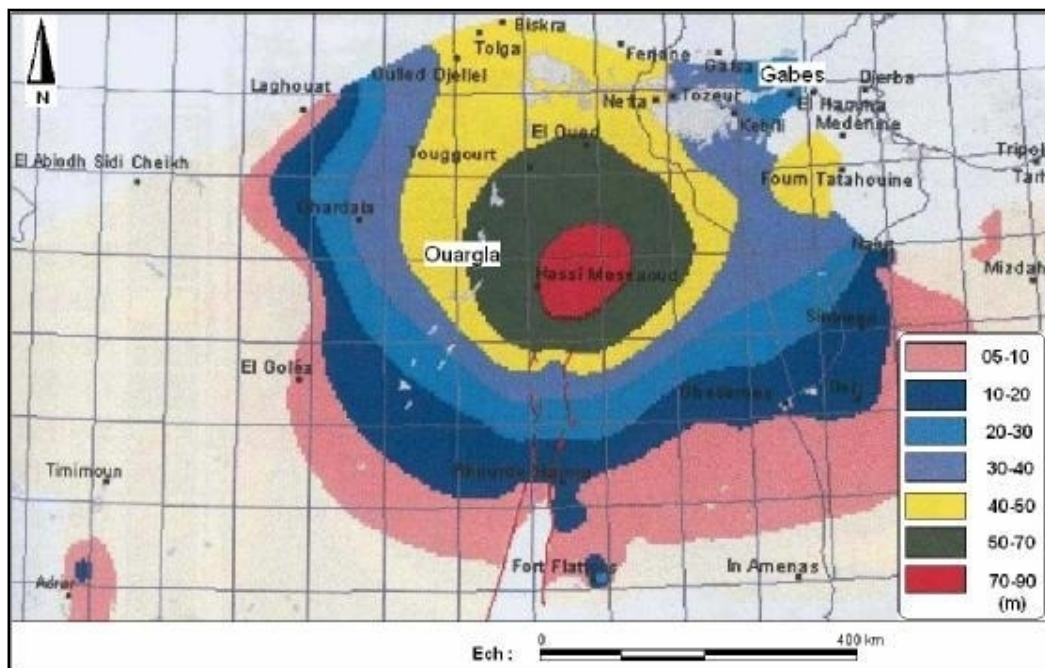


Fig. IV.1.2 Rabattements 2000-2050 au "CI"(SASS, 2003). [1]

IV.1.3 Alimentation :

La carte piézométrique établie lors de l'étude « ERESS » en 1972, montre que cette 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 rapports d'eau au système s'effectuent ;

- Par infiltration des eaux de ruissellement des reliefs à la périphérie du domaine et de précipitation sur les affleurements.
- Aux piémonts de l'Atlas Saharien et du Tinrhert.
- Par transfert de l'aquifère à nappe libre du grand Erg Oriental.

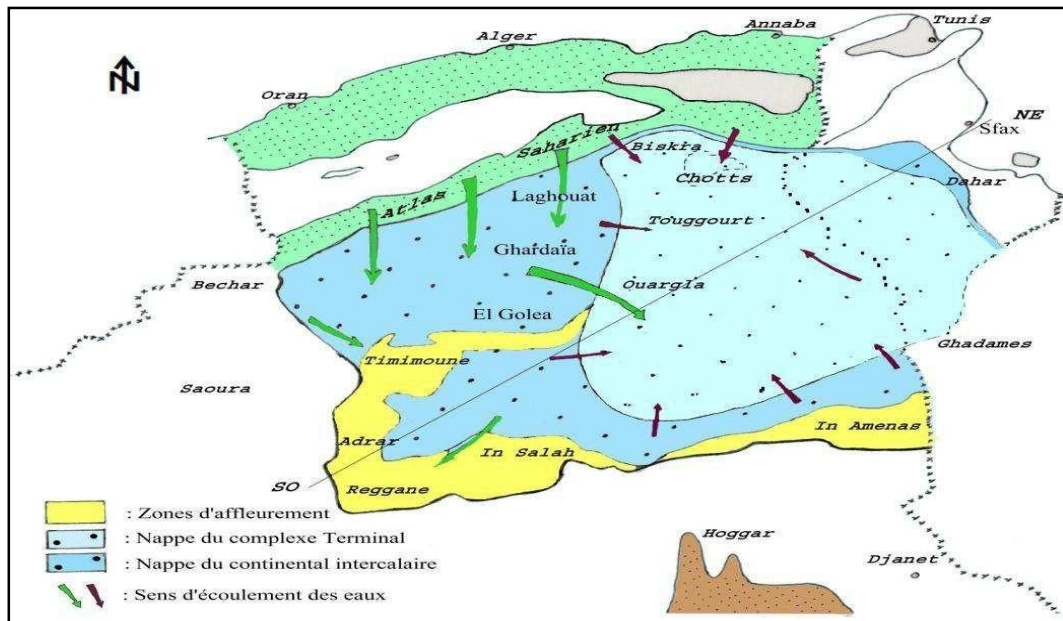


Fig. IV.1.3 Carte hydrogéologique de système aquifère de CI et CT (UNESCO, 1972). [1]

IV.1.4 Volume d'eau soutirée de la nappe CI :

Communes	Forage Exploités	Fog. à l'Arrêt	Forage AEP	Forage IRR	Forage IND	V _{AEP} (Hm ³ /an)	V _{IRR} (Hm ³ /an)	V _{IND} (Hm ³ /an)	Nbr Total	Volume Total (Hm ³ /an)
OUARGLA	03	00	00	00	03	00	00	1.14	03	1.14
S.KHOULED	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
ROUISSAT	12	01	00	03	09	00	6.69	10.11	13	16.80
N'GOUCA	01	01	00	01	00	00	3.73	00	02	3.73
H.B ABDALAH	11	01	00	11	00	00	94.83	00	12	94.83
AIN BEIDA	01	01	00	01	00	00	0.17	00	02	0.17
Total Cuvette	28	04	00	16	12	00	105.42	11.25	32	116.67

*Source ANRH 2014

Conclusion :

La formation du "CI" est représentée par des dépôts de nature sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m, à Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur.

Le volume d'eau soutirée de la nappe CI est de l'ordre de 116,67 hm³/an. Des ruissellements en bordure de plateaux peuvent également participer à l'alimentation de la nappe sur les bords de Tademaït et de Tinrhert, de même que l'infiltration des pluies sur le Grand Erg Occidental.

IV.2 Nappe du complexe terminal (CT) :

Le système aquifère du complexe terminal couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km², sa profondeur varie entre 100 à 600 m. Le terme "nappe du complexe terminal" regroupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes.

Cette nappe de CT est composé de trois nappes aquifères de bas en haute, nous avons la nappe du Turonien, la nappe du Sénonien et la nappe du Mio-Pliocène.

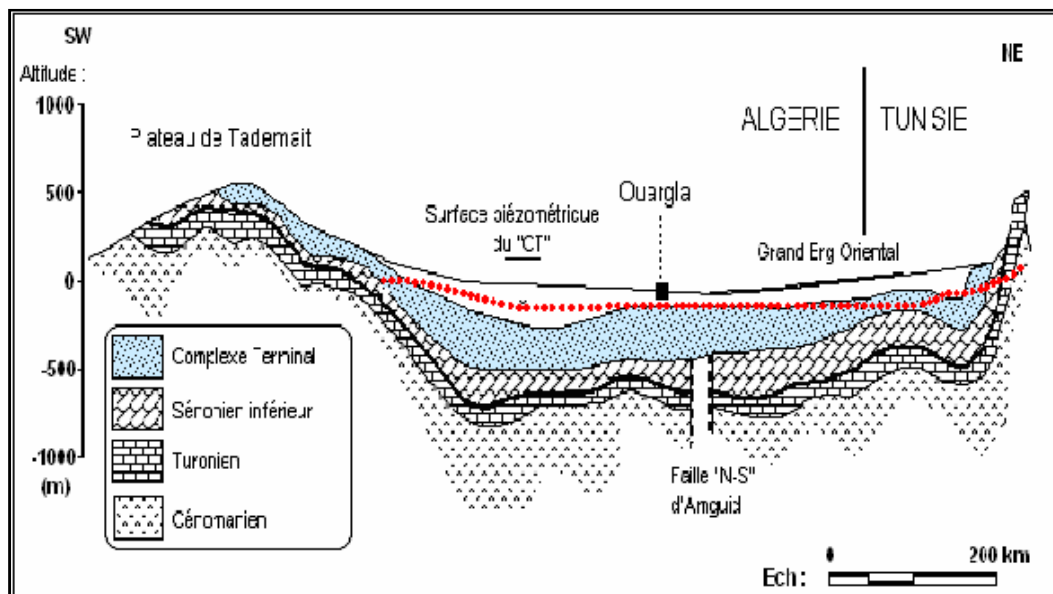


Fig. IV.2 Coupe hydrogéologique transversale du "CT"(UNESCO, 1972). [1]

IV.2.1 Nappe du Turonien :

Elle se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne", il est de l'ordre 73 m. il s'agit d'une série essentiellement calcaire ; calcaire poreux blanc, calcaire fin légèrement dolomitique.

IV.2.2 Nappe du Sénonien et Eocène :

Le Sénono-Eocène est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 à 200 m et une profondeur comprise entre 450 à 500 m. Il s'agit des calcaires dolomitiques cristallins ou microcristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux. La température de ses eaux est de 30°C à la surface.

IV.2.3 Nappe du Mio-Pliocène :

C'est un puissant ensemble composé de sables et d'argile et qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sahara et l'Eocène, d'une profondeur allant de 70 à 140 m,

constituée de sable fins à grossiers à graveleux, avec des intercalations de calcaire blanc, tendre et marne sableuses d'argiles sableuses rosées et passées de grés et de gypse. La température de ses eaux est de l'ordre 23 à 25°C.

Elle s'écoule du Sud-ouest vers le Nord-est en direction de chott Melghir. La salinité de cette dernier varie de 1,8 à 4,6 g/l.

IV.2.4 Exploitation du "CT" :

L'exploitation de Nappe du Mio-Pliocène est extrêmement ancienne. Le débit exploité était de l'ordre de 8m³/s en 1900 dans Oued Rhir, la cuvette de Ouargla, les sources du Djérid et Aïn Tawargha (Lybie). Ce débit n'a pas cessé de croître, pour atteindre 44,5m³/s, soit 1400 hm³/an en 2000. Par contre, la diminution de la fraction artésienne du débit exploité est spectaculaire, de 100% en 1900, elle est tombée à 58% en 1970 et à près de 3% en 2005.

Ces baisses sont pour conséquence que de nouvelles ressources devront être substituées à celles actuellement exploitées et que pour le moins le niveau des pompes devra être abaissé dans les forages, lorsque ce la sera possible, si non de nouveaux forages plus profonds devront être réalisés. Les hauteurs de refoulement et les coûts de production vont augmenter autant pour l'AEP que pour l'irrigation.

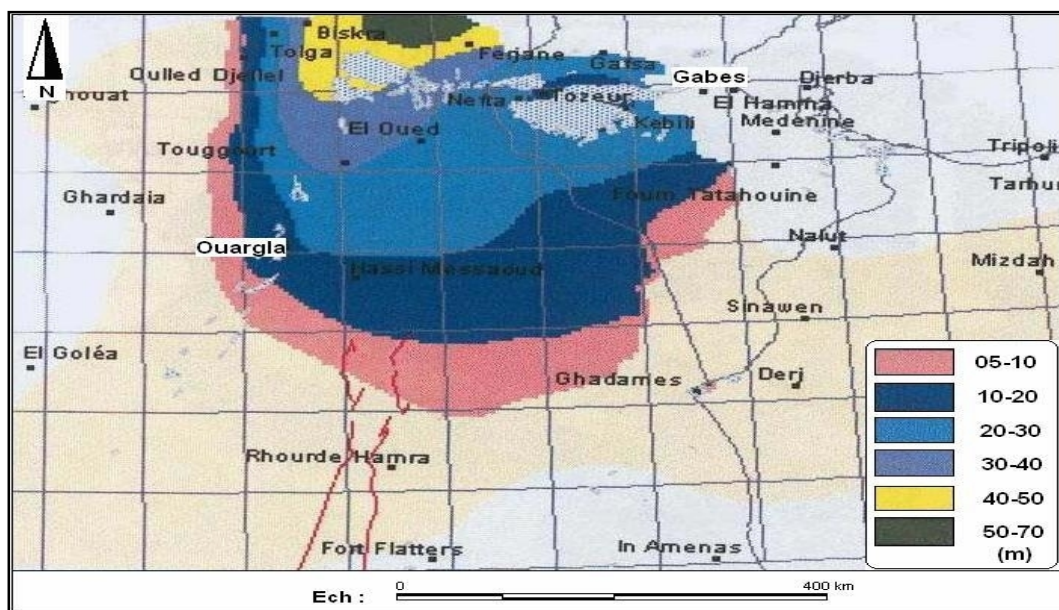


Fig. IV.2.4 Rabattements 2000-2050 au "CT" (SASS, 2003). [1]

IV.2.5 Volume d'eau soutirée de la nappe CT:

Communes	Forage Exploités	Fog. à l'Arrêt	Forage AEP	Forage IRR	Forage IND	V _{AEP} (Hm ³ /an)	V _{IRR} (Hm ³ /an)	V _{IND} (Hm ³ /an)	Nbr Total	Volume Total (Hm ³ /an)
OUARGLA	110	21	24	77	10	11,68	12,23	1,43	131	25,33
S.KHOULED	32	06	04	28	00	0,86	4,30	00	38	5,16
ROUISSAT	75	30	05	47	23	1,74	15,70	10,85	105	1,74
N'GOUCA	48	24	07	41	00	1,34	11,47	00	72	12,81
H.B ABDALAH	75	64	02	63	10	0,51	113,46	0,19	139	114,15
AIN BEIDA	75	49	01	76	08	0,31	13,11	0,53	138	13,95
Total Cuvette	425	194	43	332	50	16,43	170,28	12,99	623	199,69

*Source ANRH 2014

Conclusion :

Les formations du "CT" sont très hétérogènes, elles englobent localement les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. La profondeur est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

Le volume d'eau soutirée de la nappe CT est de l'ordre de 199,69 hm³/an. Le niveau piézométrique est en baisse générale, cette baisse deviendra catastrophique dans une trentaine d'années dans les zones les plus exploitées où elle pourrait dépasser 200 m.

IV.3 La Nappe phréatique (superficielle) :**Introduction :**

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, en provenance des aquifères plus profondes ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces dernières.

Ces ressources superficielles sont importantes dans tout le Sahara, elles permettent d'irriguer les petites palmeraies, les jardins légumiers et d'abreuver les troupeaux et leurs propriétaires.

Le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des forages d'exploitation captant les aquifères du CI et du CT destinés aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable a accéléré la remontée des niveaux hydrostatiques de nappes phréatiques. Cette situation d'excès d'eau a perturbé l'écosystème oasien et a engendré des problèmes environnementaux nuisibles notamment pour l'agriculture (salinité des sols, dégradation des palmeraies par asphyxie, inondation des Ghouts,...).

IV.3.1 Généralité sur la nappe phréatique de la région d'Ouargla :

Au niveau de la cuvette d'Ouargla, la nappe superficielle n'est pas exploitée à cause du taux de sel que contiennent ses eaux. Elle est épaisse de 1 à 8 m et repose sur un niveau imperméable étanche, qui occupe tout le fond de la vallée d'Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes.

Les zones dans lesquelles la nappe phréatique est la plus profonde sont situées aux points hauts de la topographie (Sud-ouest d'Ouargla, Sud de Oum Raneb et versant Nord-est de N'Goussa). La nappe est moins profonde dans les zones à proximité des palmeraies irriguées (Ouargla, N'Goussa). Le point où la nappe se trouve le plus près du sol est au Sud de la Sebkhia Safioune à 45 Km, au Nord de la ville d'Ouargla.

Cette nappe a connu une remontée du niveau d'eau ayant provoqué de graves problèmes d'ordre écologique dans les zones urbaines et agricoles. Ce phénomène a engendré des affaissements de terrain et la création d'un milieu anaérobie néfaste pour les cultures et les palmiers.

La salinité des eaux varie d'une zone à l'autre. Elle est de moins 50g/l dans la ville d'Ouargla et ses environs. La concentration en sel augmente dans le sens des écoulements des eaux ou elle peut atteindre plus de 190g/l dans les zones proches des chotts.

La forte salinité est due essentiellement au lessivage des formations gypseuses et argileuses par les eaux de la nappe, tandis que la faible minéralisation est due à la dilution par les eaux d'irrigation provenant des nappes sous-jacentes et à l'absence de niveaux gypseux dans la formation sableuse qui caractérise la nappe phréatique.

Une des causes principales de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la cuvette d'Ouargla est d'ordre morphologique, une topographie très plane conjuguée à un manque d'exutoire naturel. L'alimentation de la nappe provient essentiellement :

- Des rejets d'eaux usées d'origine domestique
- De l'eau excédentaire liée à une irrigation irrationnelle des palmeraies
- Des eaux de ruissellement venant des parties hautes et des apports de crues des trois Oueds dans la cuvette (N'sa, M'Zab et M'ya)

Les effets nuisibles de la remontée des eaux dans la cuvette sont atténués par l'existence des réseaux de drainage par canaux à ciel ouvert dans les palmeraies, ainsi que d'un collecteur d'eaux usées ; l'ensemble de ces eaux de rejet étant évacué par pompage vers la zone d'Oum Raneb située à 8 Km au nord de la ville d'Ouargla.

IV.3.2 Caractéristiques de la nappe phréatique :

C'est un horizon aquifère présent au Sahara et se situe dans les formations alluvionnaires récentes des zones de dépression ou les vallées, avec un sens d'écoulement principalement du Sud vers le Nord, suivant la pente de 1 à 8 m en fonction du lieu et de la saison. Les eaux de cette nappe sont très salées ; elle n'est donc exploitable que dans quelques régions comme Hassi Berahla, Bour El-Haïcha et Ain Moussa.

L'alimentation de la nappe est faite par les pluies, les crues, les eaux de drainages et aussi par les remontés naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profondes.

Des études portant sur les comportements hydrogéologiques de cette nappe phréatique entamées par l'Agence National des Ressources Hydrique, par la direction de l'Hydraulique de la Wilaya et leur limite de concertation ainsi que ses fluctuations saisonnières.

IV.3.3 Alimentation de la nappe :

La nappe est alimenté par :

- Les eaux d'irrigation et de distribution.
- Les eaux en provenance des forages détériorés qui coulent dans la nature.
- Les ruissellements et grandes arrivée des eaux par la dorsale du M'Zab.
- Les précipitations (les eaux de pluies).

IV.3.4 Analyse du phénomène de remontée de la nappe phréatique :

IV.3.4.1 Avant 1956 (date du premier forage à l'Albien) :

Les fluctuations du niveau de la nappe phréatique sont étroitement liées à l'histoire des palmeraies, à l'exploitation des ressources en eau artésienne et aux efforts d'assainissement consentis pour lutter contre les nuisances qui en ont résulté.

Les chroniques rapportent qu'en 1881, les fossés entourant le Ksar sont comblés pour lutter contre le paludisme, ce qui indique qu'à cette époque ils étaient remplis d'eau stagnante et que la nappe phréatique était proche de la surface du sol.

En 1949, le réseau de drainage est rénové, 20 km de drains nouveaux sont réalisés ainsi que 5 grands collecteurs. Ces travaux se poursuivent en 1950 et fin 1951, grâce à 30 km de drainages nouveaux, le niveau de la nappe phréatique a baissé de plus de 1 mètre.

IV.3.4.2 Après 1956 :

En 1956, le forage Albien I au sud-est du Ksara servi à la revivification des palmeraies anciennes et à la création de nouvelles plantations. Parallèlement, l'exploitation de la nappe du Mio-Pliocène est développée, le réseau de drainage étendu et rénové. Les eaux de drainage qui se déversent dans le Chott provoquent une élévation sensible du niveau de l'eau en saison froide. En même temps, le développement de la ville et l'évacuation des eaux urbaines provoquent une augmentation du niveau de la nappe phréatique.

Le problème est d'abaisser le niveau du Chott et celui de la nappe phréatique de façon à mieux drainer les palmeraies tout en permettant la mise en place d'un réseau d'assainissement efficace. On a commencé par installer, en 1956, une éolienne d'exhaure qui permettait d'évacuer l'eau dans la sebkha d'Oum Raneb. Le débit de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ s'est révélé insuffisant et deux groupes motopompes ont été adjoints à l'éolienne portant le débit total à $255 \text{ m}^3/\text{h}$. Ce débit étant toujours insuffisant, d'autres solutions sont envisagées : bassin évaporatoire dans le Chott et les sebkhas, pompage et évacuation vers la sebkha d'Oum Raneb et déjà vers la Sebkhat Safioune.

IV.3.4.3 Etat en 1968 :

Le Bureau d'Hydraulique dessine une carte piézométrique en avril-mai 1968. La surface de la nappe forme un dôme culminant à la cote de 134,5 m sous le quartier Duprez avec une pente régulière en direction des chotts où elle n'atteint plus que la cote 128 m et même 127 m tout au nord comme c'est visualisé sur les figures.

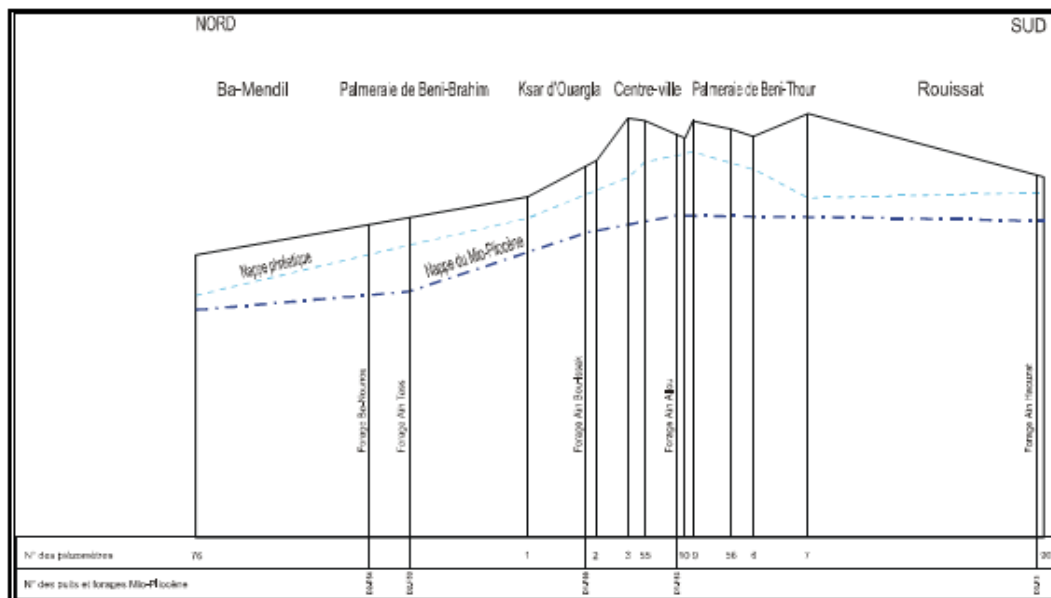


Fig. IV.3.4.3 Coupe hydrogéologique passant par la ville d'Ouargla (en 1968). [12]

La nappe phréatique dessine nettement un dôme sous la ville. Sa cote est plus élevée que celle de la nappe du Mio-Pliocène.

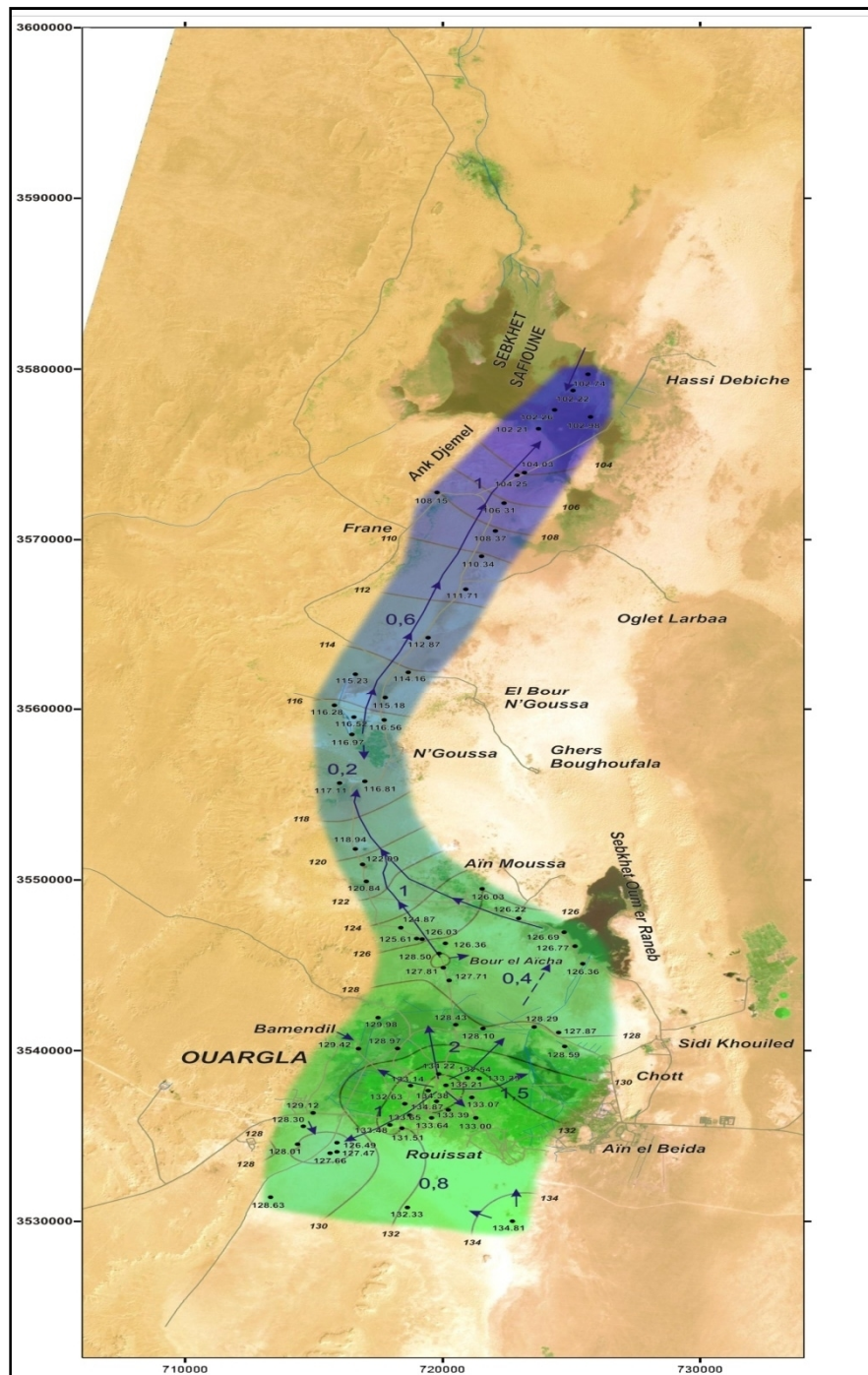


Fig. IV.3.4.3 Carte piézométrique de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla. [10]

Les isopièzes dessinent un dôme centré sous les immeubles récents. Les lignes de courant, perpendiculaires aux isopièzes, indiquent nettement un écoulement radial de puis ce point haut en direction des canaux de drainage ceinturant la ville au Nord et aussi de zones sableuses situées au Sud. On ne peut expliquer cette situation singulière que par une alimentation de la nappe phréatique à partir des on point haut sous les immeubles du quartier Duprez et un drainage par le chott.

IV.4 Travaux et études effectués :

IV.4.1 Etude géophysique ENAGEO : (Résistivités en sondages électriques et conductivités mesurées dans les piézomètres)

Cette étude géophysique a concerné la méthode des résistivités, qui détermine en sondages électriques, la répartition des résistivités des terrains en profondeur. La résistivité étant l'inverse de la conductivité, on obtient, par des déterminations en surface du sol, une mesure de la conductivité du sous-sol.

ENAGEO a effectué entre 1988 et 1992 les profils de sondages électriques (SE) A à V en travers de la vallée comportant au total plus de 120 SE. Le profil A est situé 5 km au nord de Hassi Debiche, le V à 2 km au sud de Rouissat, les profils intermédiaires sont répartis régulièrement sur les 50 km séparant ces deux profils.

IV.4.2 Etude isotopique du CDTN :

Le CDTN (Centre de développement des Techniques Nucléaires) a fait une importante étude isotopique portant sur les eaux du CI du CT, et de la nappe phréatique. Toutes les études confirment que les eaux du CI et du CT sont des eaux anciennes.

Les eaux de la nappe phréatique montrent de grandes variations. Dans le Chott et les sebkhas, elles présentent des caractéristiques évaporées. Dans les autres points, elles présentent un mélange d'eaux profondes, d'une fraction d'eaux évaporées et d'eaux récentes provenant des précipitations.

Cela semble évident, la nappe phréatique recueille les différentes eaux infiltrées : eaux de pluies récentes et toutes les eaux anciennes provenant du C.I. et du CT ; eaux d'irrigation depuis le premier puits artésien de Sedrata il y a mille ans jusqu'à celles des forages actuels ainsi que les eaux d'AEP et d'assainissement par les fuites des réseaux et l'assainissement individuel. Ces eaux s'évaporent et se concentrent dans le Chott et les sebkhas.

IV.4.3 Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique BG 2004 :

La nappe phréatique a été étudiée par BG en quatre campagnes de mesures, en octobre 2001, avril 2002, octobre 2002 et novembre 2003. Une équipe de topographes a nivelé 72 piézomètres opérationnels pour la campagne d'avril 2002. Le niveau piézométrique est ainsi connu avec précision depuis le P 413 dans une plantation de Kréma, 8 km au sud de Ouargla, jusqu'à la Sebkhet Safioune, 40 km au nord.

CONCLUSION

Les nappes phréatiques sont des ressources aléatoires et généralement de mauvaise qualité, elles sont alimentées par les eaux pluviales, de crues et les eaux d'irrigation des forages profonds. La facilité d'exploitation et l'accroissement des prélèvements des nappes sous jacentes dans plusieurs régions du Sahara a excessivement réalimenté les nappes libres, ce déséquilibre a provoqué un affaissement des niveaux piézométriques et a perturbé l'écosystème oasien qui est considéré assez fragile.

Chapitre V

SIG et Outil
Informatique

V Introduction :

Le but de notre travail est de maîtriser l'utilisation d'outils informatique (logiciels) afin d'établir de cartes thématiques qui serviront par la suite à mieux visualiser le problème traiter mais surtout faire la relation entre la théorie et la réalité. A cet effet nous avons jugé utile d'utilisé 2 SIG fréquemment utilisé dans le monde de la cartographie qui sont : Le MapInfo et Le Surfer. Mais avant de traiter chaque logiciel à part il est important de définir tout d'abord la définition ainsi que les composantes d'un SIG.

V.1 Le système d'information géographique (SIG) :

V.1.1 définition d'un SIG :

Le Système d'Information Géographique : est un ensemble organisé de matériels informatiques, des logiciels, des données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées.

V.1.2 Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs : Matériel, Logiciels, Données, Utilisateurs, Méthodes.



- **Matériel** : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.
- **Logiciels** : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

- **Données** : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- **Utilisateurs** : Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.
- **Méthodes** : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

V.1.3 L'utilisations d'un SIG :

Les SIG sont utilisés essentiellement pour :

- L'analyse spatiale.
- La cartographie.
- La gestion de données et de bases de données géographiques.
- L'aide à la décision, notamment pour l'aménagement du territoire.
- Les définitions de zones de chalandise, implantations de points de vente, aides au médiaplanning notamment en affichage, optimisation de la distribution d'ISA (imprimés sans adresses).
- La cartographie réglementaire, destinée à représenter et à rendre opposables les droits à construire sur un terrain particulier.

Parmi les logiciels SIG utilisés pour l'exécution du présent document sont : Le MapInfo et le surfer.

V.2 Le MapInfo :

V.2.1 Définition :

MapInfo est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine bureautique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter cette information et à la cartographier, créé dans les années 1980 aux États-Unis. Le MapInfo est un outil de référence dont les fichiers (jeux de données) MID/MIF sont très utilisés pour construire des cartes, même sur d'autres logiciels.

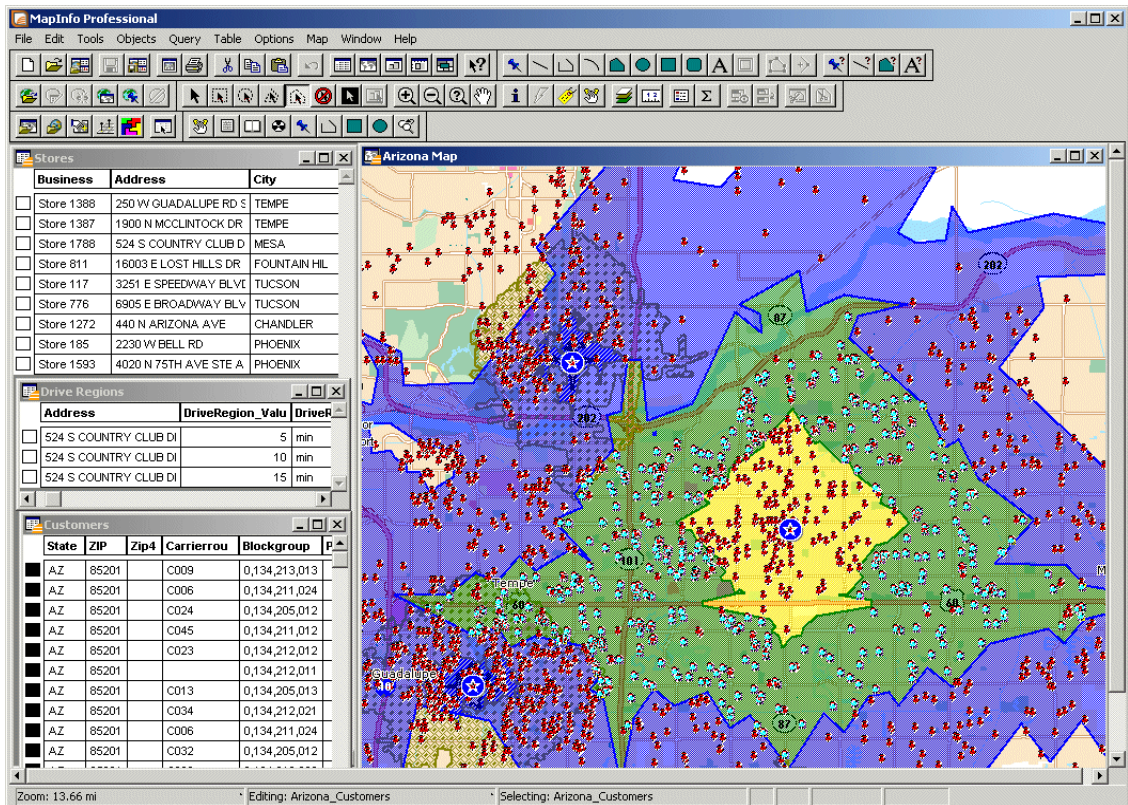


Fig.1 : L'interface de MapInfo

V.2.2 Les fonctions de MapInfo :

C'est un logiciel qui permet de réaliser des cartes en format numérique. MapInfo est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster..., Il incorpore un grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données... Un système de requêtes cartographiques adapté permet la conception des cartes et bases de données cartographiques. MapInfo est ouvert vers le Web et les globes virtuels ; il permet de publier sur le web des cartes réalisées sur un PC, de faire de la cartographie interactive, d'incorporer des informations des globes virtuels.

V.3 Le Surfer :

V.3.1 Définition :

Surfer est un logiciel d'interpolation et de représentation de données en 2 et en 3 dimensions sous forme de cartes. Il génère également différents types de traitements mathématiques des jeux de données.

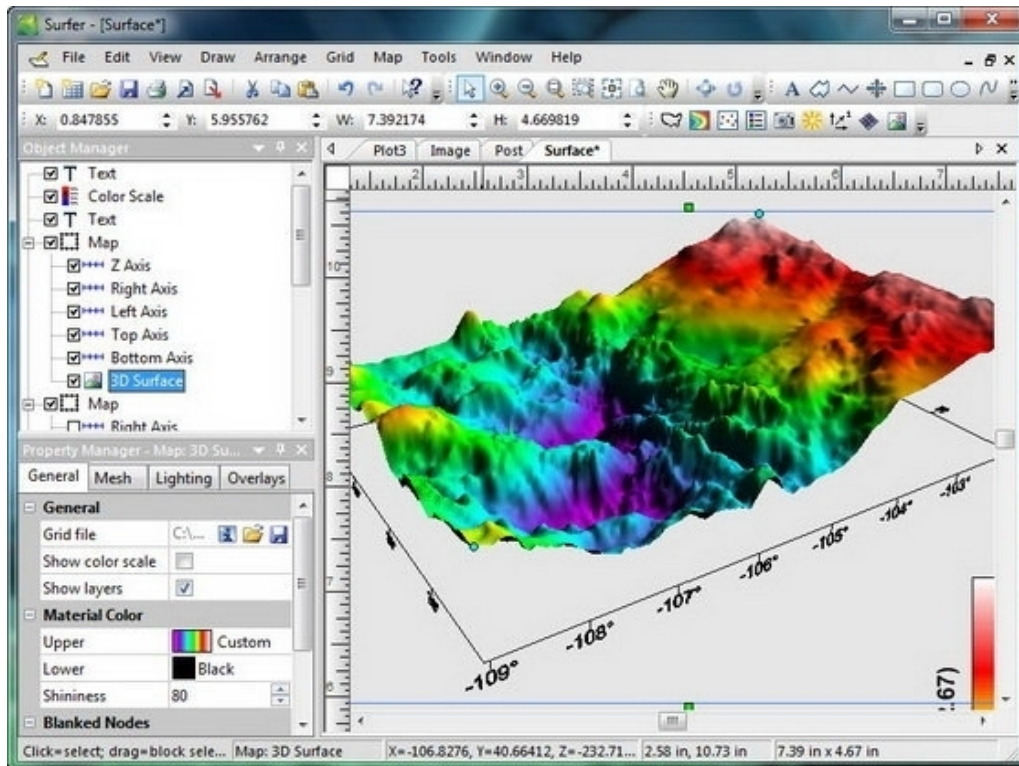


Fig.2 : L'interface de Surfer

V.3.2 Les fonctions de Surfer :

Surfer permet de superposer des données géo référencées de provenances différentes. Cette fonctionnalité permet notamment d'ajouter de façon rapide le réseau hydrographique issu de la base des données cartographiques sur l'un des différents MNT utilisés.

Parmi les traitements mathématiques qu'il est possible d'effectuer sur un jeu de données, les dérivées directionnelles fournissent des informations sur la pente ou sur un changement de pente de la surface interpolée dans une direction donnée. La dérivée est calculée selon une direction donnée ; la pente (ou changement de pente) prise en compte peut alors ne pas être la direction de plus grande pente.

Partie Pratique

Introduction :

La présente partie qui nous paraît la phase la plus importante de notre mémoire, évoquera avec détail la synthèse des résultats obtenus lors des enregistrements des campagnes effectuées notamment en 2003 et 2013.

Dans cette partie, de nombreuses cartes thématiques ont été élaborées, notamment des cartes isobathes, iso hyalines et de pollutions des 02 années de références, bien sûr accompagnées de cartes de synthèses et ce dans le but de visualiser de près l'évolution dans l'espace et dans le temps du phénomène en question (remontée des eaux), et surtout répondre à la question pertinente « Est-ce que la nappe phréatique de la vallée de Ouargla passe par une phase d'atténuation ou le phénomène de remonté persiste toujours ? ». Pour cela la présente partie répondra d'une manière pratique (en se basant sur les cartes et diagrammes élaborés) l'efficacité du projet de transfert des eaux résiduaires vers Sebkhet Sefioune, réalisé il y a quelques années par de nombreuses entreprises étatiques et étrangères.

VI. Etat actuel du réseau de surveillance piézométrique :

D'après la première campagne réalisée par l'ANRH en 1994 (après celle de 69 par un Bureau d'hydraulique), il n'y avait que 28 piézomètres opérationnels. Le réseau ensuite s'est élargi à 90 points en (1996, 1998, 2000 et 2002) et ce, après la réalisation de nouveaux points d'observations, pour atteindre les 272 en 2008 y compris ceux réalisés par le bureau d'étude Suisse "BG" (Bonnard & Gardel). Néanmoins, il est à signaler qu'actuellement la quasi-totalité de ces piézomètres n'existe plus, soit ils ont disparus soit leur accès demeure impossible.

Comme l'indique la carte ci-dessus, on remarque que sur les 272 points d'observations piézométriques réalisés et implantés le long de la cuvette, on ne compte actuellement que 69 points opérationnels. Où il faut signaler que ce nombre était de 184 à la fin des campagnes 2003, et 74 durant celle de 2009. Le reste est réparti entre 158 qui sont détruits et 07 où l'accessibilité est impraticable.

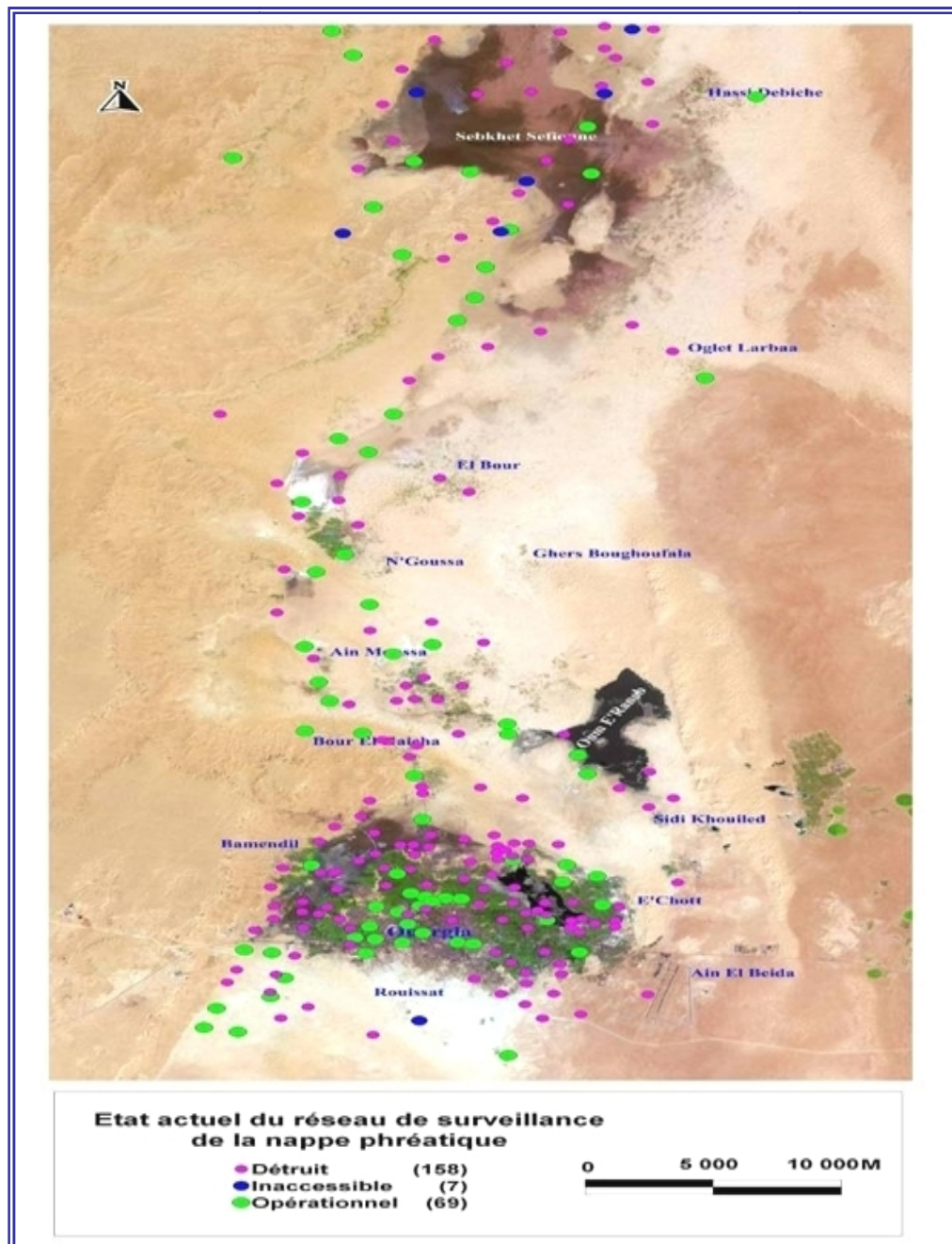


Fig. Carte de la situation actuelle de l'ensemble des piézomètres implantés le long de la cuvette de Ouargla. [10]

VI.1 Résultat de la campagne piézométrique effectuée en 2003 :

VI.1.1 Carte Isobathe ou du niveau statique :

Les résultats enregistrés sur terrain en 2003 puis dépouillés puis reportés sur le logiciel SURFER nous permis de dresser la carte suivante (Isobathe : carte d'égal niveau statique). Comme le montre la carte suivante on remarque que le niveau d'eau varie d'une région à l'autre mais on enregistre qu'il est proche de la surface du sol où la hauteur oscille entre 0 à 0.5 m de surtout au niveau de Sebkhet Sefioune au nord mais en général elle correspond au bleu clair de la carte, quant aux zones où le niveau est profond (qui correspond au bleu foncé de la carte) on le remarque au niveau de 03 zones distincts : sur l'axe Sidi khouiled – E'Chott, au niveau de la zone de Bour El Haicha et au Sud de Rouissat. Toutes ces zones correspondent à des zones où l'altitude est assez importante.

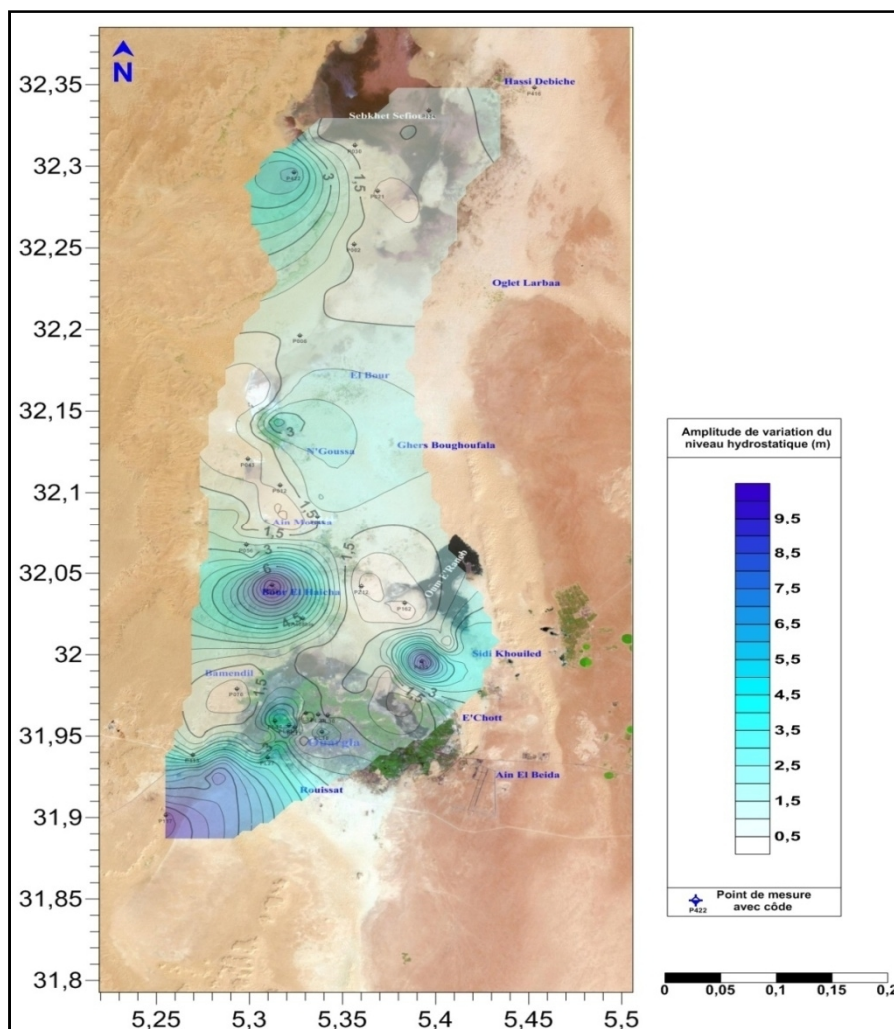


Fig. 1.1 : Carte Isobathe du niveau d'eau de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2003).

VI.1.2 Carte Iso-hyaline ou carte de Salinité des eaux :

Cette carte qui correspond aux reports des données hydrochimiques des échantillons d'eau prélevés lors de la campagne piézométrique de l'année 2003, montre que, les fortes teneurs sont situées à Sebkhet Sefioune qui dépasse 500 g/L et à Sebkhet Oum E'Raneb 250 g/l.

Les faibles teneurs (1,1 à 26 g/l) sont situées à l'Ouest de Sebkhet Sefioune, à Bour El Haicha, à Ouargla et Rouissat.

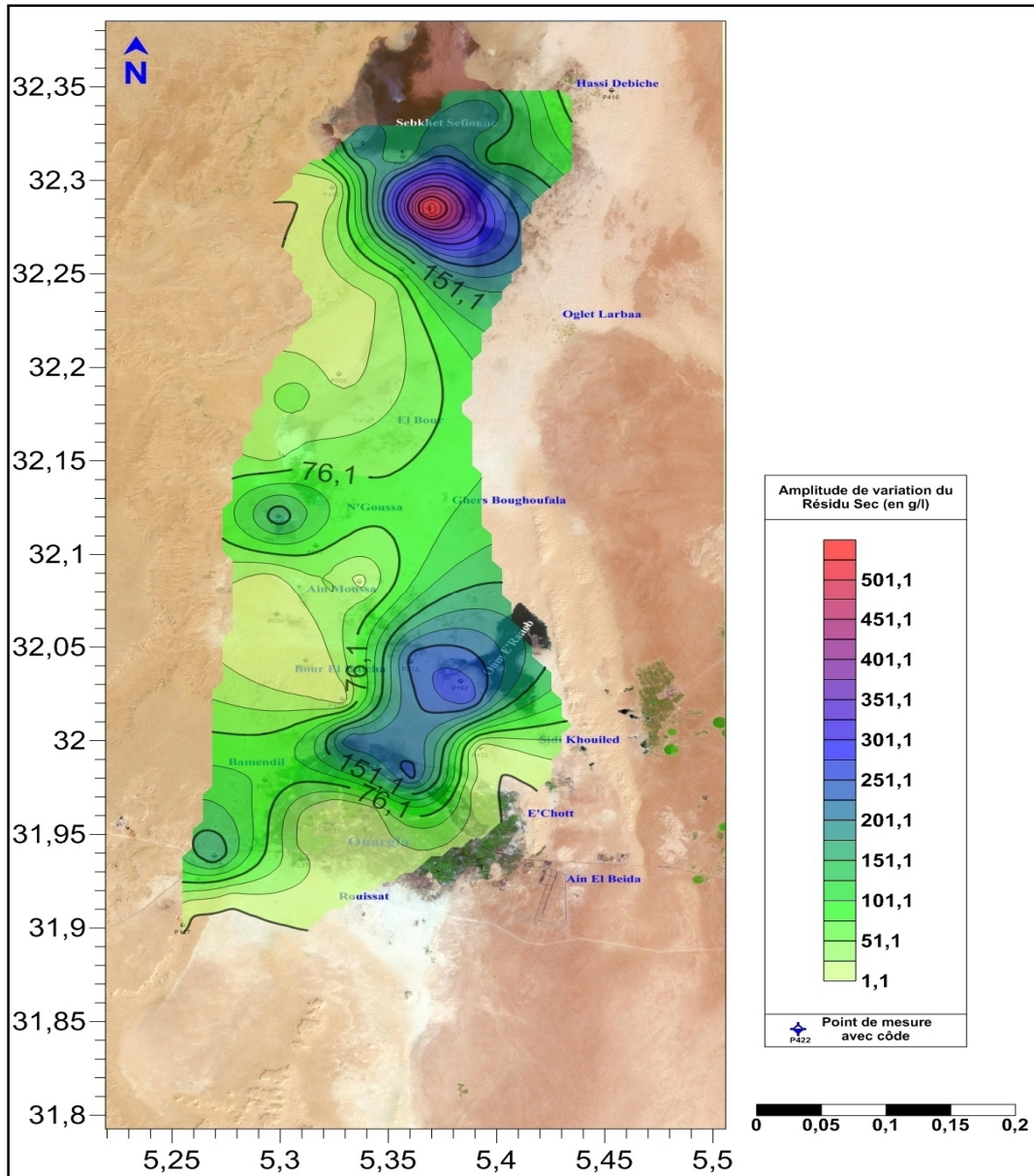


Fig. 1.3 : Carte Iso-hyaline (de salinité) des eaux de nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagne année 2003).

VI.1.3 Carte de Pollution ou Iso-nitrate (teneur en Nitrate) :

Cette carte représente à la variation spatiale des concentrations des nitrates dissouts dans l'eau prélevée lors de la campagne 2003, où on enregistre que les fortes teneurs (supérieur à 50 mg/l) et atteint parfois les 100 mg/l sont situées au Nord, à Sebkheth Safioune, à l'est de Frane, au Nord-Ouest de El Bour, à Bamendil et Sidi Khouiled. Elles correspondent à des zones terminales d'évaporation, dans lesquelles il n'y a pas de lessivage et où les eaux et les sels qu'elles contiennent se concentrent. Les faibles teneurs moins de 20 mg/l, sont enregistrés à l'ouest de N'Goussa et de Sidi Khouiled et à Rouissat, paradoxalement, vers la sebkhha d'Oum Raneb et aux environs de Ouargla notamment dans sa palmeraie.

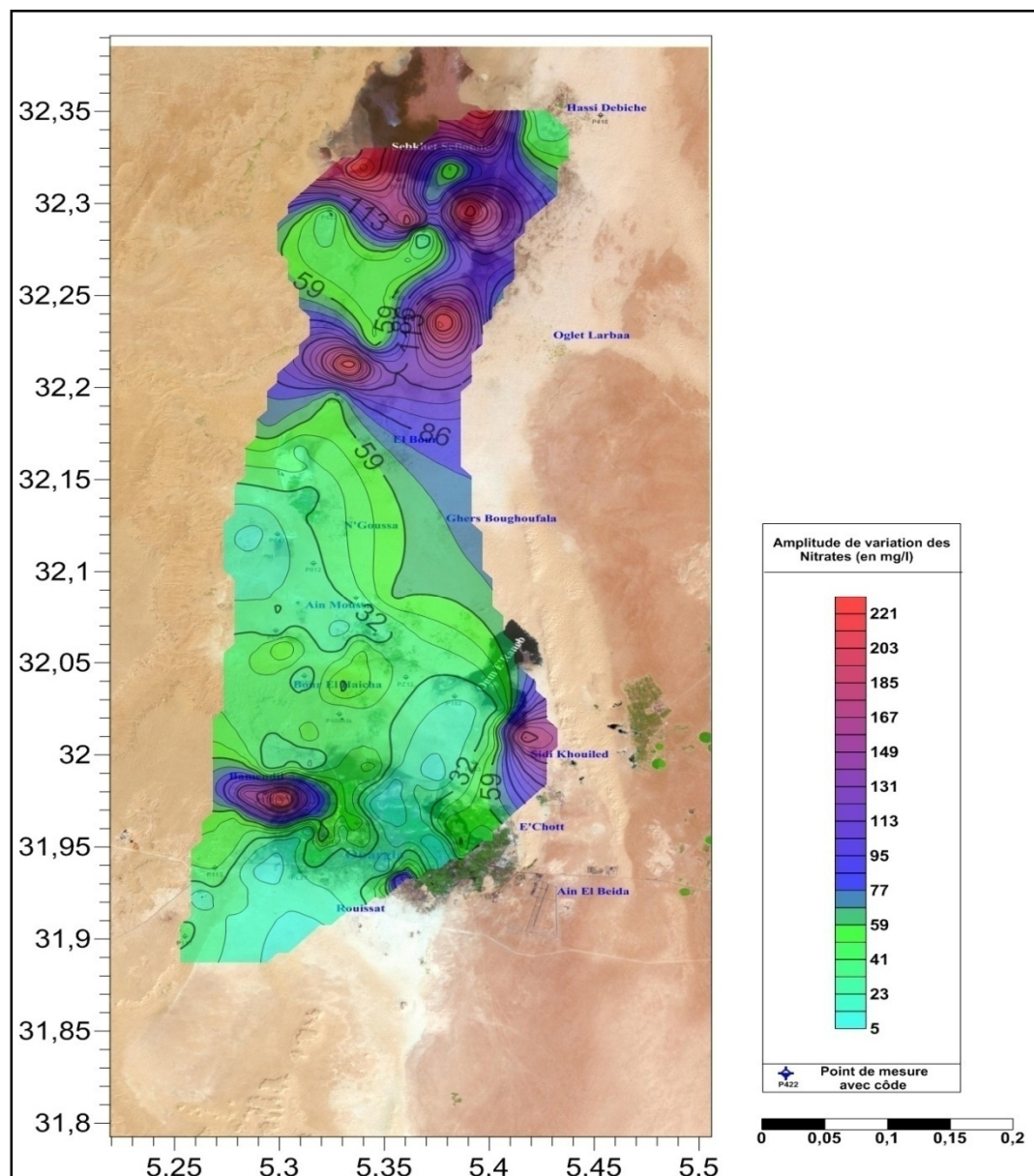


Fig. 1.2 : Carte de pollution (teneur en Nitrate) des eaux de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2003).

VI.2 Résultat de la campagne piézométrique effectuée en 2013

VI.2.1 Carte Isobathe ou du niveau statique :

Les mêmes applications effectuées précédemment avec les données enregistrées lors de la campagne 2003 ont été traitées de la même manière avec celles de l'année en cours (2013), d'où les résultats illustrés sur la carte ci-dessous, on enregistre pour cela que le niveau d'eau est presque affleure en surface à Sebkhiet Sefioune (vue que cette zone correspond à la zone d'accumulation des eaux de rejets, c'est-à-dire l'exutoire), aussi à N'Goussa et à Oum E'Raneb, par contre le niveau est profond à Bour El Haicha atteindre 8m de profondeur, le reste de la cuvette varie entre 1 et 5m.

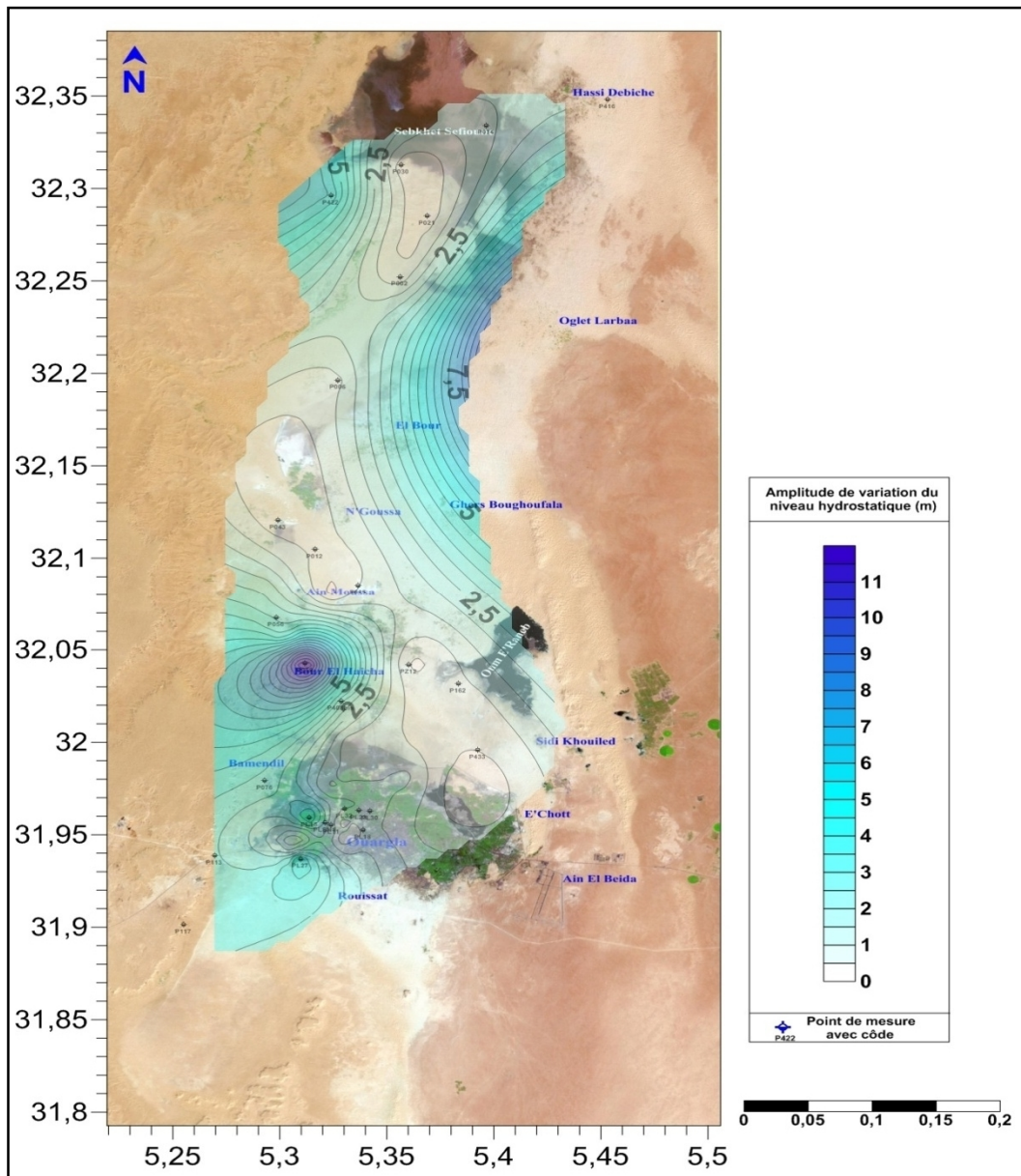


Fig. 2.1 : Carte Isobathe du niveau d'eau de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2013).

VI.2.2 Carte Iso-hyaline (de Salinité des eaux de la nappe phréatique) :

Comme le montre la carte ci-dessous les fortes concentrations en sels dissouts sont enregistrées surtout au niveau des zones de stagnations notamment les (Sebkhats et Chotts). Ce ci peut être expliqué par l'effet que ces régions correspondent à des endroits de retenues des eaux. Cette dernière montre également que la salinité des eaux de cette nappe est relativement faible avec une variation qui s'échelonne entre 1,2 et 41,2 g/l au Sud de la cuvette de Ouargla.

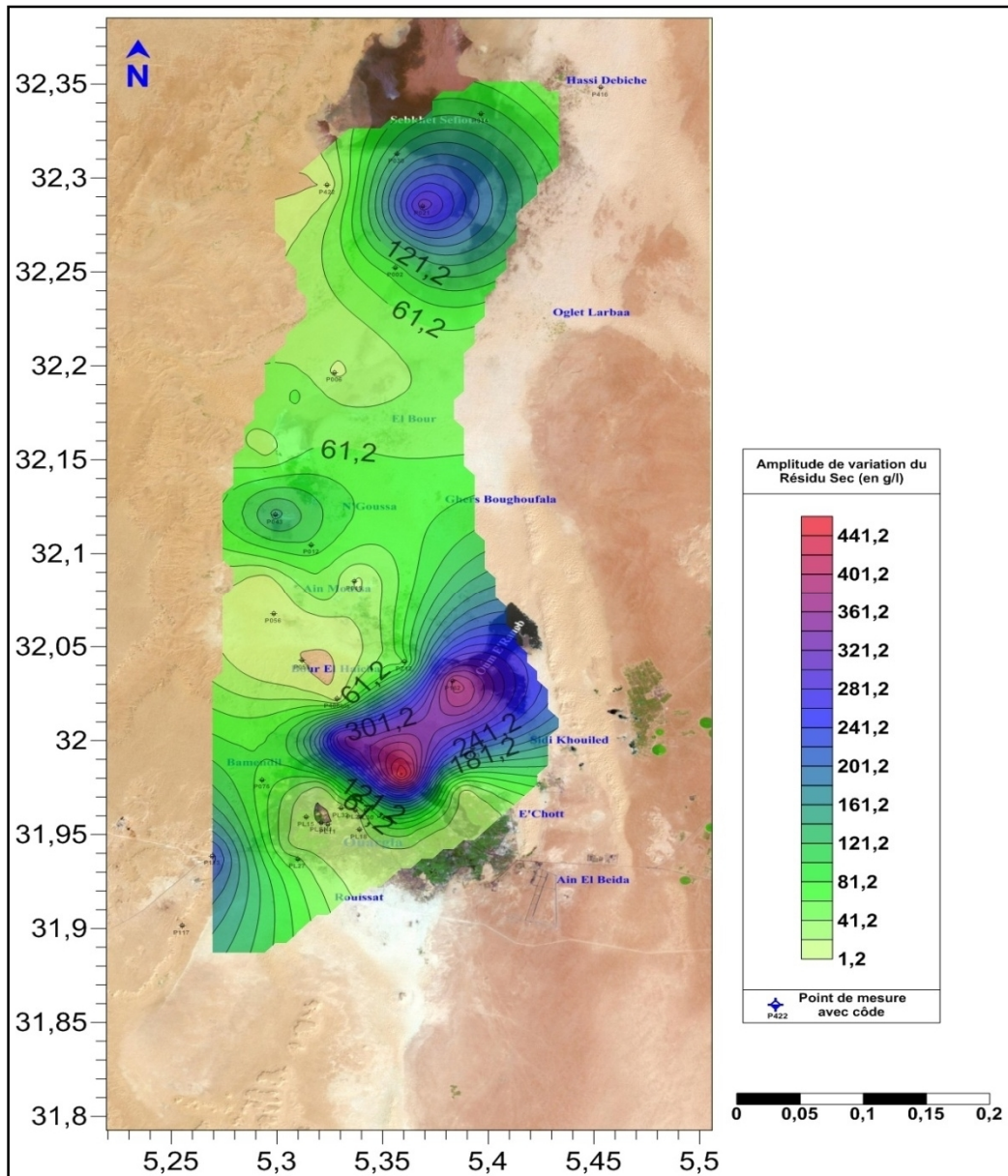


Fig. 2.3 : Carte Iso-hyaline (de salinité) des eaux de nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagne année 2013).

VI.2.3 Carte de pollution (Iso-nitrate ou teneur en Nitrate) :

D'après les résultats obtenus en 2013 s'avère que les fortes teneurs supérieures à 100 mg/L sont situées au Nord, à Sebkhet Safioune, à l'est de Frane, au Nord-Ouest de El Bour, à Bamendil et Sidi Khouiled. Elles correspondent à des zones terminales d'évaporation, dans lesquelles il n'y a pas de lessivage et où les eaux et les sels qu'elles contiennent se concentrent.

Les faibles teneurs inférieures à 20 mg/L sont situées l'ouest de N'Goussa et de Sidi Khouiled et à Rouissat, paradoxalement, vers la sebkha d'Oum Raneb et aux environs de Ouargla notamment dans sa palmeraie.

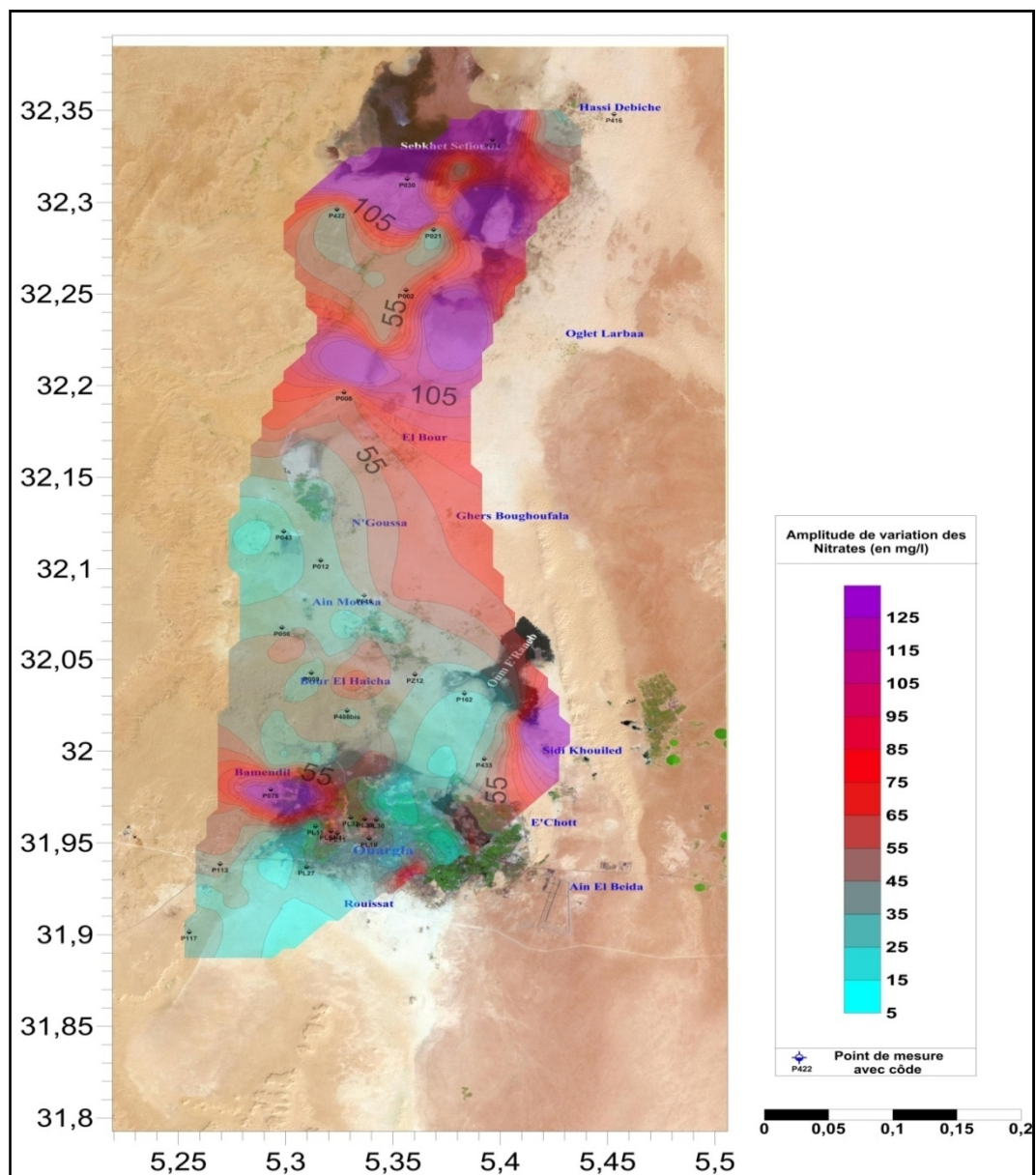


Fig. 2.2 : Carte de pollution (teneur en Nitrate) des eaux de la nappe phréatique de Ouargla (Campagne année 2013).

VI.3 Synthèse piézométrique et hydrochimique des résultats (2013 – 2003) :

L'histogramme suivant, illustre l'état actuel du niveau hydrostatique de la nappe en question comparé à celui des données enregistrées en 2003 (année de référence). D'après les mesures enregistrées lors des travaux de terrains (où les niveaux d'eau oscillent entre 0,1 et 11m) comparées avec celles notées durant la dernière campagne (effectuée en 2003) nous avons déduits que le niveau d'eau de cette nappe a connue des remontées dans certaines régions de la cuvette, cette dernière peut être expliquée par l'effet des pluies enregistrées durant cette période Janvier - Février 2013, mais en général, le phénomène tend vers une atténuation (stabilité remarquable sur plusieurs points de contrôles).

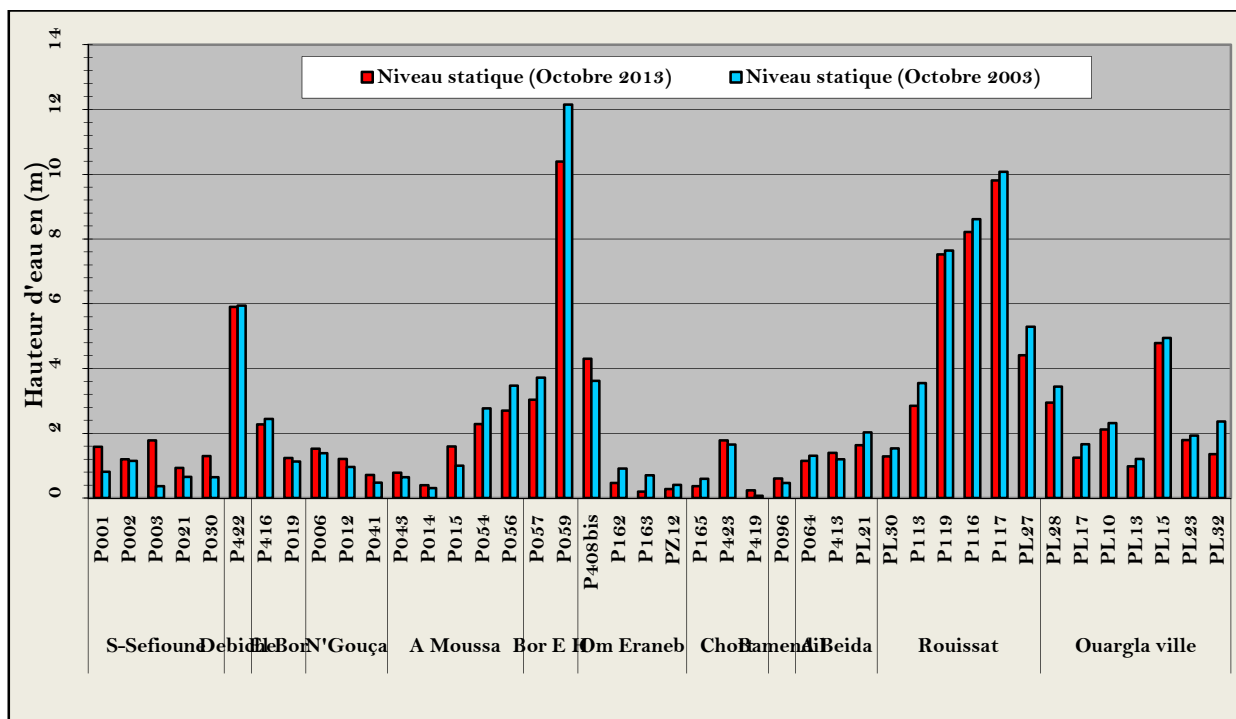


Fig.1 : Variation des niveaux piézométriques de la cuvette d'Ouargla en 2003 et 2013.

VI.3.1 Carte isobathe de synthèse (2013 – 2003) :

Cette carte qui correspond à la synthèse des fluctuations du niveau d'eau enregistré en 2013 et 2003, illustre qu'il y a un remonté varie entre 0,1m et 0,4m enregistrée à Sebkheth Sefioune à N'Goussa aussi à E'Chott.

Cependant on enregistre une atténuation (rabattement du niveau hydrostatique) variant entre 0,1m et jusqu'à 0,5m au niveau d'Oum E'Raneb, Bamendil, Rouissat, Ouargla mais avec une importance au niveau de Bour El Haicha.

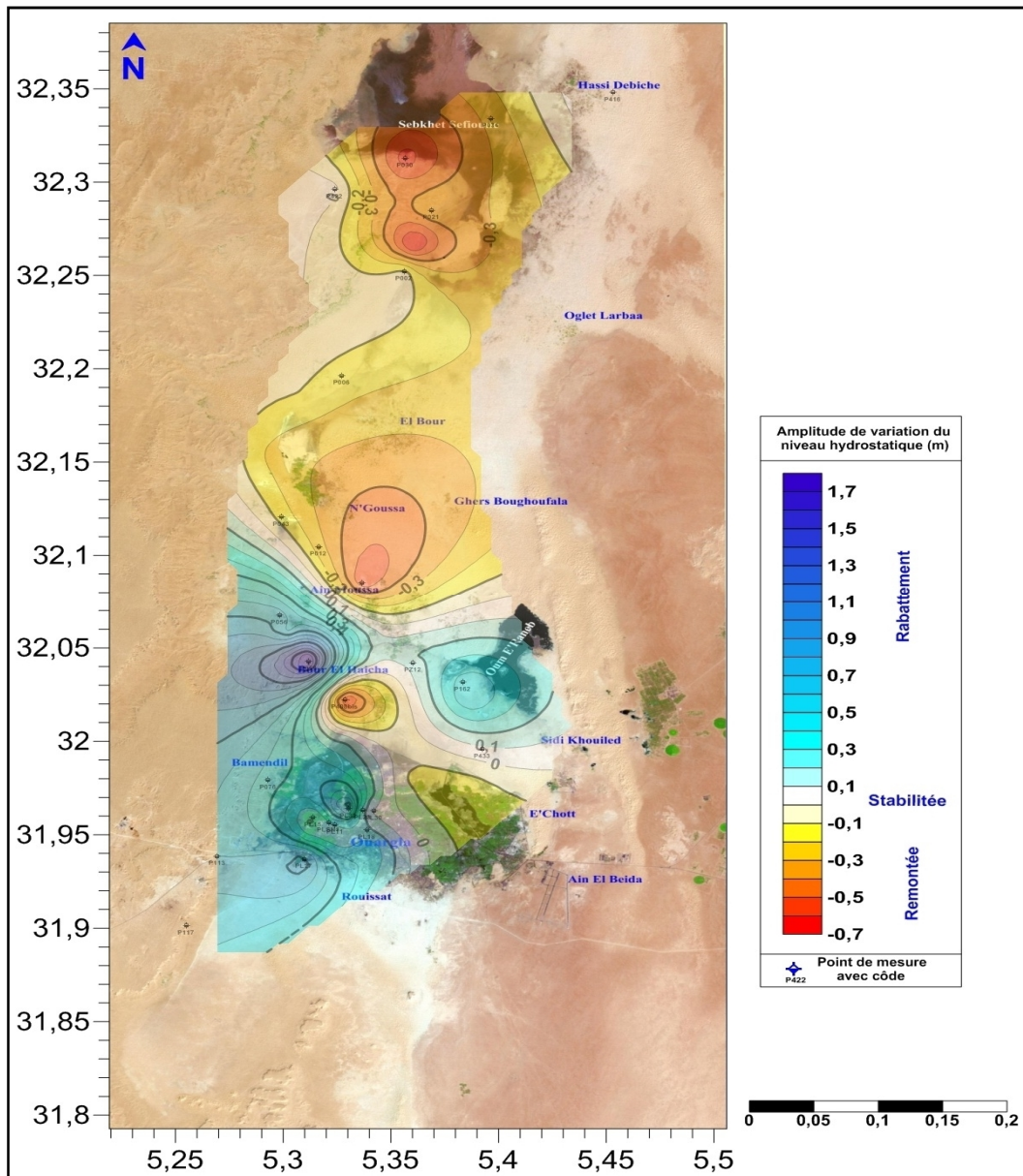


Fig. 3.1 : Carte Isobathe de synthèse du niveau hydrostatique de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 et 2003)

VI.3.2 Carte Iso-hyaline de synthèse de la nappe phréatique (2013 – 2003) :

Comme l'indique la carte de synthèse ci-dessous, on remarque une nette diminution de la salinité au niveau de la cuvette et au Sud-ouest de la ville de Ouargla.

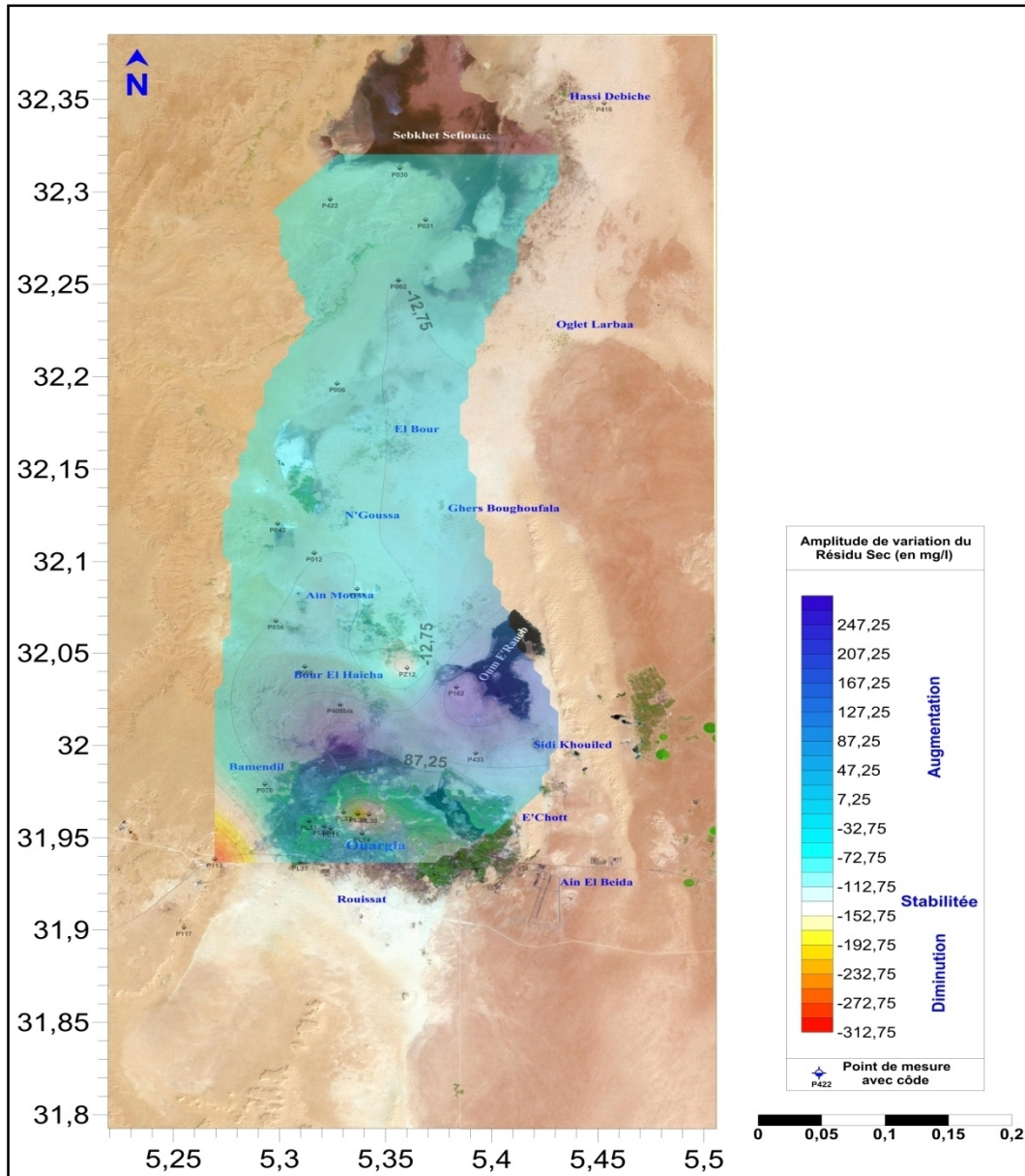


Fig. 3.3 : Carte Iso-hyaline de synthèse des eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 – 2003).

VI.3.3 Carte Iso-nitrate de synthèse (2013 – 2003) :

Les teneurs en nitrates enregistrées en 2013 comparées avec celles de 2003, révèlent que les fortes concentrations correspondent aux zones de stagnations (rejets). Néanmoins enregistre une stabilité dans certaines zones de la vallée. Mais ce qui est remarquable c'est que la nappe en question tend vers une atténuation (diminution) autrement dit une amélioration surtout après la mise en place puis en service de la STEP installée à mis chemin du canal de transfert et plus précisément à Sidi Khouiled dont l'objectif est le traitement des eaux résiduaires de la cuvette de Ouargla.

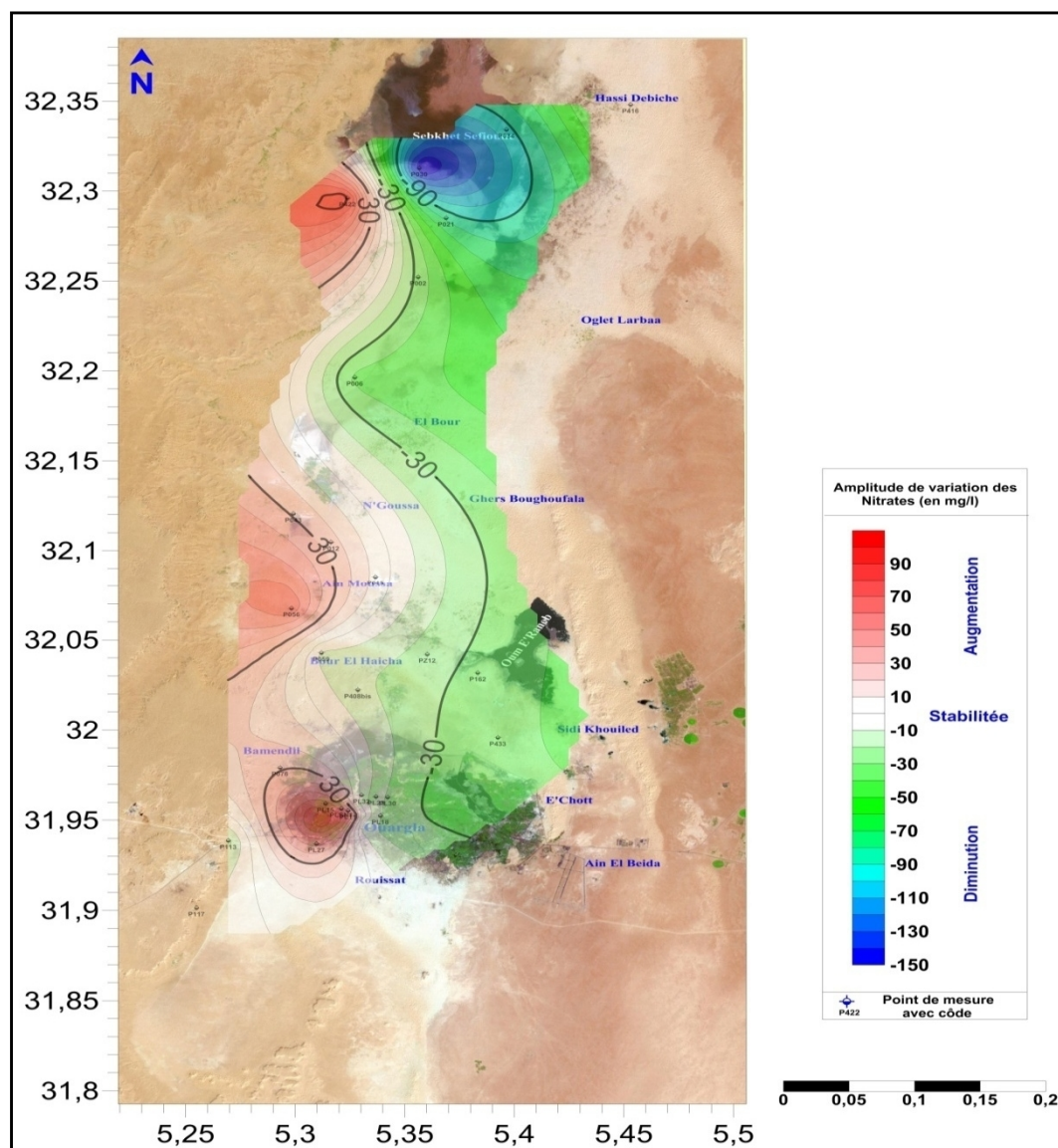


Fig. 3.2 : Carte Iso-nitrate de synthèse des eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla (Campagnes 2013 et 2003)

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Une baisse générale du niveau piézométrique est constatée sur les piézomètres du réseau de surveillance, sur une période de 10 ans, entre 2003 et 2013. On constate que les variations sont plus ou moins faibles et tendent vers l'équilibre.

Dans l'agglomération d'Ouargla, des variations journalières ont été observées. Elles sont à mettre en relation avec les variations de niveau dans le réseau d'assainissement. Quand une station de pompage est arrêtée, l'eau reflue non seulement dans le réseau mais aussi dans le chevelu des branchements particuliers et se répand dans la nappe, faisant monter son niveau. Le phénomène inverse se produit à la remise en route de la station. Les variations sont d'origine anthropique.

Elles sont dépendantes du fonctionnement du réseau de drainage et d'assainissement. La pente de la nappe est extrêmement faible, de 2 ‰ au maximum, inférieure à 1 ‰ en moyenne, entre le point le plus haut situé sous l'agglomération d'Ouargla et la Sebkhet Safioune point le plus bas, à 40 km au nord.

La nappe présente des points hauts sous les agglomérations et les palmeraies irriguées à partir du CI ou du CT et des points bas sous les rares palmeraies irriguées à partir de la nappe phréatique, à Hassi Berhla, ainsi que dans les sebkhas. Elle présente des contre-pentes au sud de Ouargla et de N'Goussa.

Il ressort de ces observations que l'eau qui est apportée depuis les nappes profondes ne pouvant pratiquement pas s'écouler naturellement reste sur place et fait rapidement monter le niveau de la nappe (Hassi Khefife) si elle n'est pas évacuée par un réseau d'assainissement, de drainage ou l'évapotranspiration de la végétation. Cette dernière a toutefois ses limites. L'eau du C.I., du C.T. ou de la nappe phréatique n'est pas pure et contient une certaine quantité de sels en solution. L'eau absorbée par la plante est généralement de l'eau distillée de sorte que les sels contenus dans l'eau d'irrigation ne sont pas ou très peu absorbés et s'accumuleraient dans le sol faisant dépérir la plante si on ne les lessivait pas hors de la zone racinaire.

La synthèse a montré que d'une manière générale, les résultats obtenus en 2013 comparés avec ceux enregistrés durant la même période de l'année 2003 pour l'ensemble de la vallée, enregistre une légère fluctuation du niveau hydrostatique mais en général une atténuation orientée à la stabilité.

La salinité des eaux de cette nappe est relativement faible avec une variation au Sud de la cuvette de Ouargla Ce ci peut être expliqué par l'effet que ces régions correspondent à des

Conclusion générale

endroits de retenues des eaux, donc on remarque une nette diminution de la salinité au niveau de la cuvette et au Sud-ouest de la ville de Ouargla.

Les teneurs en nitrates, révèlent que les fortes concentrations correspondent aux zones de stagnations (rejets). Néanmoins on enregistre une stabilité dans certaines zones de la vallée. Mais ce qui est remarquable c'est que la nappe en question tend vers une atténuation (diminution) autrement dit une amélioration surtout après la mise en place puis en service de la STEP installée à mi chemin du canal de transfert et plus précisément à Sidi Khouiled dont l'objectif est le traitement des eaux résiduaires de la cuvette de Ouargla.

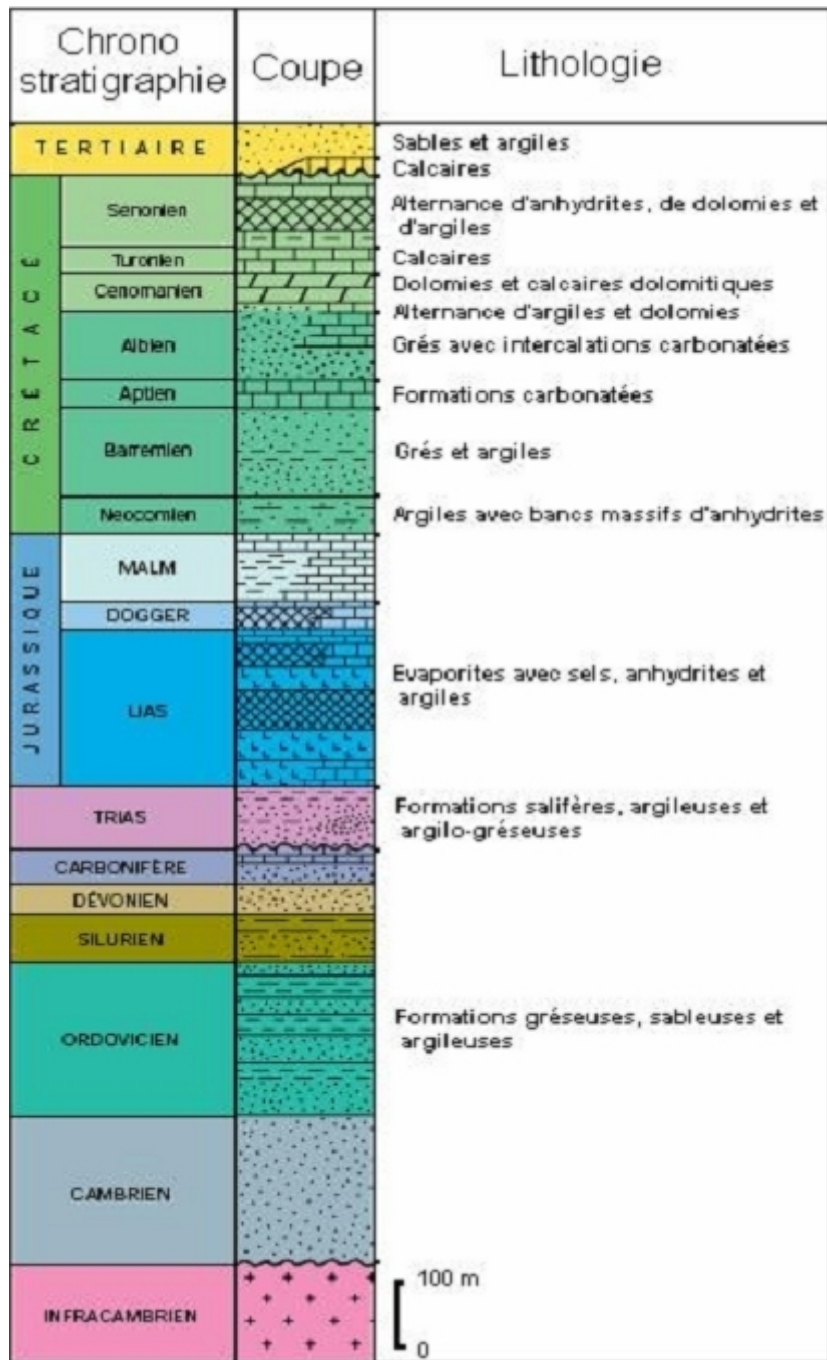
Références
Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **BELLAOUEUR A. El Aziz**, (2008) : Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région d'Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solution palliatives.
- [2]. **M.DJEDIAI Abdelatif**, (2013) : Essai de modélisation de la nappe phréatique de la cuvette d'Ouargla.
- [3]. **KHIRANI_M. Walid**, (2012) : Etude de vulnérabilité des eaux de la nappe superficielle d'Ouargla à la pollution Sud-est du Sahara.
- [4]. **BELKHIRA Chachoua**, (2008) : contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de Ouargla « Modélisation hydrodynamique de la remontée ».
- [5]. **DJIDEL Mohamed**, (2008) : Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrional, Algérie).
- [6]. **BENNADA et GARDEL**, (2003) : La vallée d'Ouargla. Etude d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation mesurent complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Estimation du rôle des palmeraies a la remontée de la nappe dans la cuvette d'Ouargla.
- [7]. **SELLAMA.A**, (1998) : Etude hydrogéologique des nappes aquifères d'Ouargla.
- [8] **LAGHRIB. A**, (2007) : Influence des eaux de la nappe phréatique sur les ouvrages hydrauliques et génie civil. « Cuvette de Ouargla ».
- [9]. **A.N.R.H**, Ouargla, (2004) : L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de la Wilaya d'Ouargla : Rapports techniques.
- [10]. **A.N.R.H**, Ouargla, (2012) : Rapports techniques.
- [11]. **ONM**, Ouargla ; Office National Météorologique : donnée Météorologique 2014.
- [12]. **BG**, Bureau d'étude Swiss (2004) : Rapport Final « investigations, essais de pompage et bilans d'eau, établissement des cartes piézométriques, diagnostic des captages d'eau et mesures de réhabilitation, de protection des ressources en eau. »

Annexe

Annexe



Colonne stratigraphique synthétique du Sahara Nord-est Septentrional.

Annexe

Chronostratigraphie	Unités hydrogéologiques		Prof	Lithostratigraphie	Lithologie
Quaternaire	Nappe phréatique		20m		
Tertiaire	Nappe du Complexe Terminal	Nappe des sables	120m	Mio-Pliocène	
		Impermeable		Eocène évaporitique	
Nappe des calcaires (Sénono-Eocène)		520m	Eocène carbonaté		
Impermeable		700m	Sénonien carbonaté		
Nappe du turonien			Turonien		
Secondaire	Crétacé	Impermeable	1100m	Cénomanién	
		Nappe du Continental Intercalaire		Vraconien	
		Nappe de l'Albien		Albien	
			2000m	Aptien	
				Barrémien	

Schéma de la Chronolithostratigraphie de la zone d'Ouargla.

Piézométriques	Xdec	Ydec	NS(m)/Sol	Rs (g/l)	NO ₃ (Mg/l)	Cd (ms/cm)
P001	5,3603	32,2669	1,58	20,798	40	154
P002	5,3561	32,2522	1,20	10,217	60	90
P003	5,3500	32,2414	1,78	3,568	48	38.5
P006	5,3272	32,1964	1,52	1,685	54	19.9
P007	5,3183	32,1781	1,79	3,345	55	34.3
P019	5,3086	32,1847	1,24	6,667	65	55.3
P021	5,3689	32,2850	0,93	54,528	27	207
P023	5,3969	32,3117	1,42	13,465	103	104.5
P030	5,3567	32,3128	1,30	14,373	158	119.7
P031	5,3381	32,3181	1,30	21,18	225	142.5
P034	5,3964	32,3342	0,98	19,502	166	150.3
P054	5,2942	32,0847	2,28	0,349	22	4.2
P056	5,2983	32,0675	2,70	0,58	21	6.24
P057	5,3017	32,0583	3,04	0,53	64	6.78
P059	5,3119	32,0428	10,39	0,11	23	2.6
P113	5,2694	31,9386	2,85	17,837	41	90
P116	5,2594	31,9106	8,22	0,496	32	6
P117	5,2550	31,9014	9,81	0,468	34	5.7
P119	5,2775	31,9161	7,64	1,021	23	9.7
P408bis (puits)	5,3286	32,0222	4,30	0,456	30	4.7
P413bis (puits)	5,3553	31,8872	1,39	0,804	10	9
P416	5,4531	32,3481	2,27	0,363	58	4.77
P422	5,3239	32,2961	5,90	0,304	27	3.59
P433 (puits)	5,3925	31,9958	10,04	0,172	37	1.877

Annexe

PL10	5,3242	31,9508	2,12	0,777	40	7.8
PL13	5,3289	31,9464	0,98	0,73	26	6.8
PL15	5,3139	31,9592	4,79	0,665	6	6.4
PL17	5,3114	31,9497	1,25	1,441	29	15.27
PL23	5,3369	31,9631	1,79	1	65	10.87
PL25	5,3131	31,9436	4,12	0,628	39	6.72
PL28	5,3219	31,9419	2,95	0,62	32	6.46
PL31	5,3283	31,9594	0,72	0,327	26	3.74
PLSN1	5,3211	31,9564	4,46	0,908	92	9.28

Les données de base pour dessiner les cartes de 2003.

Piézométriques	Xdec	Ydec	NS(m)/Sol	Rs (g/l)	NO₃ (Mg/l)	Cd (ms/cm)
P006	5,3272	32,1964	1,38	16,262	1.1	19.02
P014	5,3233	32,0808	0,31	59,764	0.8	61.4
P015	5,3367	32,0853	1,00	12,818	0.8	14.85
P030	5,3567	32,3128	0,64	141,79	0.5	115.8
P056	5,2983	32,0675	3,47	5,8	0	6.66
P059	5,3119	32,0428	12,15	1,916	0	4.39
P096	5,3778	31,9789	0,46	126,86	0	99.9
P113	5,2694	31,9386	3,55	232,53	0	70.1
P163	5,3861	32,0225	0,70	383,73	0	166.1
P408bis (puits)	5,3286	32,0222	3,62	5,892	1.3	6.43
P413bis (puits)	5,3553	31,8872	1,20	8,86	0	10.04
P416	5,4531	32,3481	2,44	4,83	4.3	5.6
P419	5,3875	31,9733	0,07	10,854	0	12.21
P422	5,3239	32,2961	5,94	2,502	12.5	3.08
P430	5,4314	32,2128	17,45	6,352	2.4	7.18
P566bis (puits)	5,3214	31,9750	1,42	8,086	0	8.45
PL03	5,3889	31,9594	0,37	10,126	0	11.41
PL10	5,3242	31,9508	2,31	5,392	11.4	5.64
PL13	5,3289	31,9464	1,21	5,272	0	5.4
PL17	5,3114	31,9497	1,54	10,846	0	11.8
PL21	5,3403	31,9417	2,03	9,92	0	10.81
PL27	5,3097	31,9369	5,29	46,392	0	49
PL31	5,3283	31,9594	1,24	3,894	2.6	4.36
PL32	5,3303	31,9639	2,36	10,674	0	10.99
PLX4-Puits	5,2778	32,3203	9,56	2,678	53.5	4.01

Les données de base pour dessiner les cartes de 2014.

Annexe

Piézométriques	Xdec	Ydec	Dif NS (2013-2003)	Fluctuation	Dif RS (2013-2003)	Dif NO ₃ (2013-2003)	Dif Cd (2013-2003)
P001	5,3603	32,2669	-0,77	Remontée	-46,72		-28,30
P006	5,3272	32,1964	-0,14	Remontée	-0,59	-52,90	-0,88
P012	5,3164	32,1047	-0,25	Remontée	10,85		2,70
P014	5,3233	32,0808	-0,09	Remontée	3,62		6,50
P015	5,3367	32,0853	-0,59	Remontée	-0,28		0,95
P019	5,3086	32,1847	-0,11	Remontée	-0,06		5,20
P021	5,3689	32,2850	-0,28	Remontée	-244,53		-40,90
P030	5,3567	32,3128	-0,66	Remontée	-1,94	-157,50	-3,90
P041	5,2956	32,1544	-0,24	Remontée	-1,47		0,60
P043	5,2992	32,1206	-0,14	Remontée	-21,23		-7,50
P054	5,2942	32,0847	0,49	Rabattement	0,65		1,05
P056	5,2983	32,0675	0,77	Rabattement	0,00	-21,00	0,42
P057	5,3017	32,0583	0,68	Rabattement	-0,42		-1,02
P059	5,3119	32,0428	1,76	Rabattement	0,82	-23,00	1,79
P064	5,3306	32,0011	0,16	Rabattement	119,75		-14,70
P096	5,3778	31,9789	-0,14	Remontée	6,70		3,50
P113	5,2694	31,9386	0,70	Rabattement	54,16	-41,00	-19,90
P162	5,3833	32,0317	0,45	Rabattement	129,52		-48,20
P163	5,3861	32,0225	0,50	Rabattement	109,20		-40,90
PZ12 (sur tube P12)	5,3603	32,0419	0,13	Rabattement	-179,98		-153,50
P165 (sur tube P012)	5,3603	32,0469	0,22	Rabattement	-142,46		-143,70
P408bis (puits)	5,3286	32,0222	-0,68	Remontée	1,33	-28,70	1,73
P413bis (puits)	5,3553	31,8872	-0,19	Remontée	0,82	-10,00	1,04
P419	5,3875	31,9733	-0,17	Remontée	-15,11		-16,69
P423	5,3600	31,9811	-0,13	Remontée	218,56		-43,80
PL10	5,3242	31,9508	0,19	Rabattement	-2,38	-28,60	-2,16
PL13	5,3289	31,9464	0,23	Rabattement	-2,03	-26,00	-1,40
PL15	5,3139	31,9592	0,15	Rabattement	-1,73		-1,15
PL17	5,3114	31,9497	0,29	Rabattement	-3,56	-29,00	-3,47
PL21	5,3403	31,9417	0,40	Rabattement	-4,71		-4,25
PL23	5,3369	31,9631	0,14	Rabattement	-1,84		-1,91
PL27	5,3097	31,9369	0,88	Rabattement	8,32		14,40
PL31	5,3283	31,9594	0,52	Rabattement	0,62	-23,40	0,62
PL32	5,3303	31,9639	1,01	Rabattement	5,53		5,86

Les données de base pour dessiner les cartes de synthèse.

Annexe

Piézomètre	x	Y	Z	Etat actuel	Piézomètre	x	y	Z	Etat actuel
P001	5,36000	32,2691666 7	108,04	Mesurable	P430	5,42528	35,2205555 6	125	Mesurable
P002	5,35611	32,2544444 4	110,52	Mesurable	P431	5,34167	32,1655555 6		Non Mesurable
P003	5,35000	32,2413888 9	112,92	Mesurable	P432	5,35111	32,1586111 1		Non Mesurable
P004	5,34306	32,2238888 9	113,86	Mesurable	P433	5,33667	32,4938888 9	125	Mesurable
P006	5,32694	32,1986111 1	114,99	Mesurable	P434	5,24778	32,1855555 6		Non Mesurable
P007	5,31833	32,1805555 6	116,55	Mesurable	P501	5,35389	31,9169444 4		Non Mesurable
P008	5,30861	32,1669444 4	116,78	Mesurable	P502	5,34528	31,9241666 7		Non Mesurable
P009	5,30778	32,155	118,33	Mesurable	P503	5,35778	31,9319444 4		Non Mesurable
P010	5,31389	32,1430555 6		Non Mesurable	P505	5,36917	31,9369444 4		Non Mesurable
P012	5,31611	32,1069444 4	117,05	Mesurable	P506	5,38167	31,9391666 7	125	Mesurable
P013	5,31611	32,0922222 2		Non Mesurable	P507	5,38083	31,9463888 9		Non Mesurable
P014	5,32306	32,0833333 3		Mesurable	P508	5,39444	31,9583333 3		Non Mesurable
P015	5,33639	32,0852777 8		Non Mesurable	P509	5,38194	31,9527777 8		Non Mesurable
P016	5,35361	32,0861111 1		Non Mesurable	P510	5,36361	31,9486111 1		Non Mesurable
P017	5,28750	32,1633333 3	117,62	Mesurable	P511	5,35556	31,9525		Non Mesurable
P018	5,29639	32,18	116,99	Mesurable	P512	5,36722	31,9569444 4		Non Mesurable
P019	5,30861	32,1872222 2		Mesurable	P514	5,36000	31,9680555 6		Non Mesurable
P020	5,04194	32,2788888 9		Non Mesurable	P515	5,35278	31,9744444 4		Non Mesurable
P021	5,36889	32,285	105,64	Non Mesurable	P516	5,27972	31,9536111 1		Non Mesurable
P023	5,39694	32,3138888 9	105,2	Mesurable	P517	5,28972	31,9616666 7		Non Mesurable
P030	5,35667	32,3152777 8	104	Mesurable	P518	5,30500	31,9486111 1		Non Mesurable
P031	5,33806	32,3205555 6	104	Mesurable	P519	5,27917	31,9688888 9		Non Mesurable
P034	5,39639	32,3363888 9	104,37	Mesurable	P520	5,28944	31,9491666 7		Non Mesurable
P035	5,39000	32,3280555 6	104,7	Non Mesurable	P521	5,28361	31,9780555 6		Non Mesurable
P036	5,38222	32,3180555 6	104,72	Non Mesurable	P522	5,29583	31,9758333 3		Non Mesurable
P037	5,37528	32,3080555 6	104,27	Non Mesurable	P523	5,30111	31,9761111 1		Non Mesurable
P038	5,36417	32,0111111 1		Non Mesurable	P524	5,31750	31,9694444 4		Non Mesurable
P039	5,36583	32,2838888 9	106,13	Mesurable	P525	5,29611	31,9908333 3		Non Mesurable
P040	5,29417	32,1475	118,6	Non Mesurable	P526	5,37833	31,9516666 7		Non Mesurable
P041	5,29528	32,1566666 7	117,83	Mesurable	P527	5,39306	31,9516666 7		Non Mesurable
P042	5,34389	32,0422222 2	128,98	Non Mesurable	P528	5,32583	31,9772222 2		Non Mesurable

Annexe

P043	5,29889	32,1227777 8	118,37	Non Mesurable	P529	5,30139	31,9533333 3		Non Mesurable
P044	5,28861	32,1219444 4	118,55	Non Mesurable	P530	5,29472	31,9558333 3		Non Mesurable
P046	5,28556	32,1011111 1		Non Mesurable	P531	5,36333	31,9555555 6		Non Mesurable
P050	5,30889	32,1311111 1	119,36	Non Mesurable	P532	5,31028	32,0027777 8		Non Mesurable
P054	5,29417	32,0872222 2	122,02	Non Mesurable	P533	5,29778	31,9591666 7		Non Mesurable
P055	5,29694	32,0788888 9	123,94	Mesurable	P534	5,33111	32,0136111 1		Non Mesurable
P056	5,29833	32,07	124,34	Mesurable	P535	5,33306	32,2125		Non Mesurable
P057	5,30056	32,0586111 1	125	Mesurable	P536	5,35972	32,2286111 1		Non Mesurable
P058	5,29306	32,0452777 8	144	Mesurable	P537	5,37750	32,2358333 3		Non Mesurable
P059	5,31194	32,0452777 8	129	Mesurable	P538	5,37028	31,9547222 2		Non Mesurable
P064	5,33056	32,0036111 1	115,02	Mesurable	P539	5,38611	31,9502777 8		Non Mesurable
P067	5,33306	31,9936111 1	130,34	Non Mesurable	P540	5,36333	32,2888888 9		Non Mesurable
P068	5,34417	31,9913888 9	130,01	Non Mesurable	P541	5,38861	32,2969444 4		Non Mesurable
P071	5,31333	32,0102777 8	114,56	Non Mesurable	P542	5,37250	32,3025		Non Mesurable
P072	5,31444	31,9947222 2	107,75	Non Mesurable	P543	5,37917	31,9608333 3		Non Mesurable
P074	5,30889	31,9813888 9	131,43	Mesurable	P544	5,41806	32,3352777 8		Non Mesurable
P075	5,30028	31,9755555 6	132	Non Mesurable	P545	5,41722	32,3555555 6		Non Mesurable
P076	5,29278	31,9816666 7	131,03	Non Mesurable	P546	5,34972	31,9675		Non Mesurable
P078	5,30139	31,9977777 8	132,55	Non Mesurable	P547	5,40167	32,3538888 9		Non Mesurable
P079	5,30111	31,9677777 8	103,82	Non Mesurable	P548	5,40333	32,3719444 4		Non Mesurable
P082	5,28944	31,9569444 4	130,83	Non Mesurable	P549	5,40250	32,39	103	Mesurable
P084	5,27333	31,9480555 6	131,41	Non Mesurable	P550	5,37583	31,9688888 9	124	Mesurable
P085	5,28000	31,9597222 2		Non Mesurable	P551	5,40667	32,4072222 2	125	Non Mesurable
P088	5,35417	31,9933333 3		Non Mesurable	P552	5,41972	32,4208333 3		Non Mesurable
P093	5,37528	31,9886111 1	129,07	Non Mesurable	P553	5,38889	32,38		Non Mesurable
P096	5,37750	31,9811111 1	130,02	Mesurable	P554	5,37806	32,3911111 1		Non Mesurable
P100	5,41417	31,97		Non Mesurable	P555	5,37028	32,405		Non Mesurable
P104	5,37806	31,9486111 1	131,462	Non Mesurable	P556	5,34361	31,9725		Non Mesurable
P105	5,36722	31,9569444 4	130,68	Non Mesurable	P557	5,36000	32,39		Non Mesurable
P106	5,37417	31,9261111 1		Non Mesurable	P558	5,34694	32,3766666 7		Non Mesurable
P107	5,37139	31,9169444 4		Non Mesurable	P560	5,32861	32,3455555 6		Non Mesurable
P108	5,36722	31,905		Non Mesurable	P561	5,33139	32,3280555 6		Non Mesurable
P109	5,36250	31,9216666 7	128	Non Mesurable	P562	5,31944	32,3147222 2		Non Mesurable

Annexe

P110	5,36167	31,9116666 7		Non Mesurable	P563	5,31722	31,9777777 8		Non Mesurable
P111	5,37389	31,9311111 1		Non Mesurable	P564	5,34861	32,3313888 9	103	Mesurable
P112	5,36250	31,9272222 2	135	Non Mesurable	P566	5,32472	31,9811111 1	133	Mesurable
P113	5,26917	31,9411111 1	132,9	Mesurable	P568	5,35500	31,9816666 7		Non Mesurable
P114	5,26667	31,9316666 7	135,51	Mesurable	P569	5,36472	31,9816666 7		Non Mesurable
P115	5,26333	31,9230555 6		Non Mesurable	P571	5,32750	31,9841666 7		Non Mesurable
P116	5,25944	31,9130555 6		Non Mesurable	P572	5,31444	31,9847222 2		Non Mesurable
P117	5,25472	31,9038888 9	139,09	Mesurable	P574	5,32278	31,9888888 9		Non Mesurable
P118	5,26611	31,9013888 9	137,69	Mesurable	PL03	5,38889	31,9619444 4	130,01	Mesurable
P119	5,27000	31,9111111 1	136,23	Non Mesurable	PL04	5,36528	31,9916666 7	130,14	Mesurable
P120	5,27750	31,9183333 3	135,04	Non Mesurable	PL09	5,34806	31,9602777 8		Non Mesurable
P121	5,28250	31,9272222 2	136,94	Mesurable	PL10	5,32472	31,9511111 1	137,56	Mesurable
P122	5,28611	31,9358333 3		Non Mesurable	PL11	5,32417	31,9552777 8	131	Mesurable
P123	5,27861	31,9372222 2	135,81	Non Mesurable	PL13	5,32667	31,9411111 1	137	Mesurable
P124	5,28056	31,9058333 3		Non Mesurable	PL15	5,31389	31,9591666 7	138,83	Mesurable
P125	5,28972	31,9111111 1	140,15	Non Mesurable	PL17	5,31111	31,9522222 2	134,28	Mesurable
P127	5,32639	31,9041666 7		Non Mesurable	PL18	5,33889	31,955	137,07	Mesurable
P129	5,40250	31,9161111 1		Non Mesurable	PL21	5,34000	31,9441666 7	134,93	Mesurable
P135	5,33667	32,0961111 1	124,14	Non Mesurable	PL22	5,30472	31,9411111 1	136,33	Non Mesurable
P153	5,33000	32,0366666 7	132,88	Non Mesurable	PL23	5,33694	31,9627777 8	135,98	Mesurable
P160	5,37889	32,0416666 7	128,45	Non Mesurable	PL25	5,31306	31,9461111 1	139	Mesurable
P162	5,38333	32,0341666 7	127,83	Non Mesurable	PL27	5,31306	31,9436111 1	137,52	Mesurable
P163	5,38611	32,0247222 2	128,15	Non Mesurable	PL28	5,32111	31,9416666 7	136,99	Mesurable
P165	5,36028	32,0491666 7	128,15	Non Mesurable	PL30	5,34194	31,965	134,13	Mesurable
P167	5,40667	32,0233333 3		Non Mesurable	PL31	5,32889	31,9594444 4	137,53	Mesurable
P168	5,41417	32,0105555 6	124	Non Mesurable	PL32	5,32889	31,9661111 1	135,73	Mesurable
P169	5,40583	32,0063888 9		Non Mesurable	PL33	5,33111	31,9697222 2		Non Mesurable
P352	5,35028	32,0163888 9		Non Mesurable	PL34	5,34583	31,9805555 6	131,16	Non Mesurable
P401bis(poin t)	5,33250	32,2752777 8	109	Mesurable	PL41	5,32556	31,9677777 8	137,81	Mesurable
P401	5,32722	32,0655555 6	116,02	Non Mesurable	PL43	5,33028	31,9580555 6		Non Mesurable
P402	5,34583	32,0652777 8	126,74	Mesurable	PL44	5,34500	31,9433333 3	132	Mesurable
P404	5,32389	32,0583333 3	128,51	Non Mesurable	PL45	5,33222	31,9877777 8		Non Mesurable
P405	5,32056	32,0388888 9	131,78	Non Mesurable	PLSN1	5,32083	31,9588888 9	138	Mesurable

Annexe

P406	5,31833	32,0394444 4	127,95	Non Mesurable	PZ06	5,37000	31,5511111 1		Non Mesurable
P407	5,32722	32,0313888 9	129,1	Non Mesurable	PZ08	5,37000	31,9605555 6		Non Mesurable
P408	5,32861	32,0222222 2	132,41	Mesurable	PZ09	5,33750	32,0611111 1		Non Mesurable
P409	5,33083	32,0169444 4	128,91	Non Mesurable	PZ12	5,36028	32,0444444 4	122	Mesurable
P410	5,28278	32,9322222 2	133,59	Non Mesurable	PZ17	5,39639	32,0155555 6		Non Mesurable
P411	5,27972	31,9266666 7	135,41	Non Mesurable	PZ21	5,39194	32,9986111 1		Non Mesurable
P412	5,31083	31,8975	139,89	Mesurable	PZ31	5,35250	32,2813888 9		Non Mesurable
P413	5,35361	31,8894444 4	135,1	Mesurable	PZA	5,35472	31,985		Non Mesurable
P415	5,33333	32,0694444 4		Non Mesurable	PZB	5,36000	31,9833333 3		Non Mesurable
P416	5,45306	32,3480555 6	100	Mesurable	PZD	5,35500	30,9894444 4		Non Mesurable
P419	5,38667	31,9741666 7	100	Mesurable	PZE	5,36056	31,9894444 4		Non Mesurable
P420	5,32972	32,0591666 7	121	Non Mesurable	P 63	5,38556	32,0244444 4	128,15	Mesurable
P421	5,30806	32,0566666 7		Non Mesurable	PLX1	5,39278	31,9488888 9	115	Mesurable
P422	5,32361	32,2986111 1		Mesurable	PLX2	5,37028	31,9544444 4	124)	Mesurable
P423	5,36139	31,9872222 2	109	Mesurable	PLX3	5,31278	32,3833333 3	111	Mesurable
P424	5,35500	31,9880555 6		Non Mesurable	PLX4	5,27778	32,3225	117	Mesurable
P425	5,40806	32,2386111 1		Non Mesurable	PLX5	5,30639	31,9466666 7	128	Mesurable
P429	5,42111	32,2258333 3		Non Mesurable	P LTPS	5,33194	31,9655555 6	141	Mesurable

Réseau Surveillance Ouargla 2014.

Annexe



Mesure de niveau



Echantillonnage



Drainage



Drainage



Sebkhet Oum E'Raneb



Sebkhet Sefioune

Résumé :

Le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique compte parmi les problèmes dont souffre la région d'Ouargla. Ce phénomène est dû à la surexploitation des eaux nappes profondes associée à une mauvaise gestion de la ressource en eau en l'absence d'un traitement adéquat. Sachant que la fluctuation saisonnière du niveau de la nappe a entraîné des conséquences désastreuses sur la stabilité de nombreux ouvrages vu les différents types de perturbations causées physiques, mécaniques ou chimiques soient-elles.

Malgré les nombreuses études qui ont été lancées pour cerner ce phénomène, leur efficacité reste une question qui demeure encore posée.

La présente étude constitue une contribution à la compréhension de ce phénomène par le biais d'une synthèse piézométrique étalée sur une période de 11 années avec l'établissement de modèles thématiques explicatives en utilisant des logiciels (SIG).

ملخص:

تعد ظاهرة صعود المياه من بين الإشكاليات التي تعاني منها مدينة ورقلة. هذه الظاهرة الناجمة عن الاستغلال المفرط للطبقات المائية السفلية بالإضافة إلى التسيير السيئ للموارد المائية في غياب شبكة صرف مناسبة. علما أن تذبذب المستوى الفصلي لمياه الطبقة الحرة يشكل خطرا على المنشآت نظرا لتعدد أنواع التدهور التي يمكن أن تحدث جراءها سواء كانت فيزيائية، ميكانيكية أو كيميائية.

على الرغم من الدراسات الكثيرة التي عنيت بهذه الظاهرة إلا أن مدى نجاعتها يبقى قيد التجربة والمعاينة و

هذه الدراسة هي مساهمة في فهم هذه الظاهرة من خلال تفحص مستوى منسوب المياه عبر الآبار المخصصة لهذا الغرض و المنتشرة على مساحة حيز الدراسة خلال مدة زمنية تمتد إلى 11 سنة باستعمال مجموعة معتبرة من الخرائط التي تناولتها بالتحليل باستعمال برنامج (SIG)