

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

THEME

**Suivi de l'évolution de la salinité des eaux de
drainage de la région de Ouargla**

Soutenu publiquement par :BENAOUN MOUSSA

Le --/--/2016

Devant le jury :

| | | |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Président : | ZERROUKI HICHEM | M. A. A Univ. Ouargla |
| Promoteur : | HADJ SAID SAMIA | M. C. A Univ. Ouargla |
| Examineur : | MELOUAHE OUALID | M. A. A Univ. Ouargla |

Année Universitaire : 2015/2016

الملخص:

RESUMÉ

كلمات المفتاح:

Mots Clés :

ABSTRACT

Keywords :



Remerciements

Remercie, en premier lieu, **Allah** le tout puissant de nous avoir

donnés la volonté et la patience pour mener à bien ce modeste travail

Tout d'abord, j'exprime ma sincère gratitude à Mm HADJ SAID SAMIA
pour leurs précieuses contributions
pédagogiques et scientifiques

Leurs orientations et leurs critiques constructives, tout au long de ce travail, ont
été pour moi un apport considérable

Que Mr .ZERROUKI.H, trouve ici l'expression de mes chaleureux remerciements
pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury.

Mes remerciements vont aussi à Mr MELOUAHE WALID .S pour avoir accepté
de faire part du jury.

Mes remerciements vont également :

J'aurai une pensée particulière pour tous mes camarades d'études, ainsi qu'à
tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

BENAOUN MOUSSA



Dédicace



Je dédie ce modeste travail à

Mes parents, Que Dieu ait leur âme,

Ma mère

*Qui m'a offert une enfance très heureuse,
Qui m'apporte soutien et amour chaque jour,*

Mon père

Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance et mon amour,

Mes sœurs Fatima, Djamila, Manar et Siham,

Mes frères Hamza et Badro,

*Merci de former une famille unie, aimante, qui m'a toujours soutenu et
encouragé,*

Et à tous mes amis



Moussa

Merci

Sommaire

| | |
|---------------------------|----|
| <i>Introduction</i> | 01 |
|---------------------------|----|

*Partie I.- Synthèse bibliographique**Chapitre I.- Présentation de la zone d'étude*

| | | |
|--------|---|----|
| I | Présentation de la zone d'étude..... | 02 |
| II | Situation géographique..... | 02 |
| III | Caractéristiques géomorphologiques..... | 03 |
| III.1 | La Hamada..... | 03 |
| III.2 | Erg | 04 |
| III.3 | Glacis | 04 |
| III.4 | Sebkhas | 04 |
| IV | Caractéristiques climatiques..... | 05 |
| IV.1 | Température..... | 05 |
| IV.2 | Précipitations..... | 06 |
| IV.2.1 | Précipitation moyenne annuelle..... | 06 |
| IV.2.2 | Pluviométrie mensuelle..... | 07 |
| IV.3 | Humidité relative..... | 08 |
| IV.4 | Vents..... | 08 |
| IV.5 | Insolation..... | 09 |
| IV.6 | Evaporation..... | 09 |
| IV.7 | Diagramme Ombrothermique..... | 10 |
| V | Conclusion..... | 11 |

Chapitre II.- Cadre géologique

| | | |
|----------|---|----|
| I | Introduction..... | 12 |
| II | Géologie régionale..... | 12 |
| II.1 | Le Secondaire..... | 14 |
| II.2 | L'Albien | 14 |
| II.3 | Le Vraconien..... | 15 |
| II.4 | Le Cénomaniens..... | 15 |
| II.5 | Le Turonien..... | 15 |
| II.6 | Le Sénonien | 15 |
| II.6.1 | Le Sénonien lagunaire..... | 15 |
| II.6.2 | Le Senonien carbonaté (Maestrichtien) | 17 |
| II.7 | Le Tertiaire..... | 17 |
| II.8 | L'Eocène..... | 17 |
| II.8.1 | L'Eocène carbonaté(Yprésien)..... | 17 |
| II.8.1.2 | L'Eocène évaporitique (Lutetien)..... | 17 |
| II.9 | Le Mio-Pliocène..... | 18 |
| II.10 | Le Quaternaire..... | 19 |
| III | Conclusion..... | 19 |

Chapitre III.- Hydrogéologie de la zone d'étude

| | | |
|----------|--|----|
| I | Introduction..... | 20 |
| II. | Hydrogéologie de la zone d'étude..... | 20 |
| II.1 | Aquifères de la région..... | 20 |
| II.1.1 | Continental Intercalaire..... | 21 |
| II.1.2 | Complexe Terminal..... | 22 |
| II.1.2.1 | Nappe Mio-Pliocène..... | 22 |
| II.1.2.2 | Nappe du sénonien | 22 |
| II.1.3 | Nappe phréatique..... | 22 |
| II.2 | Lithologie du réservoir..... | 23 |
| III | Piézométrie de la nappe..... | 24 |
| IV | Le problème de la remontée des eaux..... | 24 |
| V | Conclusion..... | 26 |

Chapitre IV.-Le système de drainage

| | | |
|-------|--|----|
| I | Introduction..... | 27 |
| II | Le drainage..... | 27 |
| II.1 | Eaux de drainage | 27 |
| III | Système de drainage de la palmeraie de Ouargla | 28 |
| III.1 | Problèmes de la collecte des eaux de drainage | 29 |
| IV | Suivi de la salinité des eaux de drainage..... | 30 |
| IV.1 | Situation géographique de canal de drainage..... | 30 |

Chapitre V. Matériels et méthodes

| | | |
|---------|---|----|
| I.1 | Matériels et méthodes | 31 |
| I.1.1 | Prélèvement et échantillonnage..... | 31 |
| I.1.2 | Analyses physico-chimiques..... | 33 |
| I.1.2.1 | La température..... | 33 |
| I.1.2.2 | Le pH (potentiel hydrogène)..... | 33 |
| I.1.2.3 | La conductivité électrique..... | 34 |
| I.1.2.4 | L'oxygène dissous..... | 34 |
| I.1.2.5 | Les méthodes d'analyses chimiques..... | 34 |
| II | Résultats et discussion | 35 |
| II.1 | Paramètres physico-chimiques..... | 35 |
| II.1.1 | La température (T)..... | 35 |
| II.1.2 | Potentiel Hydrogène (pH)..... | 36 |
| II.1.3 | L'oxygène dissous (O ₂)..... | 36 |
| II.1.4 | La conductivité électrique..... | 38 |
| II.2 | Les paramètres chimiques | 43 |
| II.2.1 | Le Calcium (Ca ²⁺) et le Magnésium (Mg ²⁺)..... | 43 |
| II.2.2 | Les Chlorures (Cl ⁻)..... | 44 |

| | | |
|--------|--|----|
| II.2.3 | Les Sulfates (SO_4^{2-}) | 44 |
| II.2.4 | Les Nitrites (NO_2^-)..... | 45 |
| II.2.5 | L'Ammonium (NH_4^+)..... | 45 |
| II.2.6 | Les Phosphates (PO_4^{3-})..... | 45 |
| III.I | Conclusion..... | 46 |
| | Conclusion générale..... | 47 |
| | Résumé..... | |

Liste des tableaux

Chapitre I: Présentation de la région d'étude

| | | |
|-----------|---|----|
| Tableau 1 | Températures moyennes mensuelles (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 06 |
| Tableau 2 | Précipitations annuelles (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 07 |
| Tableau 3 | Précipitation mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 07 |
| Tableau 4 | Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 08 |
| Tableau 5 | Vitesse maximale moyenne du vent (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 09 |
| Tableau 6 | Insolation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 09 |
| Tableau 7 | Evaporation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 10 |

Chapitre V :Matériels et méthodes

| | | |
|-----------|---------------------------------------|----|
| Tableau 8 | Température des eaux de drainage..... | 35 |
|-----------|---------------------------------------|----|

Liste des figures et des photos

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

| | | |
|----------|---|----|
| Figure 1 | Carte de situation géographique | 2 |
| Figure 2 | Limites de la cuvette de la ville de Ouargla | 3 |
| Figure 3 | Coupe géomorphologique schématique de la vallée de Ouargla..... | 5 |
| Figure 4 | Températures moyennes mensuelles (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 6 |
| Figure 5 | Précipitation annuelles (station de Ouargla 2004-2015)..... | 7 |
| Figure 6 | Précipitation mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)..... | 8 |
| Figure 7 | Diagramme Ombrothermique..... | 10 |

Chapitre II: Cadre géologique

| | | |
|-----------|---|----|
| Figure 8 | Carte géologique du Bas-Sahara (D'après Nesson, 1978)..... | 13 |
| Figure 9 | Carte géologique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla) d'après Cornet et Gouscov (1952)..... | 14 |
| Figure 10 | Log stratigraphique des forages (Archives de l' ANRH, Ouargla)..... | 16 |

Chapitre III : Hydrogéologie de la zone d'étude

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 11 | Délimitation du SASS (OSS, 2003)..... | 21 |
| Figure 12 | Log géologiques au niveau du Quaternaire dans la Vallée de l' Oued Mya (ENAGEO 1990) | 23 |
| Figure 13 | Carte piézométrique dans la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla en 2003 (BG 2004) | 25 |

Chapitre IV : Le système de drainage

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 14 | Le réseau de drainage de la région de Ouargla..... | 30 |
|-----------|--|----|

Chapitre V : Matériels et méthodes

| | | |
|-----------|---|----|
| Figure 15 | Carte de situation des points de prélèvement..... | 32 |
| Figure 16 | L'échantillonnage des eaux de drainage..... | 32 |
| Figure 17 | Un multi-paramètre WTW 3430..... | 33 |
| Figure 18 | Variation de l'oxygène dissous des eaux de drainage (campagne 27/02/2016)..... | 37 |
| Figure 19 | Le roseau au niveau des drains | 38 |
| Figure 20 | Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 27/02/2016)..... | 39 |
| Figure 21 | Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage(campagne 7/03/2016)..... | 39 |
| Figure 22 | Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage(campagne | |

| | | |
|-----------|---|----|
| | 19/03/2016)..... | 40 |
| Figure 23 | Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 16/04/2016)..... | 41 |
| Figure 24 | Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage(campagne 30/04/2016)..... | 41 |
| Figure 25 | Conductivité électrique de la nappe phréatique et des eaux de drainage (campagne 1/05/2016)..... | 42 |
| Figure 26 | Salinité de la nappe phréatique et des eaux de drainage (campagne 1/05/2016)..... | 43 |
| Figure 27 | Les teneur en chlorures de la nappe phréatique et des eaux de drainage..... | 44 |
| Figure 28 | Les teneur en sulfates de la nappe phréatique et des eaux de drainage..... | 45 |

Liste des abréviations

| | |
|---------------|---|
| ANRH | Agence Nationale des Ressources Hydriques |
| ADE | Algeriennes des eaux |
| BG | Bonal & Gardel (bureau d'études Suisse) |
| CI | Continental Intercalaire |
| CT | Complexe Terminal |
| ERESS | Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional |
| SASS | Système Aquifère du Sahara Septentrional |
| STEP | Station d'épuration des eaux usées |
| ENAGEO | Entreprise nationale de geophysique |
| OSS | Observation de Sahara et de Sahel |

Introduction générale

La région de 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, pour les besoins d'irrigation et de l'alimentation en eau potable, en plus des contraintes naturelles, telle que la topographie presque plane et l'absence d'un exutoire naturel efficace, ce qui handicap le drainage naturel de la nappe.(VICTOR SAVOIE ;2009-2010).

Le but de ce présent travail est de suivre la variation de la salinité des eaux de drainage dans la région de Ouargla dans laquelle est survenu ce problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique.

Pour réaliser ce travail, nous avons adopté la démarche suivante :

- Le premier chapitre a été consacré à une recherche bibliographique pour la présentation de la région d'étude: situation géographique, caractéristiques géomorphologiques, et un aperçu sur les caractéristiques climatologiques
- Dans le deuxième chapitre, une étude de la géologie régionale et locale de la région a été présentée
- Dans le troisième chapitre : étude hydrogéologique de la région de Ouargla dans laquelle a été présenté un aperçu sur les aquifères (CI et CT) puis la caractérisation de la nappe phréatique et enfin le problème de la remontée des eaux de la nappe
- Le quatrième chapitre a été consacré au système de drainage par donner la définition du drainage, le système de drainage à Ouargla, le matériels utilisé et la méthodologie adoptée et enfin les résultats des mesures et analyses réalisés et leur interprétation
- Enfin une conclusion pour exposer les différents résultats obtenus au terme de ce travail.

I- Présentation de la zone d'étude

II.- Situation géographique

Ouargla, ville du Sud Est algérien, est située dans une dépression qui occupe une superficie de 140 000 hectares. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied.

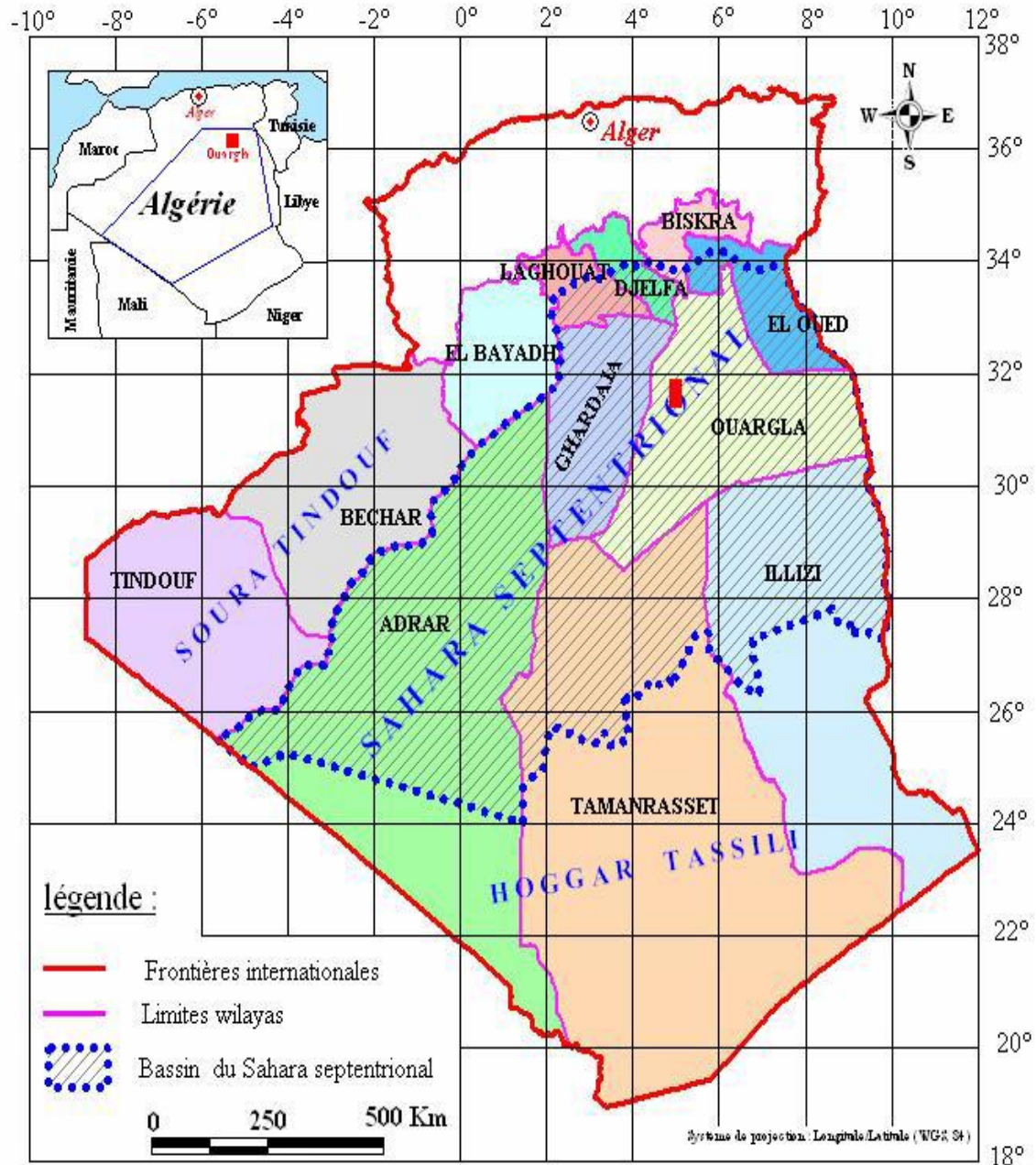


Fig.1.- Carte de situation géographique

Elle est localisée entre les coordonnées (X=710000m ; Y = 3530000m et X =730000m ; Y = 3600000m). Elle est limitée au Nord par Sebket Safioune, à l'Est par les ergs Touil et

Arifdji, au Sud par les dunes de Sedrata et à l' Ouest par le versant Est de la dorsale du M'Zab. La distance du Sud au Nord est de 70km, celle de l'Est à l'Ouest de 20km .

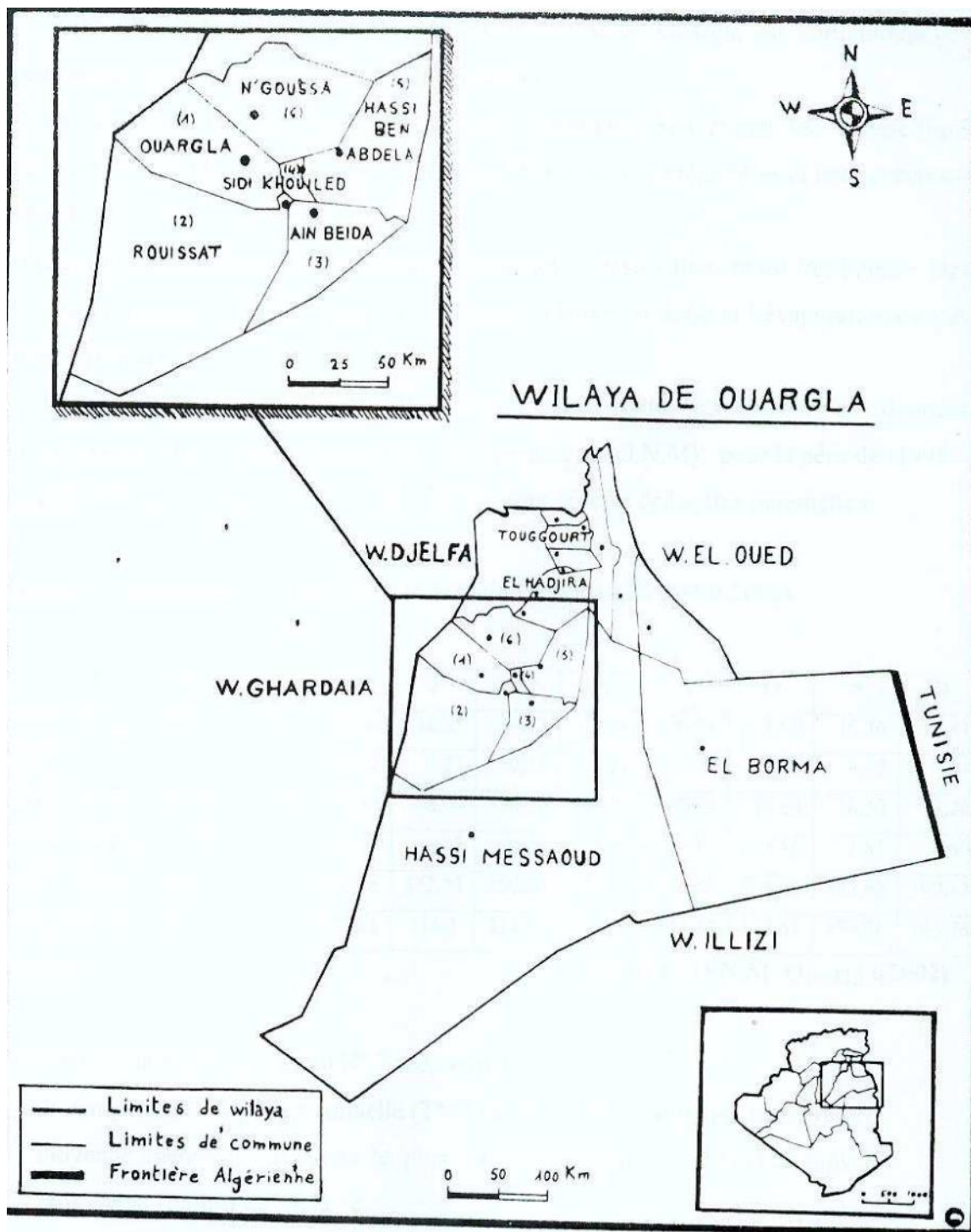


Fig.2.- Limites de la cuvette de la ville de Ouargla (CHINOUNE Ismail 2004)

III.- Caractéristiques géomorphologiques

La géomorphologie de la région de Ouargla est caractérisée par les paysages suivants:

III.1.- La Hamada

C'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé et ne laissant que quelques buttes témoins appelées « goure » (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008).

III.2.-Erg

Elles s'étendent sur toute la surface de la zone sous forme de voiles sableux ou de petits amas de sables pièges dans de petites touffes de végétation, mais particulièrement dans le secteur nord-ouest aux environs. Les principaux facteurs d'érosion qui ont marqué et qui marquent encore, même à un degré moindre l'évolution de la région sont le ruissellement, sous ces deux formes concentré et diffus d'une part, et l'action du vent qui prend le relais notamment à l'ère actuelle.

Ces deux processus conjugués, sont responsables de l'ablation, le transport et l'accumulation des matériaux détritiques arrachés à la roche mère. Ces deux facteurs d'érosion sont d'avantage favorisés par la nature lithologique du substrat contenant des matériaux éolisables ; généralement des grès, le climat ; la rareté des précipitations et leur mauvaise répartition, ou encore par l'absence d'une couverture végétale protectrice (LAMINI Abdellah 2012)

III.3.-Glacis

Du plus ancien au plus récent, sur les versants ouest de la cuvette s'étagent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis situés à 180 et 160 m se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Mio-Pliocène. L'Est de la cuvette est un vaste glacis alluvial à sable grossier situé à 150 m d'altitude (BELKHIRA,2008)

III.4.-Sebkhas

Le chott (sebkha) désigne un bassin occupé le fond d'une dépression à fond plat, généralement inondable, où les sols salés limitent la végétation (BELKHIRA,2008). Il constitue le point le plus bas, il est constitué de sable siliceux et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface et de sub-surface (BELKHIRA,2008). Ce bas fond se caractérise par une nappe phréatique permanente très peu profonde de 1 à 5 m. En aval de Ouargla, diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkhet Safioune qui est à 103 m d'altitude, point le plus bas de la région

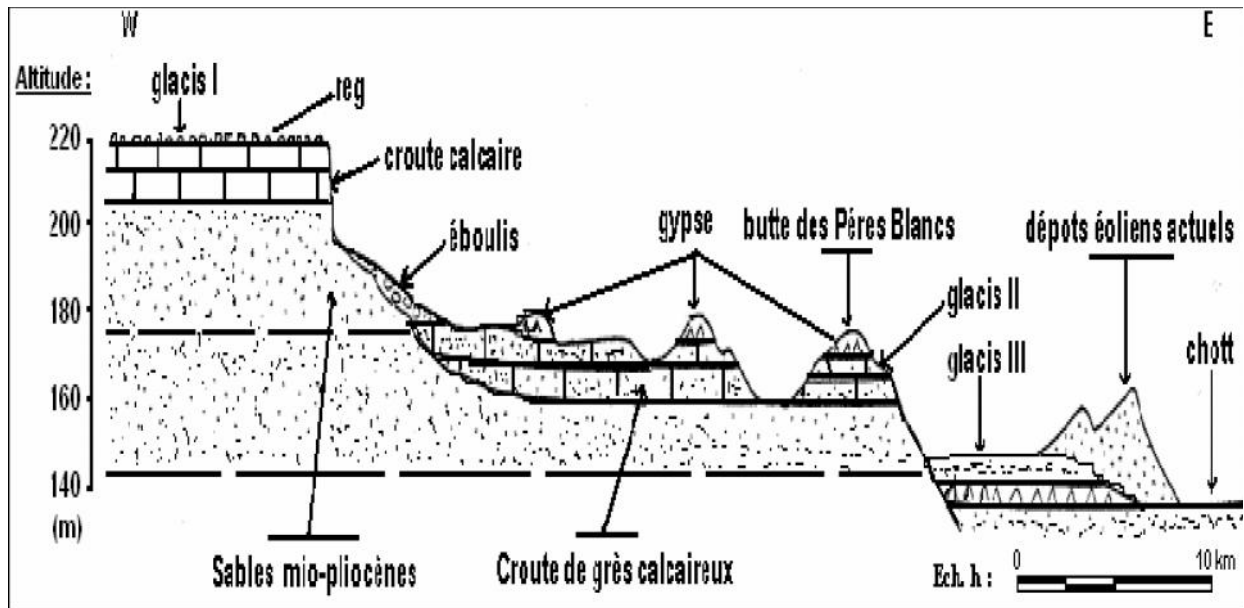


Fig.3.- Coupe géomorphologique schématique de la vallée de Ouargla
(BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008)

IV.- Caractéristiques climatiques

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

Ces paramètres hydroclimatiques ont une grande importance pour toute étude hydrochimique car ils ont une influence sur le comportement des sols et sous-sols.

Pour cette étude, les séries des données, utilisées pour la détermination des différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station météorologique d'Ouargla.

IV.1.- Température

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures a été faite à partir des données recueillies de l'ONM de Ouargla durant la période qui s'étale entre 2004 et 2015.

La température moyenne annuelle pour un climat aride comme celui de Ouargla, n'a pas une grande signification. Les plus intéressantes sont les températures moyennes mensuelles et les amplitudes thermiques. Les valeurs moyennes enregistrées pendant les 11 dernières années, présentent une légère constance de 23°C. Cependant, ces valeurs cachent des valeurs mensuelles "dispersées" ; de 12°C en Janvier à 35.9°C en Juillet, soit 24°C de différence thermique entre les deux mois.

Le tableau ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles, qui ont été reportées dans le tableau

Tableau N°01 : Températures moyennes mensuelles (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|--------|----|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| T (°C) | 12 | 13.8 | 18.4 | 23 | 27.6 | 32.6 | 35.9 | 35.3 | 30.7 | 24.9 | 17.4 | 12.7 | 23.69 |

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32° et 36°C. Le maximum se situe en Juillet. Pour la température hivernale, elle varie entre 12° et 14°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène à dire que la région de Ouargla a un hiver doux et un été très chaud

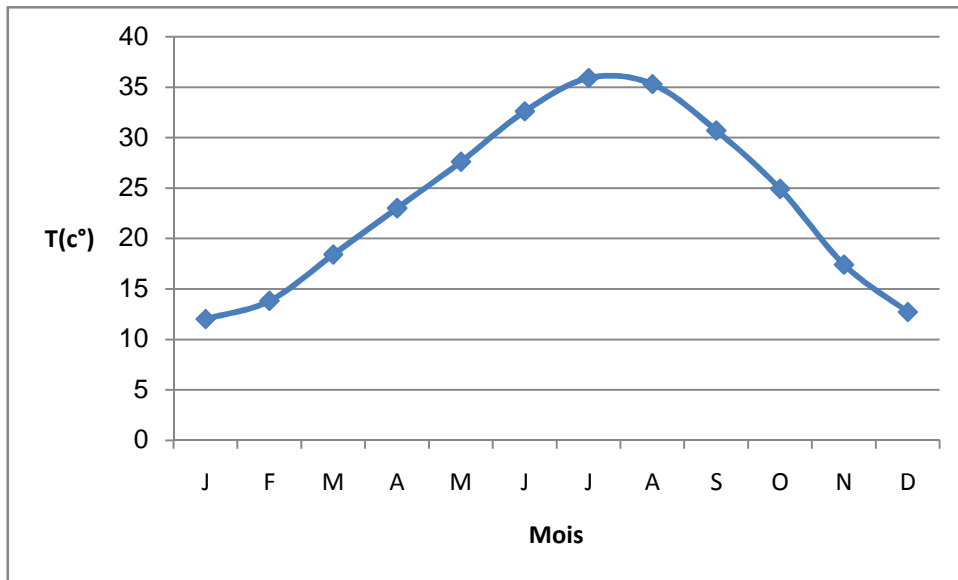


Fig.4.- Températures moyennes mensuelles (station de Ouargla, 2004-2015)

IV.2.- Précipitations

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien. Les données de mesure des précipitations utilisées ont été recueillies au niveau de la station de Ouargla pour une période de 11 ans (2004/2015)

IV.2.1.- Pluviométrie annuelle

Le tableau N°02 représente les précipitations annuelles dans la région de Ouargla pour la période (2004/2015).

Tableau N°02 : Précipitations annuelles (station de Ouargla, 2004-2015)

| Année | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P (mm) | 117,9 | 23,8 | 20,4 | 13,2 | 46,5 | 76 | 23,7 | 17,9 | 32,4 | 41,7 | 32,2 | 31,3 |

Les valeurs observées (figure 5) montrent que le maximum est de 117.9mm enregistré en 2004 et le minimum de l'ordre de 13.2mm a été enregistré en 2007.

Ainsi, on remarque l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre. Durant cette période

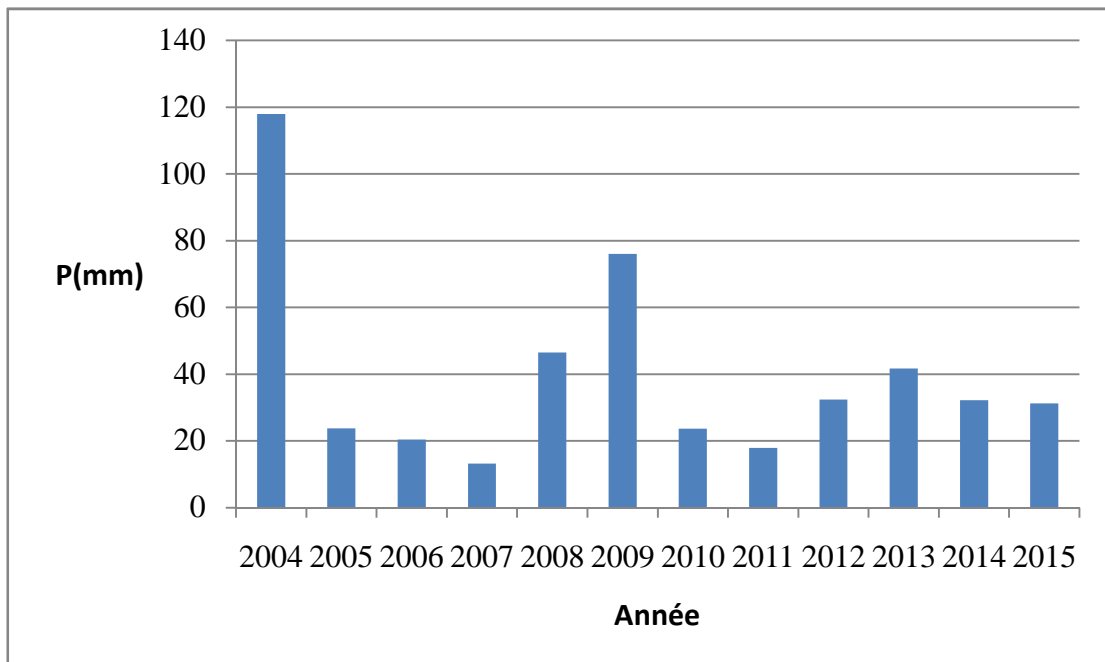


Fig.5.- Précipitations annuelles (station de Ouargla 2004-2015)

IV.2.2.- Pluviométrie mensuelle

Le tableau ci-dessous montre la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation dans la région de Ouargla. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles varient entre 0.3 au mois de Juillet et 8.4mm au mois de Janvier. Le cumul annuel des pluies est de l'ordre de 39.6 mm/an. En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région

Tableau N°03 : Précipitation mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P (mm) | 8,41 | 2,63 | 4,33 | 1,93 | 1,43 | 0,67 | 0,29 | 1,56 | 3,37 | 5,33 | 6,01 | 3,82 | 8,41 |

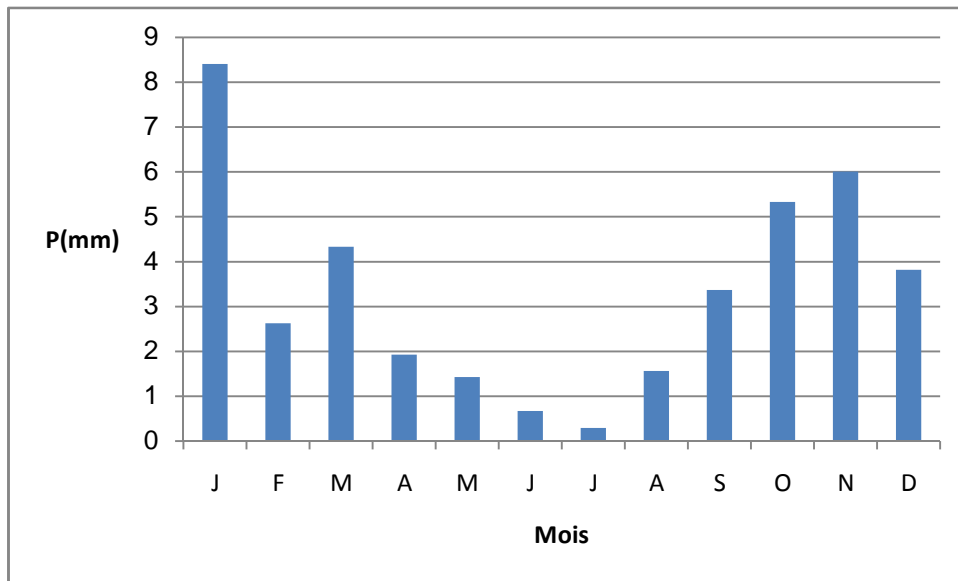


Fig.6.- Précipitation mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)

IV.3.- Humidité relative

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (2004-2015).

Tableau N°04 : Humidité moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| H (%) | 60 | 52 | 46 | 39 | 34 | 30 | 26 | 30 | 39 | 45 | 55 | 61 | 43.08 |

L'humidité relative de l'aire et très faible, elle varie entre 26% et 61% , sur la période d'observation . La moyenne de l'humidité la plus élevée est enregistrée au mois de Décembre avec 61% et le taux le plus faible est observé au mois de Juillet avec une valeur de 26% et une moyenne annuelle de 43.08%. (O.N.M.2004-2015)

IV.4.- Vents

Nous pouvons dire que le vent c'est le paramètre climatique le plus régulier dans la région de Ouargla. Il est déterminé par sa direction et sa vitesse (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008).

Tableau N°05 : Vitesse maximale moyenne du vent (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vitesse Max (km/h) | 57.3 | 49.9 | 60.4 | 70.8 | 65.1 | 55.4 | 62.8 | 58.3 | 55.3 | 49.5 | 47.3 | 43.7 | 56.3 |

Les vents les plus forts se produisent durant les mois de Mars jusqu'à Septembre avec un maximum de 70.8 km/h en Avril. La vitesse maximale moyenne annuelle du vent est de 56.3 Km/h.

Généralement, les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction S-N et SW-NE, tandis que les vents dirigés vers le Sud et le Sud-Ouest ne dominent qu'au mois de Janvier. On peut penser que l'orientation grossièrement N-S de la vallée joue un rôle dans la direction des vents (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008).

IV.5.- Insolation

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

La variation annuelle de l'insolation concorde avec celle de la nébulosité, elle est de type méditerranéen présentant un maximum estival. Cependant, il existe plusieurs variations annuelles dues aux petits accidents provoqués par des ponts nuageux (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008).

Tableau N°6 : Insolation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|
| Inso (h) | 245,9 | 239,9 | 262,4 | 280,1 | 304,9 | 252 | 328,1 | 329 | 265,4 | 264,7 | 251,4 | 225,8 | 581 |

L'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juillet-Août". Le minimum en Décembre correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 225.8 heures . D'une manière générale, la durée d'insolation annuelle est de l'ordre de 581 heures.

IV.6.-Evaporation

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive qui a pour effet d'absorber des calories et donc de réduire la température de l'environnement.

Les données de l'évaporation présentées dans le tableau N°6 ont été recueillies au niveau de la station de Ouargla pour la période 2004/2015.

Tableau N°7: Evaporation moyenne mensuelle (station de Ouargla, 2004-2015)

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|
| Evap(mm) | 91 | 126 | 201 | 255 | 328 | 397 | 455 | 374 | 292 | 225 | 123 | 88 | 2955 |

L'évaporation dans la vallée de Ouargla est très élevée, elle est maximale de l'ordre de 455 mm au mois de Juillet et minimale de 88 mm au mois de Décembre. Le taux annuel de l'évaporation est de 2955mm/an

IV.7. Diagramme Ombrothermique

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle $P \leq 2T$.

Le diagramme nous permet de déterminer la durée et l'intensité de la saison sèche. Dans le cas de notre région d'étude, celle-ci s'étale sur toute l'année (Figure 6).

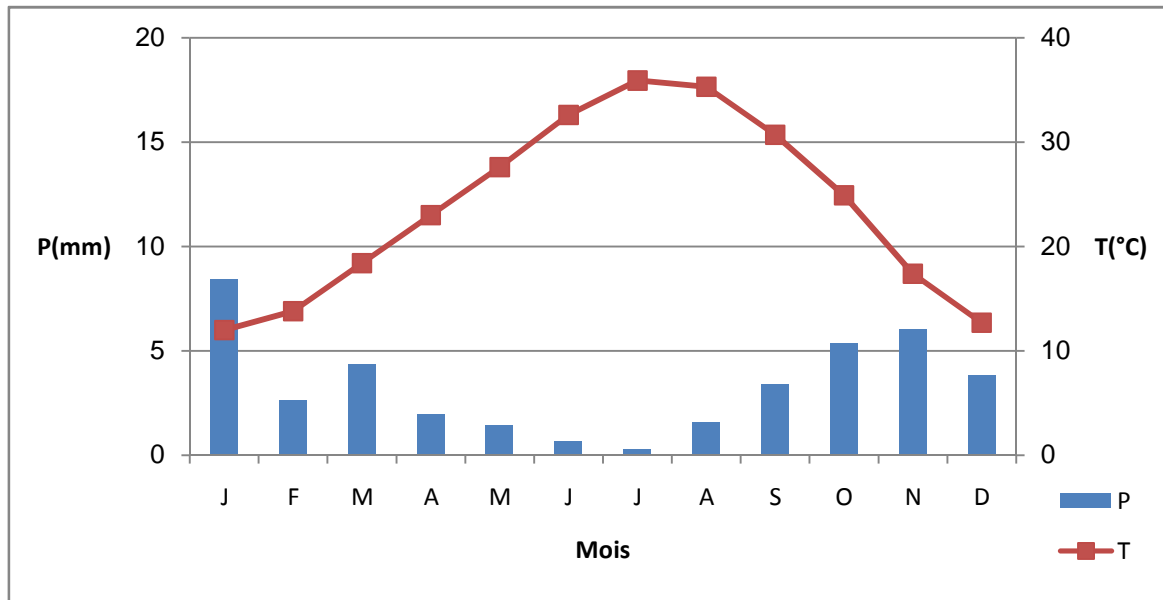


Fig7 : Diagramme Ombrothermique à la station de Ouargla (2004/2015)

V.-Conclusion :

La région d'étude est une zone aride caractérisée par des températures moyennes maximales de 35.9°C observées au mois de Juillet et une température moyenne annuelle de 23.69°C . Les précipitation sont très faibles de l'ordre de 39.6mm/an.

La variation interannuelle des précipitations au cours des 11 ans (2004-2015) montre une très forte irrégularité d'une année à l'autre un maximum de 100mm a été observé en 2004 et un minimum de 13.2mm en 2007. L'évaporation est très intense, le taux annuel est de l'ordre de 2955mm/an et la période sèche s'étale sur toute l'année

I.-Introduction :

Le rôle de la géologie est primordiale en hydrogéologie, il permet la description lithologique et stratigraphique des formations et d'identifier celles susceptibles d'être aquifères.

Dans ce chapitre, nous aborderons les aspects géologiques à l'échelle régional puis celle locale propre à la zone d'étude.

II.-Géologie régionale:

Le bassin oriental du Sahara (figure.5.), à couverture sédimentaire, d'âge paléozoïque au récent, est nettement mieux connu grâce aux recherches pétrolières. Il est limité à l'Ouest par la dorsale du M'Zab et au Sud par les plateaux du Tadmait et du Tinrhert, se plonge vers l'Est en Tunisie et en Libye. Il comporte à la base des sédiments paléozoïques plissés, et pénéplaines par l'orogénèse hercynienne, surmontés en discordance par des sédiments variés (marins et continentaux) du Secondaire et du Tertiaire sur une épaisseur de 2000 mètres environ. Le bassin oriental se présente également comme un vaste synclinal, ouvert vers le Nord. Dans sa moitié Sud, ce synclinal est traversé par un grand axe anticlinal Nord-Sud, siège de plusieurs gisements pétroliers. C'est le haut-fond d'Amguid-El Biod. Cet axe n'est plus apparent dans les formations du Mio-Pliocène ; il y a même inversion de relief puisque l'axe de l'actuel synclinal Mio-Pliocène se superpose à l'ancien haut-fond. Dans le bassin du Sahara septentrional, une seconde zone haute a existé, du Cénomaniens au Mio-Pliocène, entre Hassi-Messaoud et la frontière tunisienne. Cette structure est orientée Est-Ouest ; elle sépare la fosse des chotts, au nord, du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région (NEZLI Imed Eddine, 2004).

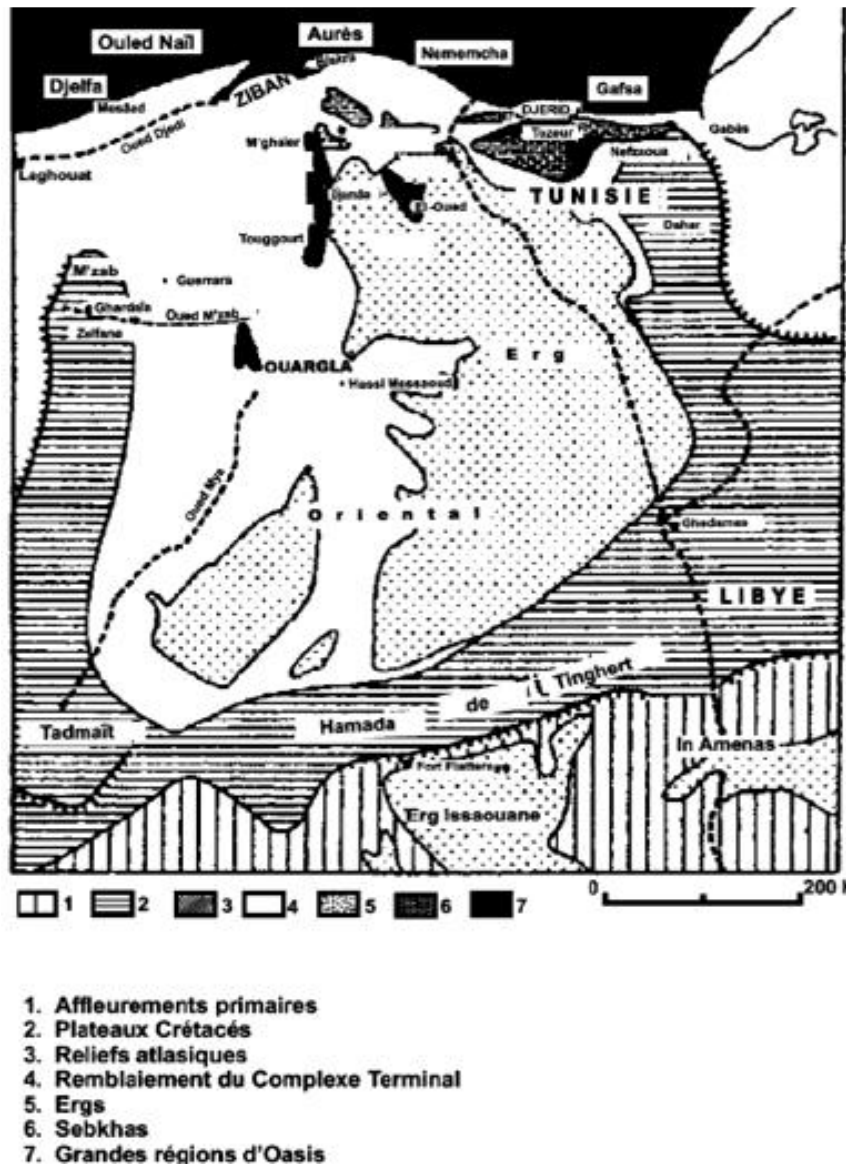


Figure .8.- Carte géologique du Bas-Sahara (D'après Nesson, 1978)

Dans la région de Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent (figure.7), ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes) (BELLAOUEUR Abdelaziz, 2008).

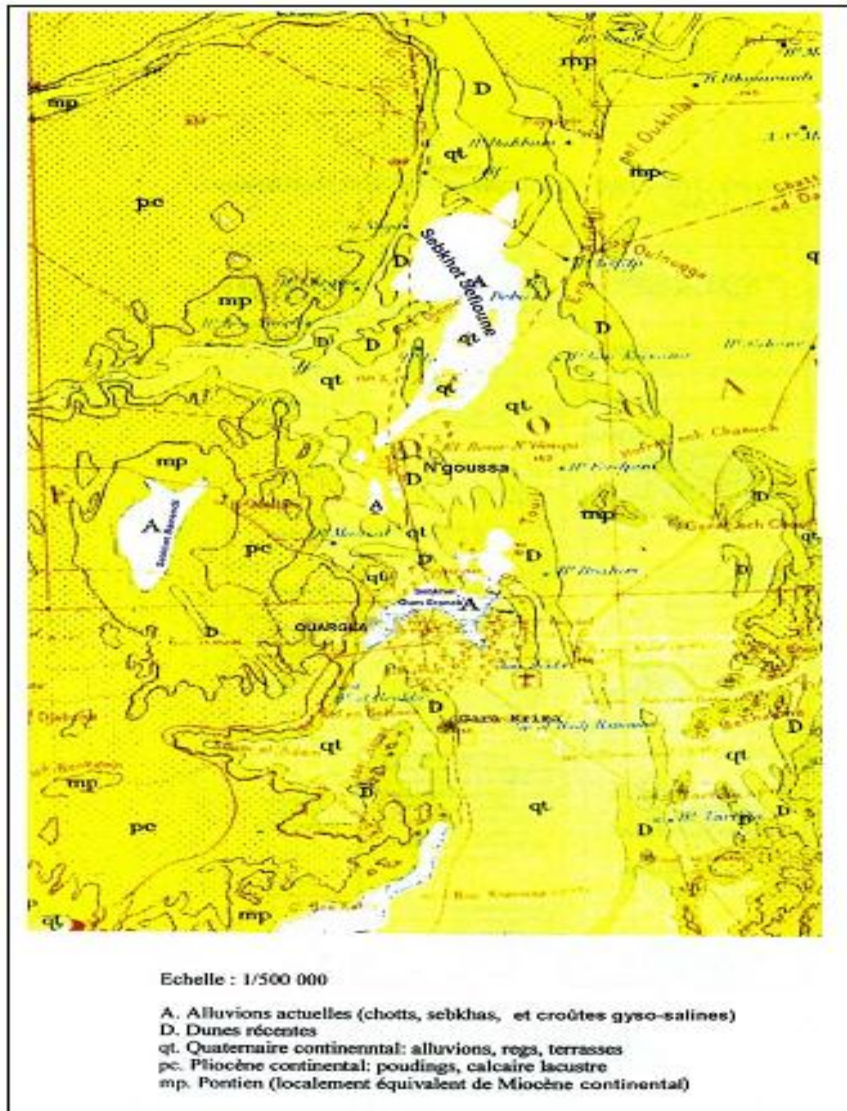


Figure .9.- Carte géologique de la basse Vallée de l’Oued Mya (Ouargla) d’après Cornet et Gouscov (1952)

La lithostratigraphie est plus ou moins complète, elle n’est connue que grâce aux forages profonds d’exploration pétrolière ou hydraulique (figure16)

II.1.-Le Secondaire :

II.2.-L’Albien :

L’Albien est formé d’un dépôt gréseux continental d’épaisseur importante de 350 m environ. Son faciès est représenté par des grès fins à ciment argileux ou carbonaté, et intercalation de sables grossiers et des passées d’argiles pélitiques et sableuses brun-rouge.

II.3.-Le Vraconien :

Le Vraconien est représenté par de dépôts carbonatés de 75 m de puissance. Il est représenté par des dolomies microcristallines et de calcaires dolomitiques à intercalation d'argiles pélitiques et de marnes dolomitiques de couleur brune ou rouge. Ce Vraconien carbonaté n'est qu'un terme de passage entre l'Albien gréseux (sommet du Continental Intercalaire), et le Cénomaniens argilo-carbonaté (base de Complexe Terminal).

II.4.-Le Cénomaniens :

Le Cénomaniens est formé d'une série argilo-lagunaire d'environ 150m d'épaisseur, représenté à la base par des argiles gypseuses et marnes grises, à passées de calcaires dolomitiques, au sommet par alternance d'argiles salifères à bancs métriques d'anhydrite et de marnes dolomitiques grises (l'épaisseur des bancs est de 1 à 5m).

II.5.-Le Turonien :

Le Turonien est, parmi toutes celles du bassin oriental du Sahara algérien, la formation sédimentaire la mieux caractérisée. Elle constitue donc un excellent niveau repère. D'une épaisseur de 70m environ, dans la région d'étude, il est représenté par du calcaire crayeux blanc à grisâtre à microfaunes (Globigérines, Fusulines, Ostracodes ...), calcaires dolomitiques fins à rares passées argileuses et dolomies cristallines vacuolaires.

II.6.-Le Sénonien :

Dans tout le bassin oriental du Sahara Algérien, le Sénonien est constitué de deux formations lithologiques superposées :

- le Sénonien lagunaire à la base
- le Sénonien carbonaté au sommet

II.6.1.-Le Sénonien lagunaire :

Le Sénonien lagunaire a une épaisseur qui varie de 0 à 500 mètres dans le bassin oriental (350 m environ à Ouargla). Il est représenté essentiellement par des bancs métriques d'anhydrite blanche à intercalations d'argiles grises(1 à 2 mètres), de sels massifs à passées d'argiles dolomitiques rouge, marnes et calcaires dolomitiques. La dolomie constitue parfois des barres plus importantes (10 à 15 mètres). La limite du Sénonien lagunaire est généralement franche : les évaporites et les argiles sénoniennes se distinguent facilement des calcaires et des dolomies turoniennes

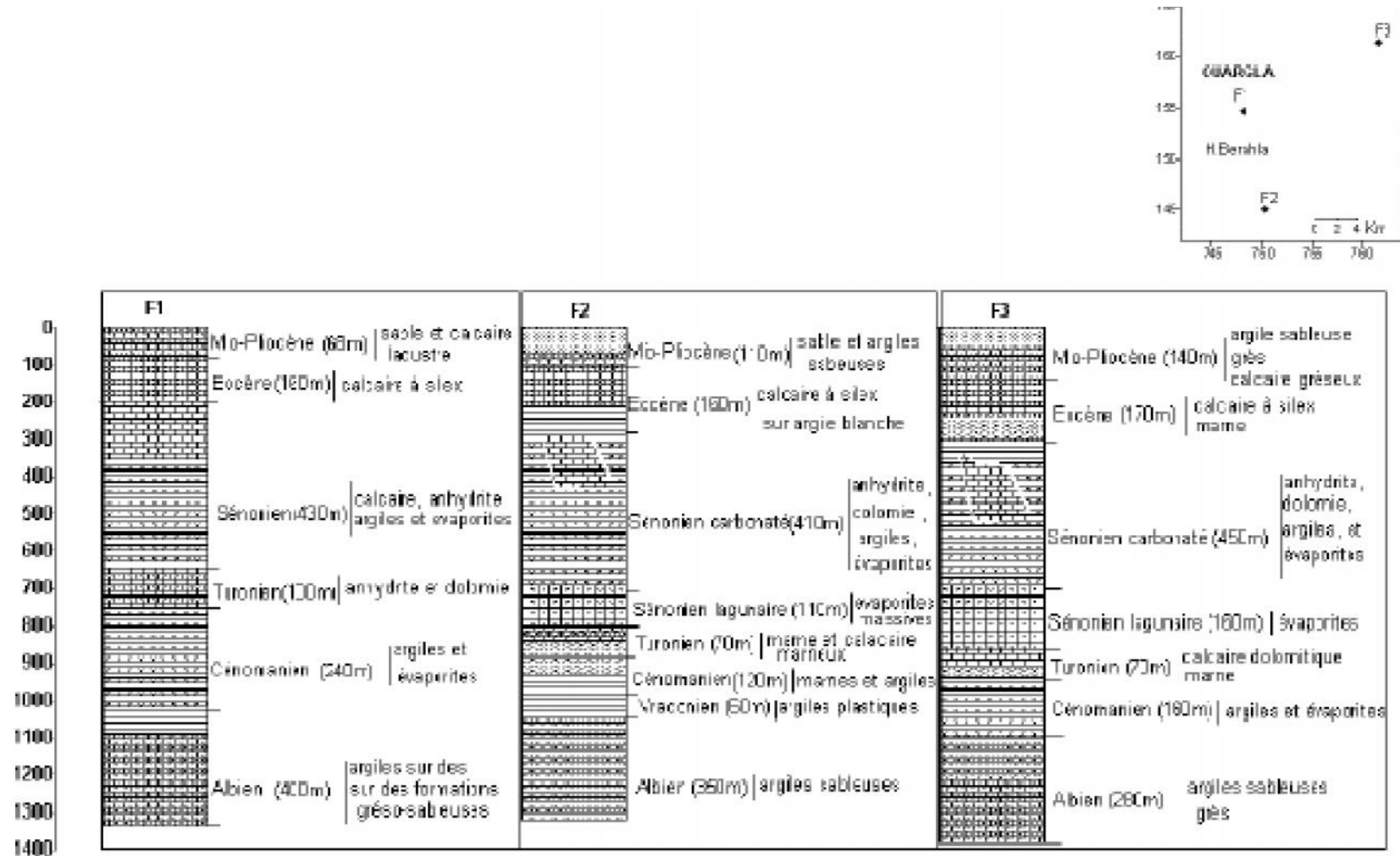


Figure.16.- Log lithostratigraphique des forages (Archives de l' ANRH, Ouargla)

II.6.2.-Le Sénonien carbonaté (Maestrichtien) :

Le Sénonien carbonaté est, essentiellement constitué de calcaire crayeux fossilifère et argileux, dolomies beiges vacuolaires, dolomies calcaires à débris, marnes dolomitiques et marnes grises. L'épaisseur du Sénonien carbonaté dans la région de Ouargla est de 90 mètres environ.

La transition Sénonien lagunaire-Sénonien carbonaté est floue. On peut prendre comme limite supérieure du Sénonien lagunaire : soit le toit du dernier banc d'anhydrite lorsque le changement est franc, soit le niveau où le pourcentage des carbonates devient supérieure à celui des évaporites, lorsque le changement de faciès est progressif. (NEZLI Imed Eddine 2004)

II.7.-Le Tertiaire :**II.8.-L'Eocène :**

Dans l'Eocène, on distingue deux formations lithologiques, comme dans le Sénonien :

- l'Eocène carbonaté à la base
- l'Eocène évaporitique au sommet

II.8.1.-L'Eocène carbonaté(Yprésien) :

L'Eocène inférieur ou carbonaté a des caractéristiques lithologiques qui le rendent difficile à distinguer des calcaires et des dolomies sénoniennes; seule la présence ou l'absence de certains fossiles caractéristiques (Nummulites), permet de faire la différence.

L'Eocène carbonaté a été rencontré au Nord de Ouargla, il est représenté par une alternance de dolomies et de calcaires dolomitiques microcristallins vacuolaires beiges très fossilifères (Nummulites, Operculines et Algues), calcaires crayeux à rognons de silex et à intercalation de marnes et argiles plastiques grises. Son épaisseur est de 140 mètres environ.

II.8.2.-L'Eocène évaporitique (Lutétien) :

Au Nord de Ouargla, au-dessus de l'Eocène carbonaté, on trouve une formation lagunaire, constituée d'une alternance de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites, surmontées par des argiles beiges pélitiques et sableuses à traces de silex. A cette formation est associée une microfaune, d'âge éocène (moyen), constituée de nummulites, de milioles et de globigérines.

Dans le bas Sahara, cette formation est connue sous l'appellation d'Eocène évaporitique. Son épaisseur est faible.

II.9.-Le Mio-Pliocène :

Les formations du Mio-Pliocène résultent du démantèlement de reliefs bordiers engendrés par l'orogénèse alpine, au cours d'une période pendant laquelle le Sahara était complètement exondé.

Dans le bassin oriental le Mio-Pliocène, est un puissant ensemble, constitué de sables et d'argiles, qui repose, en discordance, sur diverses formations antérieures : Primaire, Cénomanién, Turonien, Sénonien ou Eocène. Les niveaux sableux, argileux, ou argilo-sableux ont une structure lenticulaire. Le Mio-Pliocène est donc caractérisé par une forte hétérogénéité, aussi bien dans la direction verticale que dans les directions horizontales.

Bel et Dermagne (1966) ont tenté de différencier à l'échelle du bassin oriental du Sahara Algérien, quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène, alternativement sableux ou argileux ;

Niveau 1:

De faible épaisseur et essentiellement argileux, constitue la partie inférieure du Mio-Pliocène, représenté surtout dans le centre du bassin (chott Melrhir, Merouane), suivant une bande nord-sud.

Ce niveau est représenté à Ouargla par un banc d'argile rouge sableuse de 1 à 20 mètres d'épaisseur. Cornet, 1964).

Niveau2:

Gréso-sableux, est le niveau le plus épais (maximum à Gassi-Touil :400m) et le plus constant. Il s'étend sur l'ensemble du Sahara oriental et continue dans le Sahara occidental. A sa " base" on trouve parfois des graviers. Le " sommet" est composé d'argiles marquant le passage au niveau 3.

Selon Cornet (1964), cet horizon à Ouargla est un ensemble détritique de 12 à 35 mètres de sables grossiers blancs ou jaunes, contenant la nappe du Mio-Pliocène.

Niveau 3:

Représente une petite formation argilo-sableuse, dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones. Elle n'est épaisse et constante que dans la région des chotts. Les argiles sableuses du niveau 3, séparent des niveaux 2 et 4.

Dans notre région, la formation sus-indiquée, est un imperméable de 15 à 20 mètres de calcaires et de marnes lacustres, généralement très durs, dont la base est formé par un banc d'argile plus ou moins sableuse (Cornet, 1964).

Niveau 4:

Est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. Dans certaines zones, il est confondu avec le deuxième niveau lorsque le troisième niveau est absent. Au niveau des chotts son épaisseur est considérable, son sommet, affleurant sur de grandes surfaces, est constitué par une croûte de calcaire gréseux "Croûte Hammadienne".

Ce niveau à Ouargla est de 10 à 25 mètres de sables généralement rose ou rouges, avec intercalation de bancs de grès rose, difficile à distinguer des sables quaternaires qui les surmontent (Cornet, 1964).

II.10.-Le Quaternaire :

La série Tertiaire se termine par des formations argilo-sableuses rouges, avec dépôts évaporitiques, puis par quelques bancs calcaire assez épais. Une croûte de grès conglomératiques à ciment siliceux en forme la surface. Cette période, d'abord nettement sub-aride atténuée, correspond vraisemblablement au Plio-Villafranchien (Aumassip. et al., 1972).

Mais ces dernières formations n'apparaissent pas dans la vallée. Que ce soit par érosion fluviale (la subsidence récente des chotts Melghir et Merouane provoquant l'encaissement progressif de l'Oued Mya dans le plateau des Gantra), ou par déflation éolienne, les couches supérieures de la série Tertiaire ont disparu du fossé et le remblaiement Quaternaire, constitué de sables alluviaux ou éoliens, fins à moyen, et sables gypseux et parfois argileux ou carbonaté, vient reposer en discordance et irrégulièrement dans la vallée sur les séries moyennes du Continental Terminal. Les épaisseurs de ce dépôt détritique augmentent considérablement du Sud au Nord du bassin (10 mètres environ).

III.-Conclusion :

Le comportement géologique des terrains de la région de Ouargla est connu par une étude lithologique détaillée allant du Barrémien jusqu'au Mio-pliocène. Dans la région d'Ouargla, les terrains Mio-Pliocènes affleurent à la surface sur une faible épaisseur et sont recouverts par endroits de dépôt quaternaires (ergs et dunes).

I.-Introduction

Les eaux souterraines représentent la seule source d'approvisionnement en eau dans la région d'étude. Cette dernière renferme des réserves souterraines importantes représentée par les deux grands aquifères du Sahara: le continentale intercalaire et le complexe terminal. Cependant, un problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique est survenue depuis l'exploitation des nappes profondes. Dans ce chapitre, nous allons en premier lieu, présenter les principaux aquifères de la région et évoquer par la suite les caractéristiques lithologiques du réservoir contenant la nappe superficielle, l'hydrogéologie de cette nappe et le problème de la remontée des eaux.

II.- Hydrogéologie de la zone d'étude**II.1.- Aquifères de la région**

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT)

Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km² dont 70 % se trouvent en Algérie, 24 % en Libye et 6 % en Tunisie (Fig. 11) et s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tinrhert et d'Ouest en Est depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'au Graben de Hun en Libye.

Ce bassin se subdivise en trois sous-entités : les deux sous-bassins du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées « chotts et sebkhas » et le plateau de la Hamada El Hamra (BELLAOUER Adbelaziz, 2008)

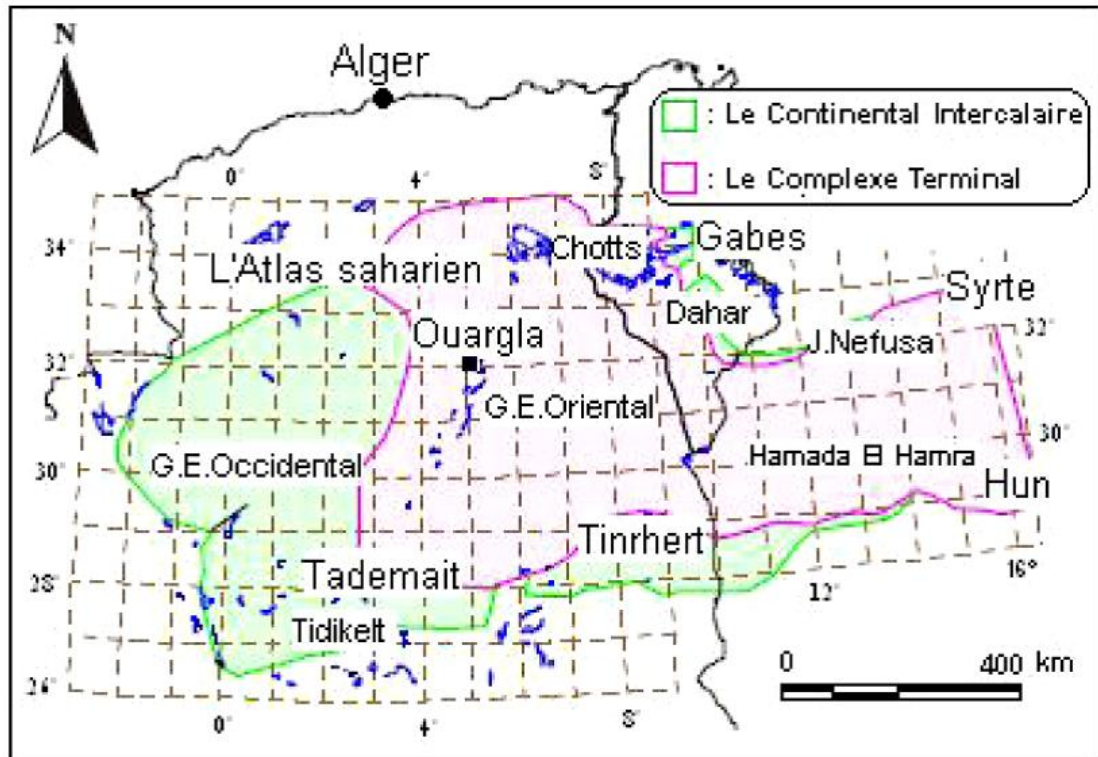


Fig.11. Délimitation du SASS (OSS, 2003)

II.1.1.- Continental Intercalaire :

D'une superficie de 600 000km² est une des plus grande réserve souterraine du monde. La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur.

La recharge actuelle de la nappe du Continental Intercalaire estimée à 8,5 m³/s s'effectue par infiltration des précipitations sur les bordures du bassin, tout au long des oueds qui descendent des massifs montagneux, notamment de l'Atlas saharien au Nord-Ouest et du Dahar à l'Est. Des ruissellements en bordure de plateaux peuvent également participer à l'alimentation de la nappe sur le bord du Tademaït et sur le bord du Tinrhert, de même que, d'après le SASS, l'infiltration des pluies sur le Grand Erg Occidental.

II.1. 2.- Complexe Terminal

D'une superficie de 350 000km² et d'une réserve de 1736,38 hm³/an. Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En fait, il est possible d'y distinguer trois horizons aquifères principaux, séparés localement par des niveaux semi-perméables ou imperméables. Ces trois horizons sont représentés par les calcaires et dolomies du Sénonien et de l'Eocène Inférieur, par les sables, grès et graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène. La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

II.1.2.1.- Nappe Mio-Pliocène

L'exploitation de la nappe Mio-Pliocène est extrêmement ancienne, cette nappe se trouve à une profondeur de 60 à 200m. Cette nappe du Mio-pliocène est à une profondeur de 130m au niveau de Sefioune où elle est encore artésienne. La teneur en sel est d'environ 2 à 3 g/l. Cette nappe est actuellement utilisée pour l'alimentation en eau potable de la ville de Ouargla avec 23 forages avec pompage (BOUTELLI med hichem, 2012)

II.1.2.2.- Nappe du sénonien

La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200m de profondeur. C'est la nappe du Sénonien qui est exploitée au forage de Hassi Khefif au Nord-Est de la Sebkhia Safioune à 400m de profondeur. Le résidu sec varie entre 2.5 et 3.6 g/l. Au total, 274 forages dont la plupart sont captant dans le complexe terminal assurent une production annuelle de 50 millions de m³ d'eau pour l'alimentation domestique et agricole. (BOUTELLI med hichem 2012)

II.1.3.- Nappe phréatique

La nappe phréatique est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire. La nappe est présente partout à l'échelle de la région à des profondeurs très rapprochées de la surface du sol. Sa frange capillaire affleure souvent sur la surface du sol sous forme de petits chotts qu'on trouve de part et d'autre de la ville de Ouargla. Les eaux de rejet urbaines et agricoles (palmeraies) maintiennent des niveaux piézométriques très élevées par rapport à la morphologie du terrain (remontée de la nappe), et entraînent la déstabilisation des structures urbaines et entravent le développement agricole de la région.

II.2. -Lithologie du réservoir

La nature lithologique du réservoir a été mise en évidence par des sondages (fig.10). Ces logs de piézomètres effectués par l'entreprise nationale géophysique (ENAGEO1990), ont permis de relever la présence de trois classes de profils géologiques:

- Classe A

C'est la classe la plus répandue, elle représente environ 75 % des terrains .On distingue:

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

- Classe B

Elle caractérise les chotts et les sebkhas où on distingue:

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

- Classe C

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

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

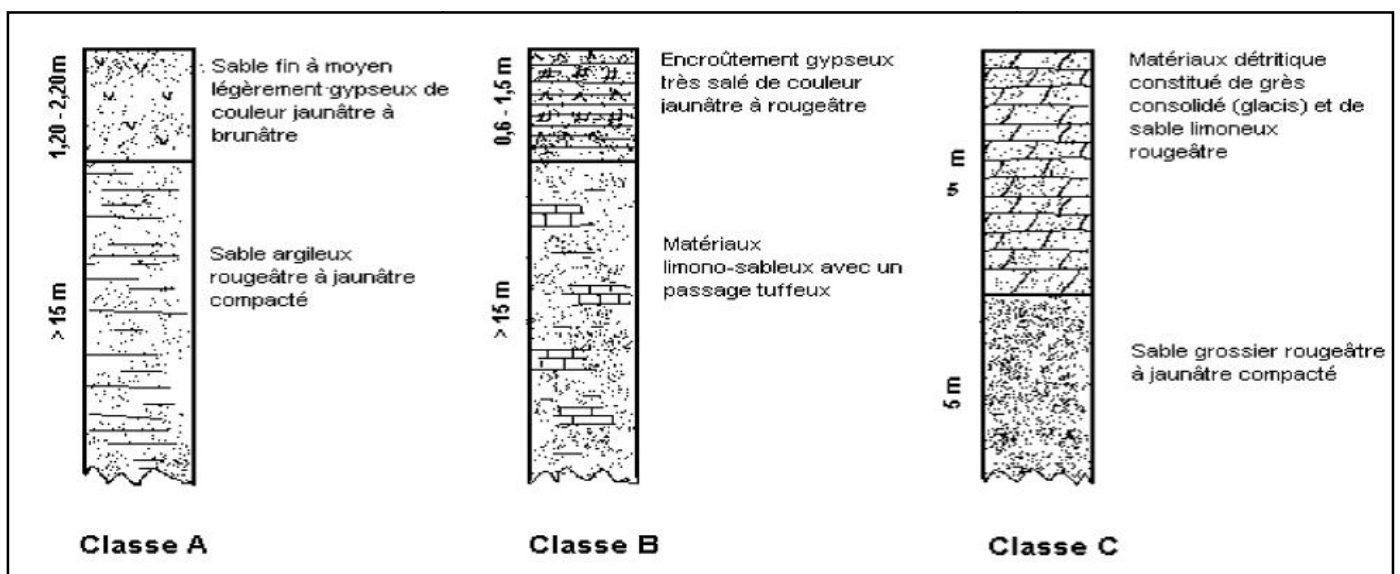


Fig12 : Log géologiques au niveau du Quaternaire dans la Vallée de l' Oued Mya (ENAGEO 1990)

Au Sud de Ouargla la nappe est constituée de sable fin à moyen argileux, rarement grossier, et plus vers le Nord (N' goussa et Sebkhet Sefiounes) les sables sont riches en gypse, qui devient dominant à Sebkhet Sefiounes.

En outre, on note la continuité lithologique qui existe entre les sables miopliocènes sous-jacent et les sables du quaternaire ce qui suggère que les deux formations constituent pratiquement le même aquifère.

III.-Piézométrie de la nappe

Les cartes piézométriques établies à l'échelle de la cuvette, par l'ENAGEO, BG et l'ANRH (campagne 94 et les campagnes récentes 2003, 2004, 2009 et 2011) montrent clairement qu'il existe deux zones distinctes séparées par une ligne de partage des eaux au niveau de Hassi Miloud et Bour El Haicha, ce qui traduit par deux écoulements, l'un vers le Nord c'est à dire vers sebkhat Safioun et l'autre vers l'Ouest (sebkhat Bamendil)

La nappe est présente partout à l'échelle de la région. Son épaisseur varie de 1 à 8m et repose sur un niveau imperméable étanche, qui occupe tout le fond de la vallée d'Ouargla. Sa frange capillaire surgie souvent sur la surface du sol sous forme de chotts qu'on trouve de part et d'autre de la ville d'Ouargla. Elle est relativement profonde dans les points de haute topographie (Ergs), et moins profonde dans les zones à proximité des palmeraies irriguées (RADJA Belaid, 2014).

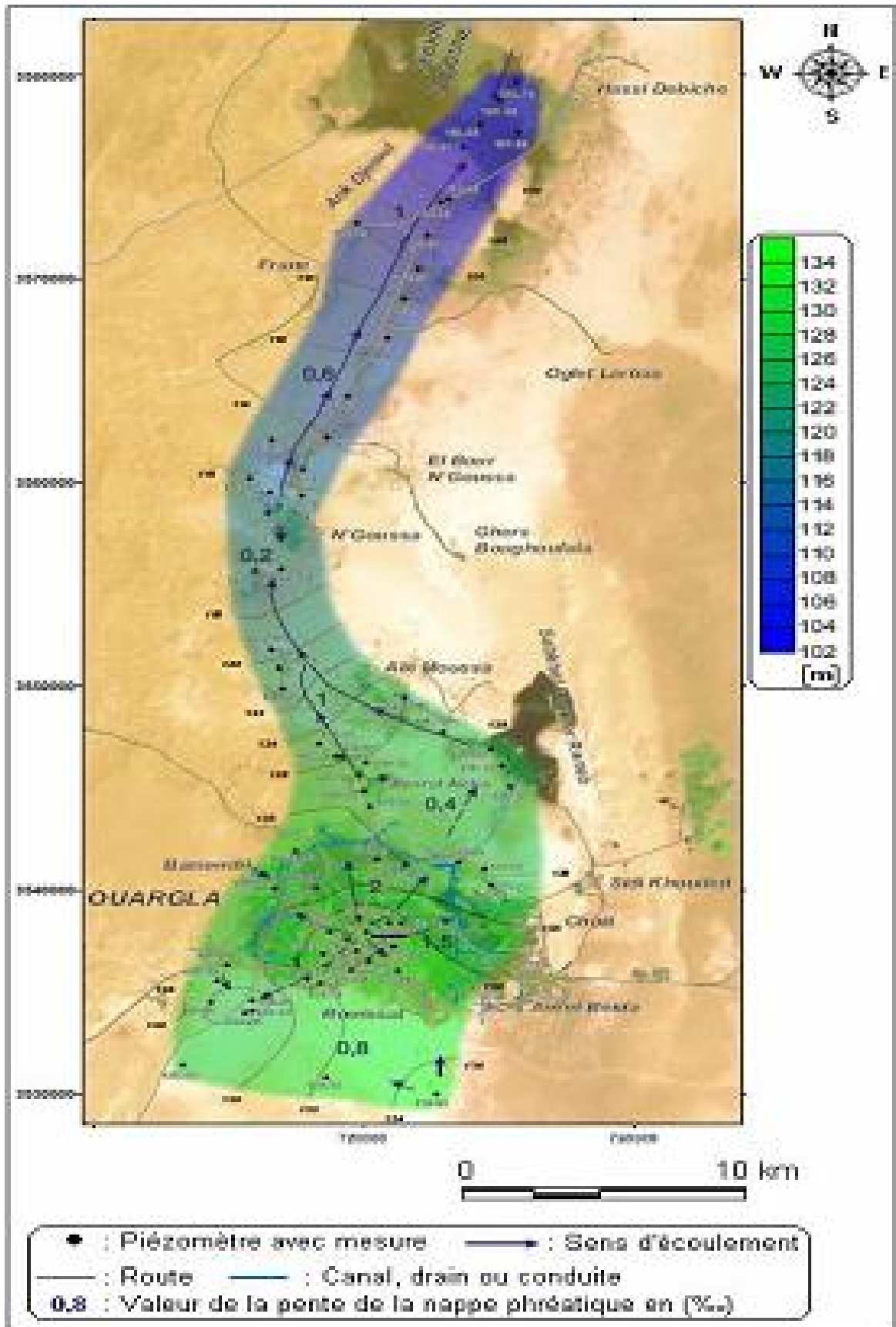


Figure13 :Carte piézométrique dans la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla en 2003 (BG 2004)

IV.-Le problème de la remontée des eaux:

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

La morphologie de la région de Ouargla est la causes principales de la remontée des eaux de la nappe: une topographie très plane associée à l'absence d'un 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

L'existence d'un réseau de drainage a contribué à l'atténuation des effets nuisibles de la remontée des eaux dans la cuvette. Le réseau de drainage comporte des canaux à ciel ouvert dans les palmeraies, ainsi que d'un collecteur d'eaux usées. L'ensemble des eaux de rejet étant collecté et acheminées vers la STEP où elles subissent un traitement et seront par la suite évacués par pompage vers sebkha Safioun située à 45 km au nord de la ville d'Ouargla.

V.-Conclusion

La région d'étude fait partie d'un vaste bassin sédimentaire du Sahara Nord-oriental. Elle est creusée dans un dépôt détritique de terrains tertiaires (Mio-Pliocène) et de dépôts détritiques quaternaires de basse vallée fossile de l'oued Mya, dans lequel, les sables dominant avec alternance des argiles, des calcaires et du gypse. Deux grands aquifères sont exploités dans la région : La nappe du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. La nappe phréatique n'est pas utilisée à cause de sa forte salinité (20g/l). C'est une nappe contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire.

Elle est en moyenne à 2 m de profondeur par rapport au sol. Elle forme un dôme sous la ville de Ouargla. Les profondeurs les plus faibles (0,5 m) ont été mesurées à proximité de Sebkhet Oum Raneb et en bordure des palmeraies. En considérant l'ensemble de la cuvette, il semblerait que le niveau piézométrique est en une légère baisse d'une année à l'autre à l'exception des Zones irriguées proches de Sebkhet Oum Raneb et l'agglomération de Ouargla.

I. Introduction

La nappe phréatique de Ouargla est très salée. Un réseau de drainage est nécessaire pour évacuer les eaux de percolation. L'absence d'exutoire et un réseau de drainage mal entretenu ont augmenté le taux de salinité du sol. Un suivi des paramètres physico-chimique des eaux de drainage a été réalisé au cours des mois de Février, Mars, Avril et Mai et une analyse de la nappe phréatique à été effectuée au mois de Mai.

II. Le drainage

Le drainage selon le FAO, est une technique de suppression naturelle ou artificielle des excès d'eau souterraine et de surface et des sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau s'évacue des champs jusqu'aux lacs, marécages, fleuves et rivières. Dans un système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est éliminé par des canalisations souterraines ou de surface. Le drainage a pour objectif :

- D'évacuer l'excès d'eau de pluie par les drains de surface qui recueillent essentiellement l'écoulement de surface.
- De contrôler la profondeur de la nappe et de lessiver les sels dans la rhizosphère
- De transporter l'eau récupérée dans les drains secondaires jusqu'à collecteur
- De transporter l'eau des collecteur jusqu'à l'exutoire du système ou au site d'évacuation.

II.1. Eaux de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisées comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphores de désherbants et d'insecticides.
- En région viticole, apport du sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (RICHARD ,1996).

- En région désertique, c'est particulièrement le problème de salinité des eaux de drainage qui se pose.

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants provenant de différents usages domestiques, des activités industrielles et agricoles et les eaux de ruissellement.

III. Système de drainage de la palmeraie de Ouargla :

Dans la région de Ouargla, 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.

En 1881, les fossés entourant le Ksar ont été 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

En 1956, le forage Albien I au sud-est du Ksar a 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 er 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 er Raneb et déjà vers la Sebkhet Safioune (Rapport de BG, 2004)

Actuellement, le réseau de drainage s'étend sur une longueur totale d'environ 80 km. Un canal collecteur à ciel ouvert, d'une longueur égale à 10,5 km traverse la sebkha de Bamendil ainsi que toute la partie Nord de Ouargla. Créant une ceinture de clôture à l'ancienne palmeraie de Ouargla, ce drain n'a pas été réalisé suivant les normes requises puisque l'étude propose une largeur de drain à 12 m et non pas à 6 m, comme c'est le cas actuellement.

III.1.Problèmes de la collecte des eaux de drainage :

Les difficultés de drainage constituent une des contraintes majeures des palmeraies de la région. L'étude menée ainsi que les observations faites sur l'état actuel des réseaux de drainage, montrent que la majeure partie des canaux sont inefficaces et à faibles capacités d'évacuation des eaux excédentaires de l'intérieur des palmeraies.

Dans les palmeraies, les drains, appelés Khandegs, quand ils existent, sont mal réalisés et leur hiérarchie est souvent aléatoire (de point de vue dimensionnement: écartements, profondeur et pente).

A cette mauvaise organisation, s'ajoute un manque flagrant d'entretien. Le réseau est totalement délaissé et livré à lui-même et les mauvaises herbes ont proliféré, gênant ou obstruant parfois totalement, les écoulements. Dans beaucoup de parcelles, les drains secondaires n'aboutissent nulle part et se perdent au sein même des palmeraies où ils donnent naissance à des eaux stagnantes.

Les difficultés de drainage sont également dues à la position topographique qu'occupent certaines palmeraies par rapport aux sols de l'oasis. Les anciens agriculteurs Ouarglis, sont obligés d'installer dans les bas-fonds pour garder l'artésianisme. Ces jardins en bas-fond, n'ont pu être drainés convenablement et ont fini par s'engorger d'eau.

La mise en place du canal collecteur a effectivement permis une amélioration de la situation: un rabattement important de la nappe phréatique avoisinant ce drain a été obtenu autour des zones traversées par le canal, et la sebkha de Bamendil a été pratiquement asséchée. Mais, c'est la partie Est et Nord-Est de la cuvette, recevant la quasi-totalité des eaux drainées, qui se trouve aujourd'hui totalement engorgée.

IV. Suivi de la salinité des eaux de drainage

IV.1. Situation géographique de canal de drainage

Le réseau de drainage de la région de Ouargla est alimenté essentiellement par des eaux d'irrigation, les eaux usées et la nappe.

Le réseau de drainage de la cuvette de Ouargla est constitué de canal à ciel ouvert sa profondeur varie entre (1,5 à 2,0 m), et d'un réseau secondaire et tertiaire

Le collecteur principal qui existe sur la périphérie de la ville et les palmeraies s'étend sur une longueur totale de 37561 m environ et une profondeur de 1,5 à 2 m avec une pente qui varie entre (1 à 2‰) ce collecteur a pour objectif de drainer toutes les eaux excédentaires d'irrigation, les eaux pluviales, et de rabattre la nappe phréatique.



Figure14: Le réseau de drainage de la région de Ouargla

I. Matériels et méthodes :

Notre étude s'est tenue, au niveau du canal principal du réseau du drainage et des autres branches secondaires qui se déversent dans ce canal situé dans la région de Bamendil

Le canal joue un rôle primordial dans l'évacuation de l'eau d'irrigation des palmiers dans la région mais aussi pour rabattre le niveau de la nappe phréatique

Avant d'exposer les résultats des mesures et d'analyses physico-chimiques obtenus dans les eaux de canal de drainage de Bamendil, nous jugeons utile de présenter le matériel utilisé, ainsi que les techniques de prélèvement et d'analyse des échantillons.

I.1. Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). (RODIER, 2005).

Il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable.

Afin d'avoir des analyses représentatives et fiables, la méthode d'échantillonnage exige une réflexion préalable et une précaution attentive de prélèvement.

Dans le cadre de ce travail, six campagnes ont été réalisées depuis le mois de Février jusqu'au mois de Mai. Au cours des première le 27/02/2016 et la deuxième campagne le 7/03/2016: 09 et 15 échantillons ont été respectivement prélevés et 18 échantillons au le 19/03/2016, le 16/04/2016 et le 30/04/2016 (figure14) ont été effectués au niveau des drains à l'aide d'un échantillonneur (figure15) pour des mesures in-situ des paramètres physico-chimiques à savoir: température, oxygène dissous, pH et conductivité électrique. Au cours de la sixième campagne réalisée le 1/05/2016, des prélèvement de sept échantillons ont été effectués: cinq échantillons au niveau des drains et deux échantillons de la nappe phréatique qui ont été soumis à des analyses physico-chimiques au laboratoire de l'ADE de Ghardaïa.

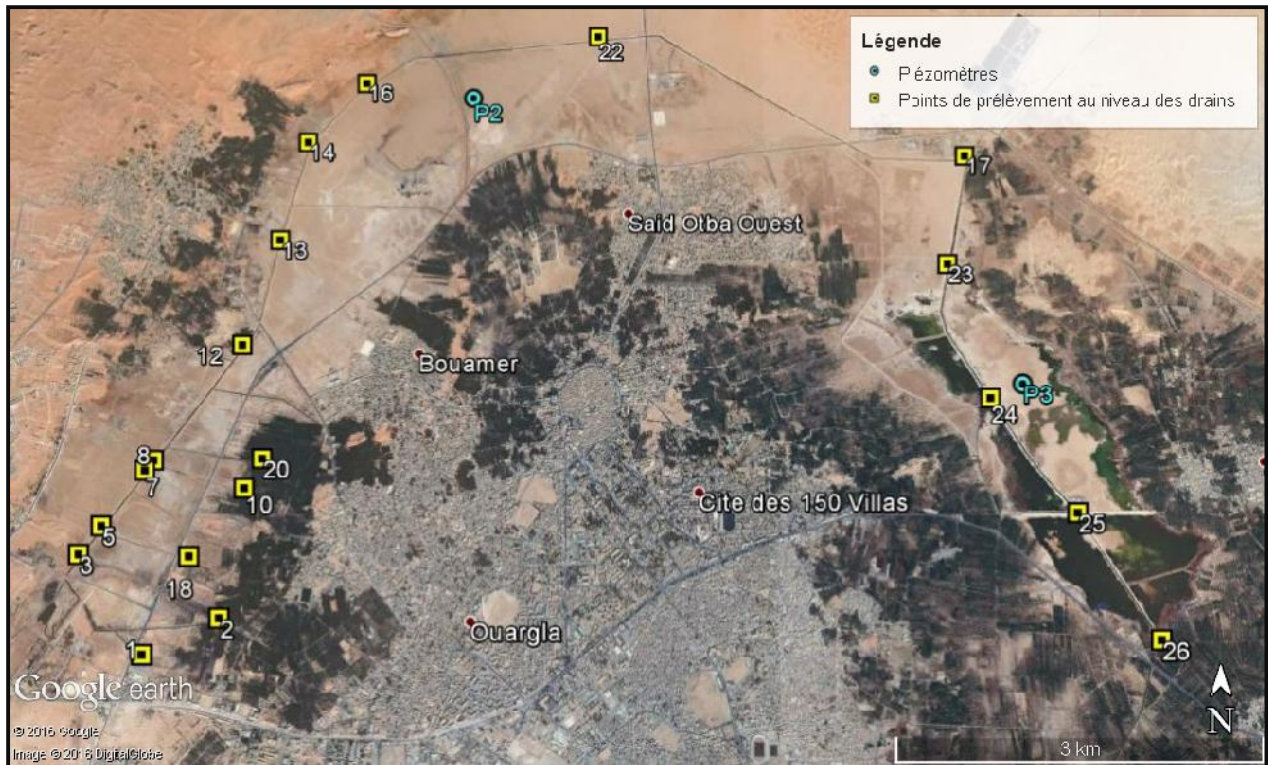


Figure15. Carte de situation des points de prélèvement.



Figure16. L'échantillonnage des eaux de drainage.

I.1.2. Analyses physico-chimiques :

Les différentes analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de drainage de la région d'étude ont été effectuées sur terrain. Nous avons mesuré les paramètres suivants : T (°C), pH, CE (mS/cm), O₂ (mg/l)

I.1.2.1. La température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux souterraines ou superficielles.

La température a été déterminée au même temps que la conductivité électrique et le pH par le multi-paramètre (figure16)



Figure17. Un multi-paramètre WTW 3430

I.1.2.2. Le pH (potentiel hydrogène):

Le pH est un des paramètres importants influençant la tendance entartrant ou agressive d'une eau naturelle: d'une manière générale une baisse du pH favorisera la tendance agressive et une élévation du pH, le caractère entartrant.

C'est une échelle logarithmique qui varie de 0 à 14 et qui traduit l'acidité ou l'alcalinité d'une solution, la neutralité étant à pH 7.

Le pH des eaux naturelles varie entre 6,5 et 8,2 en moyenne.

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ présents dans une eau. Sa mesure a été réalisée à l'aide d'un multi-paramètre WTW i3430

I.1.2.3. La conductivité électrique:

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées (THOMAS, 1995). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau.

le principe repose sur la mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

I.1.2.4. L'oxygène dissous:

Dans les eaux naturelles, l'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel car sa présence (milieu aérobie) permet la respiration des êtres vivants aquatiques.

Bien que toujours présent dans l'eau, l'oxygène n'en est pas pour autant un élément constitutif. Son origine est soit l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques, soit la dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique, sa teneur est fonction, en particulier, de la profondeur : extrêmement faible dans les eaux profondes et parfois proche de la saturation dans les eaux superficielles. La concentration de saturation dépend quant à elle notamment de la salinité, de la pression partielle d'oxygène dans l'atmosphère et de la température.

I.1.2.5. Les méthodes d'analyses chimiques:

Pour l'acquisition des méthodes d'analyses de l'eau et avoir des résultats à interpréter pour finaliser mon mémoire de fin d'étude, j'ai effectué un stage pratique au niveau du laboratoire central de l'Algérienne Des Eaux (A.D.E) de GHARDAIA. Au cours de ce stage, j'ai effectué les analyses de 07 échantillons d'eau dont 05 ont été prélevés au niveau des drains et deux à partir de deux piézomètres creusés par une tarière . Le dosage des différents ions (Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-}) a été fait par plusieurs méthodes d'analyses:

- Par titrimétrie ont été dosés les chlorures (Cl^-) et le calcium (Ca^{2+}).

-Par complexométrie a été déterminée la dureté totale (TH)

- Par précipitation et peser à l'état de sulfate de baryum, en présence de chlorure de baryum $BaCl_2$, ont été dosés les ions sulfates (SO_4^{2-})

-Par spectrophotométrie : les nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) et orthophosphates (PO_4^{3-})

II. Résultats et discussion :

II.1. Paramètres physico-chimiques:

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de la composition chimique de l'eau.

II.1.1. La température (T):

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures de température des eaux de drainage:

Tableau N°8. Température des eaux de drainage

| N° | 27/02/2016 | 7/03/2016 | 19/03/2016 | 16/04/2016 | 1/05/2016 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 16.5 | 18.7 | 18.9 | 20.4 | 22.5 |
| 2 | 16.3 | 16.4 | 18.4 | 19.5 | 21 |
| 3 | 16 | 15 | 15.7 | 18.7 | 20.5 |
| 5 | 15.7 | 14.5 | 16.2 | 19.2 | 21.8 |
| 7 | 14.9 | 12.8 | 18 | 20 | 22 |
| 8 | 17 | 12.5 | 20 | 19 | 21 |
| 12 | - | 17.5 | 17 | 18.5 | 22.2 |
| 13 | 14.2 | 15.7 | 16 | 19.5 | 21.2 |
| 14 | 13.5 | 18.3 | 18 | 19.6 | 21.5 |
| 16 | 17.2 | 17.5 | 14 | 19.2 | 21.2 |
| 17 | - | 13.4 | 12.7 | 18.7 | 21.2 |
| 18 | - | 12.5 | 14.7 | 19.4 | 21.2 |
| 20 | - | 16.3 | 15.4 | 20.1 | 21.4 |
| 22 | - | 15.5 | 16.2 | 20 | 21.7 |
| 23 | - | - | 16.4 | 20.8 | 21.2 |
| 24 | - | - | 16.7 | 21 | 22.5 |
| 25 | - | - | 15 | 19.5 | 22.5 |
| 26 | - | - | 16.9 | 21.7 | 22.5 |

Les valeurs de température des eaux de drainage mesurées au cours de la première campagne (27/02/2016) se situent entre 13.5°C au point N° 14 et 17.2°C au point N°16

Pour la deuxième campagne (7/03/2016) les température varient de 12.5°C aux points N°8 et 18 et à 18.7°C au point N°1.

Les valeurs de température mesurées durant la campagne (19/3/2016) varient entre 12.7°C au point N°17 et 20°C au point N°8 .

Pour la campagne (16/04/2016), la température des eaux de drainage oscille entre 18.5°C au point N°12 et 21.7°C au point N°26.

Elle varie pour la campagne (30/04/2016) de 20.5°C au pont N°3 et 22.5°C aux points N°1, 24, 25 et 26

La variation de la température des eaux de drainage est en relation avec la température de l'air et des saisons

II.1.2.Potentiel Hydrogène (pH):

Le pH est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques. Il est dépendant des mécanismes de transformations chimiques et biologiques.

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions H⁺.

Les valeurs de pH mesurées dans les eaux pour les trois campagnes gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité, elles se situent entre 7.36 et 9.1 pour la première campagne (27/02/2016), entre 7.41 et 8.87 pour la deuxième campagne (07/03/2016) et entre 7.32 et 8.68 (19/03/2016) pour la troisième campagne. Il varie entre 7.33 et 8.81 pour la quatrième campagne (16/04/2016) et de 7.36 à 8.23 pour la cinquième campagne (30/04/2016). Dans l'ensemble le pH des eaux de drainage gravite autour de 7.3 à 9.1 c'est une eau qui est neutre à alcaline.

II.1.3. L'oxygène dissous (O₂):

Les mesures de l'oxygène dissous des eaux de drainage ont été réalisées au cours de la première campagne (27/02/2016). Les résultats montrent (figure17) que les concentrations varient de 0.02 mg/l aux points N°7 et 16 à plus de 5 mg/l aux points N°2, 3, 5, 8,13 et 14. Le point N° 7 est situé dans le drains principal et correspond aux eaux usées quant aux autres point: au niveau du point N°3, nous avons remarqué un écoulement important des eaux, aux points 13 et 14 nous signalons la présence du roseaux.

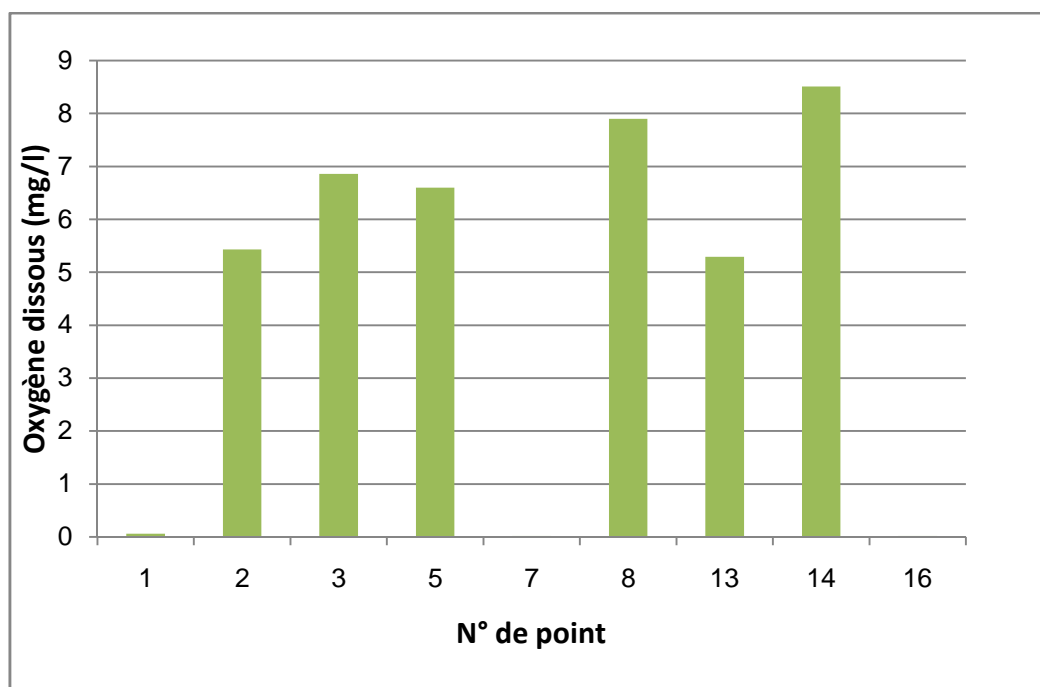


Figure18. Variation de l'oxygène dissous des eaux de drainage (campagne 27/02/2016)



Figure 19. Le roseau au niveau des drains

II.1.4. La conductivité électrique :

La conductivité qui est l'inverse de la résistivité traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique, la mesure de la conductivité permet d'apprécier minéralisation totale de l'eau.

Les valeurs de conductivité électrique des eaux de drainage mesurées au cours de la première campagne (27/02/2016) se situent entre 5.72°C au point N°1 et 26.6 mS/cm au point N° 14 (Fig 19).

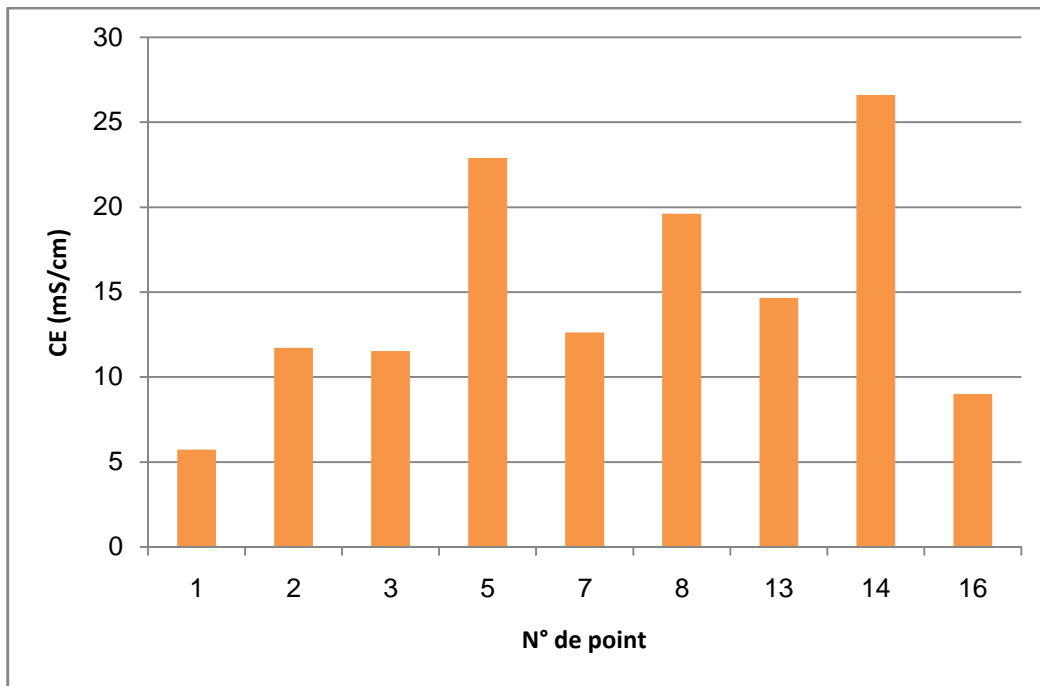


Figure 20. Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 27/02/2016)

On remarque que les points présentant les fortes conductivités électriques (points N° 5, 8, 13 et 14) sont situés au niveau du drain principal

Pour la deuxième campagne (7/03/2016) la conductivité électrique varie de 5.46 mS/cm au point N°1 à plus de 23 mS/cm aux points N°13, 18 et 20 (Fig 20). Ces deux derniers sont localisés au niveau des drains secondaires des palmeraies au Sud-Ouest.

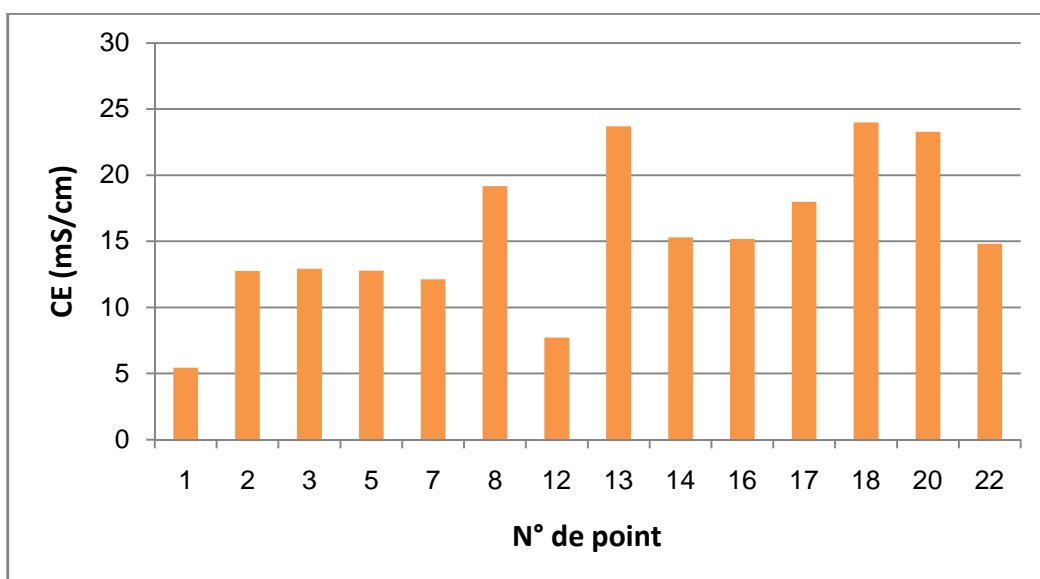


Figure 21. Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 07/03/2016)

Les valeurs de la conductivité électrique mesurées durant la campagne (19/3/2016) varient entre 6.71 mS/cm au point N°1 et 24.31mS/cm au point N°26 (fig21).

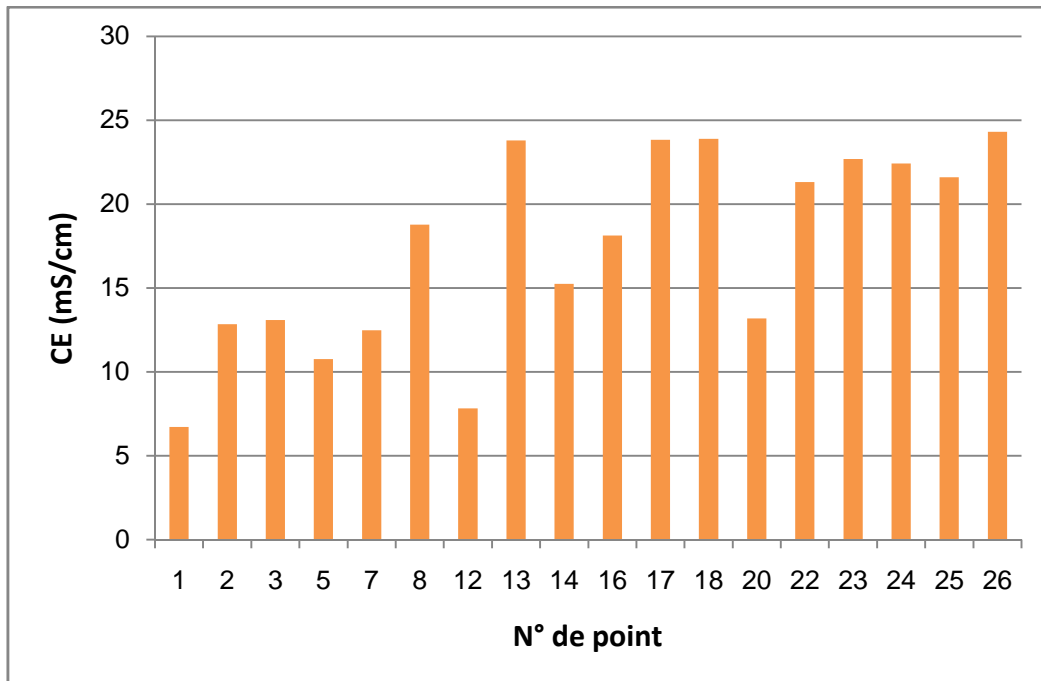


Figure22. Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 19/03/2016)

Pour la campagne (16/04/2016), la conductivité électrique des eaux de drainage oscille entre 5.85 mS/cm au point N°1 et autour de 42 mS/cm aux points N°22, 23 et 24 (fig22).

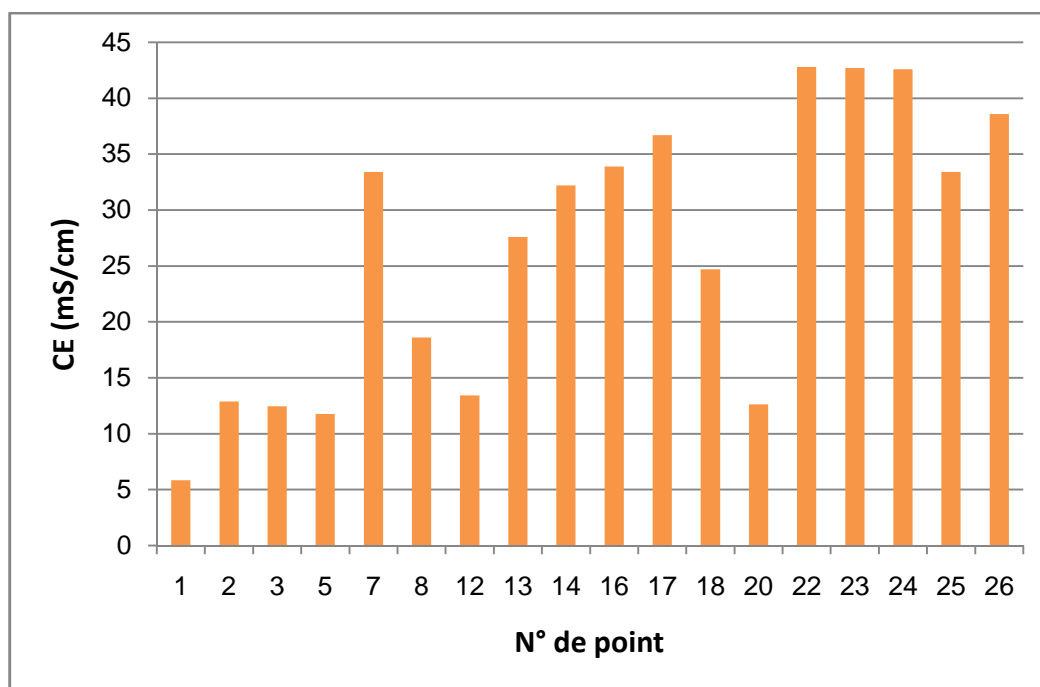


Figure23. Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 16/04/2016)

La conductivité électrique varie pour la campagne (30/04/2016) de 6.09 mS/cm au point N°1 à plus de 50 mS/cm aux points N° 24, 25 et 26 (fig 23)

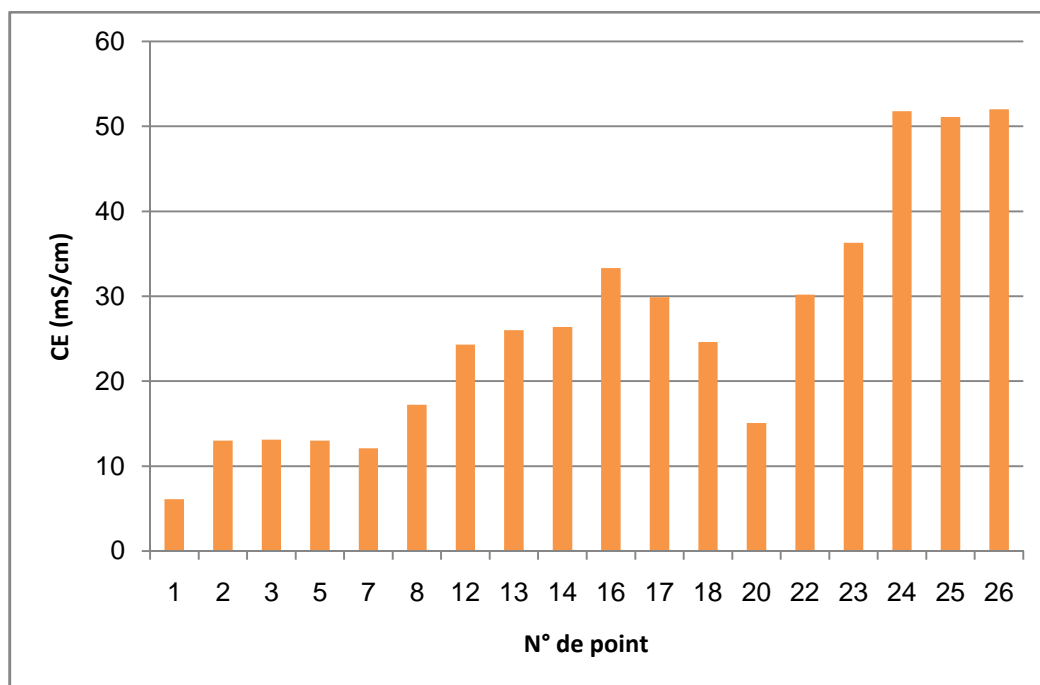


Figure24. Variation de la conductivité électrique des eaux de drainage (campagne 30/04/2016)

Ainsi, on remarque que les valeurs de la conductivité électrique varie d'un mois à l'autre. Cette variation est influencée par les effets climatiques notamment l'évaporation. On note également une variation d'un point à un autre. Les fortes conductivités sont observées au niveau du drain principal et au niveau des drains secondaire (points N° 18) des palmeraies situés au Sud-Ouest et les (points N° 17, 23,24,25 et 26) situés à l'Est et qui drainent la palmeraie de Ain El Baida

Cette forte minéralisation est due essentiellement au lessivage des formations gypseuses et argileuses par les eaux de la nappe, et les eaux d'irrigation.

Les mesures de conductivité électrique de la nappe phréatique et des eaux de drainage de la campagne (1/05/2016) montrent que les valeurs de CE sont respectivement de 54.5 mS/cm et 78.5 mS/cm au P2 et au P3 (figure 24). Au niveau des drains, la conductivité électrique varie entre 14.1 mS/cm au point N° 8 situé à l'amont du drain principal et 31.7 mS/cm au point N° 17 situé à l'aval.

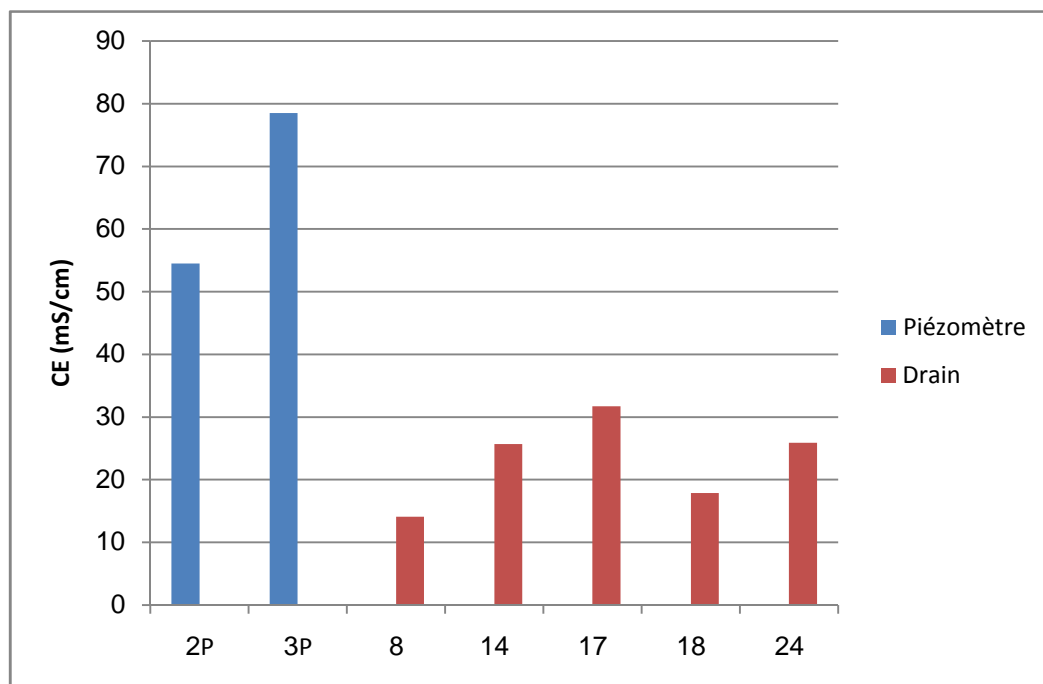
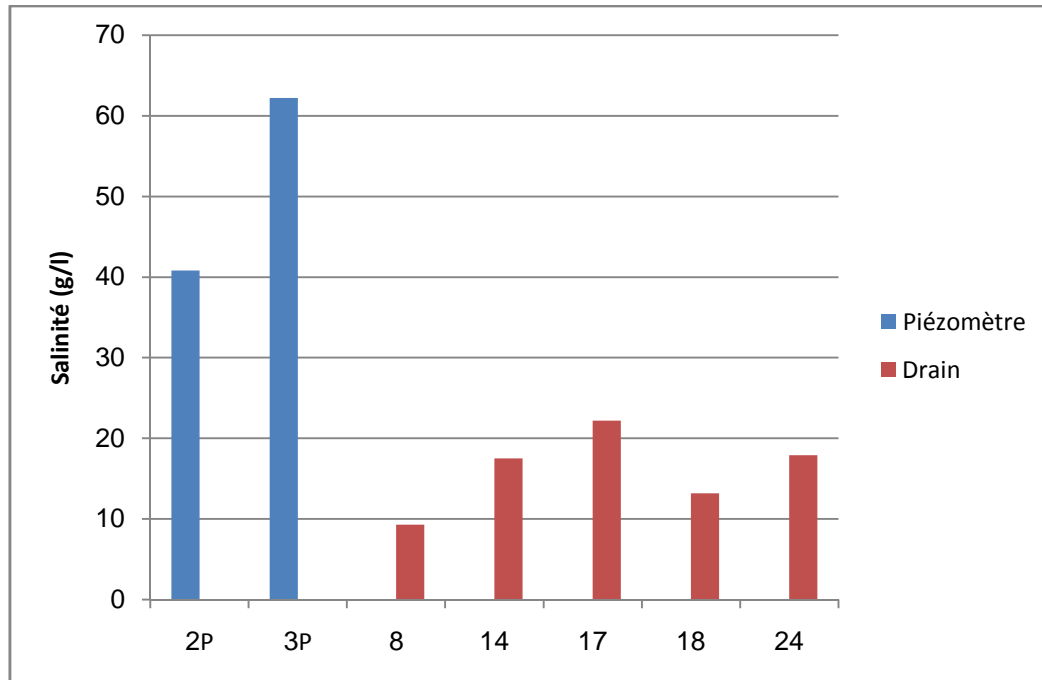


Figure 25. Conductivité électrique de la nappe phréatique et des eaux de drainage (campagne 1/05/2016)

Les mesures de la salinité montrent la même tendance que pour la CE. Les valeurs sont de 40.8 g/l au P2 et de 62.2 g/l au P3(fig25). Pour les eaux de drainage, elles oscillent entre 9.3 g/l au point N° 8 situé à l'amont du drain principal et 22.2 g/l au point N° 17 situé à l'aval.



**Figure26. Salinité de la nappe phréatique et des eaux de drainage
(campagne 1/05/2016)**

II.2. Les paramètres chimiques :

Au cours de la dernière campagne de terrain effectuée le 1/05/2016, nous avons réalisé un prélèvement de sept échantillons: cinq échantillons d'eau de drainage (Point N° 8, 14, 17, 18, 24) et deux échantillons de la nappe phréatique (P2, P3) pour des analyses au laboratoire et comparer les résultats de la composition chimique des eaux.

II.2.1. Le Calcium (Ca^{2+}) et le Magnésium (Mg^{2+}):

Les résultats des analyses des ions Ca^{2+} et de Mg^{2+} de la nappe phréatique et des eaux de drainage montrent que les concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} sont respectivement de 881.76mg/l et 1688.85mg/l au P2 et de 741.28mg/l et 3900.15mg/l au P3. Au niveau des drains, les teneur en Ca^{2+} et en Mg^{2+} varient respectivement entre 440.88mg/l et 551.61 mg/l au point N° 24 situé à l'Est et 801.6 mg/l et 855.36 mg/l au point N° 18 situé au Sud-Ouest.

II.2.2. Les Chlorures (Cl⁻) :

Les teneurs en chlorures de la nappe phréatique sont nettement supérieures à ceux des eaux de drainage (figure26). Elles sont de 23469.88 mg/l au P2 et de 27298.81 mg/l au P3. Les concentration des chlorures des eaux de drainage oscillent entre 4396.17 mg/l au point N° 8 situé à l'amont du drain principal et 9075.96 mg/l au point N° 17 situé à l'aval du drain principal.

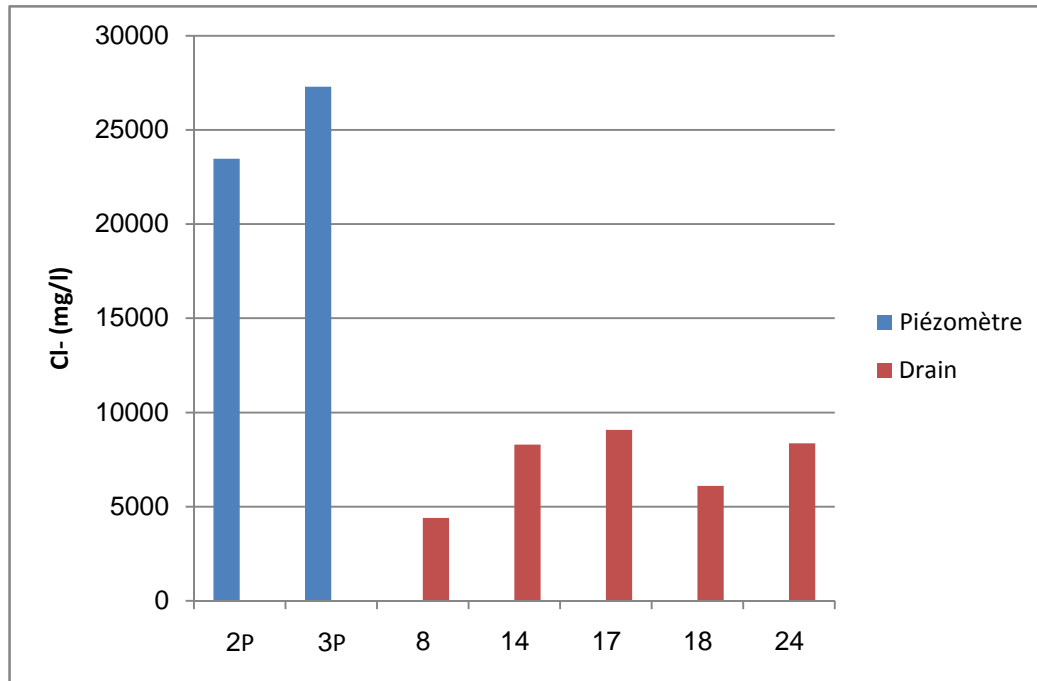


Figure27. Les teneur en chlorures de la nappe phréatique et des eaux de drainage

II.2.3. Les Sulfates (SO₄²⁻) :

Les teneurs des sulfates dans la nappe phréatique sont plus fortes que celles des eaux de drainage, elle sont de l'ordre de 8647.48 mg/l au P2 et de 9210.90 mg/l au P3. Les eaux de drainage présentent des concentration en SO₄²⁻ qui varient entre 2985.79 mg/l au point N°8 situé à l'amont du drain principal et 7630.54 mg/l au point N°17 situé à l'aval du drain principal.

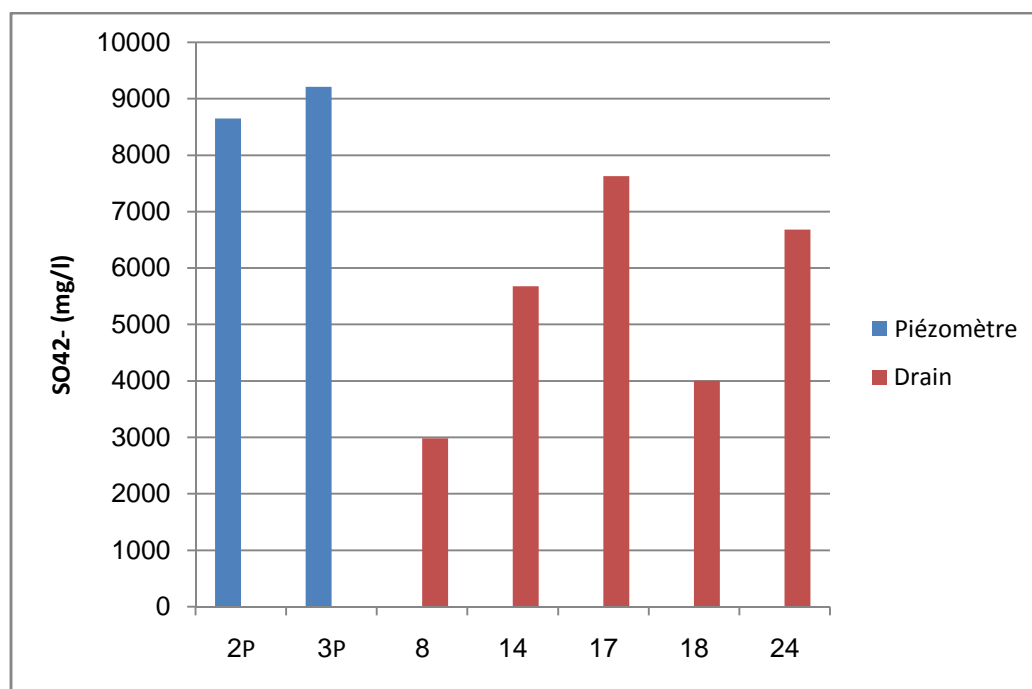


Figure28. Les teneur en sulfates de la nappe phréatique et des eaux de drainage

II.2.4. Les Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites représentent la forme de passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique, les teneurs en nitrites de la nappe phréatique sont de 0.423 mg/l au P2 et de 0.427 mg/l au P3. Pour les eaux de drainage, les teneur varient entre 0.033 mg/l au point N° 18 et 0.684 mg/l au point N° 17

II.2.5. L'Ammonium (NH_4^+) :

Les teneurs en ammonium dans la nappe phréatique sont de 0.358 au P2. Dans les eaux de drainage, elles sont de 0.294 au point N° 18 et de 0.855 au point N° 24.

L'Ammonium est la forme d'azote la plus toxique, il a pour origine les eaux urbaines.

II.2.6. Les Phosphates (PO_4^{3-}) :

Les teneurs en phosphates des eaux de la nappe phréatique sont de 0.803 mg/l au P2 et de 0.505 au P3. Les concentrations en phosphates des eaux de drainage varient entre 0.033 mg/l au point N° 18 et 1.308 mg/l au point N° 8.

L'origine des phosphates dans ces eaux est liée aux rejets urbains et/ou à la dissolution des engrais chimiques

III. Conclusion

Dans la région de Ouargla, 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.

Dans le cadre de ce travail, six campagnes ont été réalisées depuis le mois de Février jusqu'au mois de Mai.

Les valeurs de la conductivité électrique varie d'un mois à l'autre, ceci est lié l'évaporation. Une variation d'un point à un autre est observée avec de fortes conductivités au niveau du drain principal (points N° 5,8,13, 14*****) et au niveau des drains secondaire (points N° 18, 20) des palmeraies situés au Sud-Ouest et les (points N° 17, 23,24,25 et 26) situés à l'Est et qui drainent la palmeraie de Ain El Baida. Ceci est due à l'effet du lessivage des formations gypseuses et argileuses par les eaux de la nappe, et les eaux d'irrigation.

Les mesures de conductivité électrique de la nappe phréatique et des eaux de drainage de la campagne (1/05/2016) montrent un grand écart entre la minéralisation de la nappe (54.5 mS/cm et 78.5 mS/cm) et celle des eaux de drainage qui varie entre 14.1 mS/cm et 31.7 mS/cm de l'amont du drain principal jusqu'à l'aval.

Références bibliographiques

ANRH (2004). Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la Wilaya de Ouargla. Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ouargla, Algérie.

AUMASSIP. G., & al. (1972). Aperçu sur l'évolution du paysage Quaternaire de la région de Ouargla, Lybica, t.xx, 257p

BEL.F., & DERMAGNE .F.(1966). Etude géologique du Continental Terminal. INRH., Alger

BELKHIRA .C.(2008). Contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de Ouargla modélisation hydrodynamique de la remontée. Mémoire de magister .Université Kasdi Merbah- Ouargla.

BELLAOUEUR.A.(2008). Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Sahara nord-est septentrional - Algérie) .Mémoire de magister , université de Batna.,147p.

BONARD & GARDEL (BG). (2004). Etude d'assainissement des eaux résiduaires ,pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission on II, rapport final, 110p.

BOUTELLI.M.H.(2012): Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement, mémoire de magister. Université Kasdi Merbah- Ouargla,90p.

CHINOUNE. I.(2004) : Les effets induit par les P.N.D.A sur le développement de l'agriculture dans la wilaya de ouargla (Cas de la région de ouargla), mémoire de master, Université Kasdi Merbah,ouargla,52P

CORNET. A., GOUSCOV.N. (1952). Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien (nappe dite « albien »). In « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie » XIXème congrès géologique international T.II, 30p

CORNET. A., GOUSCOV.N. (1952). Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien (nappe dite « albien »). In « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie » XIXème congrès géologique international T.II, 30p

ENAGEO (1990) : Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la cuvette de., de la cuvette de Ouargla. Rapport, avril 1990

LAMINI Abdellah (2012). Etude géochimique et minéralogique des chotts de la région d'EL HADJIRA . Mémoire de Magister, université Kasdi Merbah, Ouargla. 122p

NESSON, C.(1978). L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien. In : Recherche sur l'Algérie, (ed. CNRS), pp 7-100, Paris.

NEZLI, I. (2004). Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba.93 p

OSS (2003) : Système Aquifère du Sahara Septentrional, Ouargla. Rapport interne. Annexes Tunis, Tunisie, 229p

OULAD LAID .H.O (2014): Caractérisation qualitative des eaux de drainage principal de Ouargla.influence sur le développement de la flore dans le drain, mémoire de master , Université Kasdi Merbah- Ouargla, 44p.

RADJA Belaid, 2014. Etude hydrogéologique et hydrochimique de la cuvette de la région de Ouargla, Sud-Est d'Algérie. Mémoire de master université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen.64 p

Rapport de BG, 2004. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique vol. VI.fasc. 1,5-72.

Conclusion générale

La région d'étude est une zone aride du Sud-Est algérien caractérisée par des températures moyennes maximales de 35.9°C observées au mois de Juillet et une température moyenne annuelle de 23.69°C. Les précipitations sont très faibles de l'ordre de 39.6mm/an. L'évaporation est très intense, le taux annuel est de l'ordre de 2955mm/an et la période sèche s'étale sur toute l'année.

Du point de vue géologique, la région d'étude fait partie d'un vaste bassin sédimentaire du Sahara Nord-oriental. Elle est creusée dans un dépôt détritique de terrains tertiaires (Mio-Pliocène) et de dépôts détritiques quaternaires de basse vallée fossile de l'oued Mya, dans lequel, les sables dominent avec alternance des argiles, des calcaires et du gypse. Deux grands aquifères sont exploités dans la région: la nappe du Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

La nappe phréatique n'est pas utilisée à cause de sa forte salinité (20g/l). Les fluctuations du niveau de la nappe 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.

L'exploitation des nappes profondes a servi à la revivification des palmeraies anciennes et à la création de nouvelles plantations et le réseau de drainage a été étendu et rénové. Cependant, le développement de la ville et l'évacuation des eaux urbaines a provoqué une augmentation du niveau de la nappe phréatique.

Le problème est d'abaisser le niveau du Chott et celui de la nappe de façon à mieux drainer les palmeraies tout en permettant la mise en place d'un réseau d'assainissement efficace. L'évacuation de l'eau dans les sebkhas a commencé par le pompage et évacuation vers la sebkha d'Oum er Raneb dont la surface s'est avérée insuffisante.

Actuellement, le réseau de drainage s'étend sur une longueur totale d'environ 80 km. Un canal collecteur à ciel ouvert entoure l'ancienne palmeraie de Ouargla, il joue un rôle primordial dans l'évacuation de l'eau d'irrigation des palmiers dans la région mais aussi de rabattre le niveau de la nappe phréatique

Notre étude s'est tenue, au niveau du canal principal du réseau du drainage et des autres branches secondaires qui se déversent dans ce canal situé dans la région de Bamendil.

Dans le cadre de ce travail, six campagnes ont été réalisées depuis le mois de Février jusqu'au mois de Mai. Au cours desquelles des prélèvements d'échantillons d'eau de drainage ont été faits pour des mesures in-situ des paramètres physico-chimiques (température, oxygène dissous, pH et conductivité électrique). La dernière campagne a fait l'objet de prélèvements d'échantillons de la nappe phréatique et des eaux de drainage pour des analyses chimiques au laboratoire.

Les valeurs de pH mesurées dans les eaux de drainage gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité, elles se situent entre de 7.3 à 9.1. Les mesures de l'oxygène dissous des eaux de drainage montrent que les concentrations varient de 0.02 mg/l à plus de 5 mg/l. Ces fortes concentrations en oxygène dissous ont été observées au niveau des points où il y avait un écoulement important des eaux et là où il y avait le roseau.

Les valeurs de la conductivité électrique varient d'un mois à l'autre. Cette variation est influencée par les effets climatiques notamment l'évaporation. On note également une variation d'un point à un autre. Les fortes conductivités sont observées au niveau du drain principal et au niveau des drains secondaires au Sud-Ouest et à l'Est au niveau de la palmeraie de Ain El Baida. Cette forte minéralisation est due essentiellement au lessivage des formations gypseuses et argileuses par les eaux de la nappe, et les eaux d'irrigation.

Les mesures de conductivité électrique de la nappe phréatique et des eaux de drainage montrent un grand écart des valeurs de CE de la nappe (54.5 mS/cm et 78.5 mS/cm) et celles des eaux de drainage qui varient de 14.1 mS/cm à l'amont du drain principal à 31.7 mS/cm à l'aval. Les valeurs de la salinité présentent la même tendance que pour la CE. Les valeurs sont de 40.8 g/l et de 62.2 g/l pour la nappe. Elles oscillent entre 9.3 g/l et 22.2 g/l pour les eaux de drainage.

Les concentrations en chlorures de la nappe phréatique sont nettement supérieures à ceux des eaux de drainage. Elles sont de 23469.88 mg/l et de 27298.81 mg/l pour la nappe. Les concentrations des chlorures des eaux de drainage oscillent entre 4396.17 mg/l et 9075.96 mg/l. Les teneurs des sulfates dans la nappe phréatique sont plus fortes que celles des eaux de drainage, elles sont de l'ordre de 8647.48 mg/l et de 9210.90 mg/l pour la nappe. Les eaux de drainage présentent des concentrations en SO_4^{2-} qui varient entre 2985.79 mg/l et 7630.54 mg/l.

تواجه مدينة ورقلة منذ فترة طويلة ظاهرة تصاعد المياه الناتجة عن
احتياجات الري و الشرب. لتجاوز هذه
الهدف هذه الدراسة هو
الفيزيائية والكيميائية (ناقلية الكهربائي
الرئيسية الثانوية

المياه الجوفية العميقة لتلبية
المياه الجوفية
قياسات الخصائص
ولتحقيقه،
مياه
الأوكسجين
ليل الكيميائية للطبقة المائية السطحية و مياه الصرف

أظهرت
مليسيمنس /
مليسيمنس /
قناة الصرف الرئيسية

تباين بين كمية المكونات المعدنية الموجودة في
مياه

54.5 المياه الجوفية
31.7 بين 14.1 مليسيمنس /

كلمات المفتاحية: طبقة المياه السطحية، تصاعد المياه

Résumé

La région de Ouargla se trouve, depuis longtemps, face au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique. Ce phénomène est apparu suite à la surexploitation des eaux des nappes profondes pour répondre aux besoins d'irrigation et de l'alimentation en eau potable. Pour pallier ce problème un système de drainage a été conçu afin de rabattre le niveau de la nappe et de diminuer la salinité. Le but de ce travail est le suivi de la salinité des eaux de drainage. Pour atteindre cet objectif, des mesures de paramètres physico-chimiques (conductivité électrique, pH, l'oxygène dissous, température) ont été réalisées au niveau du canal de drainage principal et des canaux secondaires in-situ au cours de six campagnes, et des analyses au laboratoire pour l'eau de drainage et la nappe phréatique. Les résultats montrent un grand écart entre la minéralisation de la nappe (54.5 mS/cm et 78.5 mS/cm) et celle des eaux de drainage qui varie entre 14.1 mS/cm et 31.7 mS/cm de l'amont du drain principal jusqu'à l'aval.

Mots clés: nappe phréatique, remontée des eaux, système de drainage, salinité

Abstract

The region of Ouargla long been facing the problem of the upwelling of groundwater. This phenomenon has appeared due to overexploitation of aquifers deep water to meet irrigation and drinking water supply needs. To overcome this problem a drainage system has been designed to fold down the water table and reduce salinity. The aim of this work is monitoring the salinity of drainage water. To reach this objective, the physico-chemical parameters measurements (electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature) were performed at the main drainage canal and secondary canals in situ during six campaigns and laboratory analysis for water drainage and groundwater. The results show a large gap between the mineralization of the aquifer (54.5 mS / cm to 78.5 mS / cm) and the drainage water that varies between 14.1 mS / cm to 31.7 mS / cm upstream from the main drain up

Keywords: shalow aquifer, upwelling, drainage system salinity