

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KASDI Merbah de Ouargla

—ooOoo—

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

—ooOoo—

Mémoire
Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De

MASTER

Filière: Hydraulique
Option: Forage d'eau

Thème:

Etude qualitative des eaux de forages d'AEP de la vallée d'Oued Righ :
Variation des teneurs en Fluorure en fonction de la piézométrie

Réalisé Par : - Ben saadia Mokhtar

- Ghebbache Mohamed

Soutenu publiquement le: 10 /06/2014

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Université | Qualité |
|---------------------|-------|-------------------------|-----------|
| Mahi Rachid | MAA | Kasdi Merbah de Ouargla | Président |
| Mansouri Zina | MAB | Kasdi Merbah de Ouargla | Examineur |
| Guezgouz Noureddine | MAB | Kasdi Merbah de Ouargla | Encadreur |

Promotion : 2014



Remerciement

Ce travail n'aurait pu voir le jour sans le soutien, les aides et les encouragements dont j'ai constamment bénéficié de la part de tous ce qui m'entourent.

Nous tenons aujourd'hui à les en remercier. Ma reconnaissance va tout particulièrement :

- ❖ En premier lieu à Dieu Allah le Tout - Puissant qui m'a donné la bonne volonté, le courage et la patience afin d'arriver à la réalisation de ce modeste travail.
- ❖ **À Mr. Guezgouz Noureddine** pour tous ce qu'il a su m'apprendre et me faire découvrir, en acceptant de m'encadrer et me guider, tout le long de ce mémoire, pour sa gentilles et sa disponibilité à mon égard. Et nous tenons à lui dire combien il est enrichissant de travailler à son cotés.
- ❖ **À tous les enseignants** qui ont contribué à ce mémoire. (Mr. **MELOIH WALID**)
- ❖ **À tous ceux** qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Enfin nous tenons à remercier nos amis qui m'ont soutenu dans les moments difficiles. Ma pensée se tourne particulièrement vers :

ABID MOHAMMED et BECHOUA ABDELGHANI

Il est bon d'avoir des gens sur qui l'on peut toujours compter.

MOKHTAR

MOHAMED





Dédicace

Au nom d'Allah, l'infiniment Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Louange à Dieu seul, et que son salut et sa bénédiction soient sur le dernier des prophètes

Le prophète Mohammed (Paix et bénédiction soient sur lui) a dit "***cherchez le savoir du berceau à la tombe***"

Comme il a dit : "**Apprendre le savoir pour l'amour d'Allah est bienfait, son études est louange, sa recherche est Jihad. Le savoir est un copain dans la solitude, causeur dans l'isolement, ami dans l'éloignement, guide dans la prospérité, aide dans l'adversité. Le savoir est beau chez les camarades, arme contre l'ennemi. Avec le savoir, on atteint les classes des bons dans l'au-delà, on s'assois avec les rois de ce monde, on accompagne les justes dans l'au-delà. Penser au savoir c'est comme le jeûne, sa révision c'est comme la prière de minuit. Avec le savoir on garde la parenté, on juge, on fait la différence entre le bienfait (halal) et le méfait (haram), on croit qu'il n y a q'un seul Dieu, et on lui obéit et adore.**"

On a atteint ce niveau de formation et d'études grâce aux ordres et recommandations de notre Messager (que Dieu le salut), et cela n'est qu'un point de départ et on va y rester.

En guise de reconnaissance et d'affection nous dédions ce modeste travail à :

- ❖ A nos pères et nos mères, pour le courage et la volonté avec lesquels ils se sont armés pour nos soutenir moralement et matériellement durant notre études.
Pour cette meilleure éducation qu'ils nos 'ont donné, pour être à notre cotés pour le meilleur et le pire.
- ❖ A tous nos familles, et notre amis et tout qui sont aidées nos de prés au loin pour faire ce travail.

Et tous ceux que nos 'ont bien aidé, encouragé et aimé, à ceux que nous porte dans notre cœur.
MOKHTAR

MOHAMED



Sommaire

| | |
|---|----|
| VI. conclusion..... | 15 |
| Chapitre III : Hydrogéologie | |
| I. Introduction..... | 16 |
| II. La limite du bassin hydrogéologie..... | 17 |
| III. Les différents aquifères existants..... | 18 |
| IV. Le Continental Intercalaire "CI"..... | 18 |
| V. Le Complexe Terminal (CT)..... | 19 |
| V.1. La nappe phréatique..... | 20 |
| V.2. Les nappes du complexe terminal..... | 21 |
| V.2.1. La première nappe des sables CT1..... | 21 |
| V.2.2. La deuxième nappe CT2..... | 21 |
| V.2.3. La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3 | 22 |
| V.3. Nappe du Continental Intercalaire..... | 23 |
| V.4. Caractéristiques essentielles des nappes..... | 23 |
| VI. Conclusion..... | 24 |
| Chapitre IV : Hydrochimie | |
| I. Introduction..... | 26 |
| II. Les résultats des données..... | 26 |
| II.1. Les cations (Mg^{++} , Na^+ , K^+)..... | 26 |
| II.2 Les anions (Cl^- , SO_4^-)..... | 26 |
| III. Le faciès chimique des eaux..... | 27 |
| III.1. Le diagramme losangique de Piper..... | 27 |
| III.2. Représentation de Schoeler-Berkaloff..... | 29 |
| III.2.1. Aptitude des eaux à l'irrigation..... | 30 |
| III.3. Diagramme de Wilcox..... | 31 |
| IV. Conclusion..... | 34 |
| Chapitre V : Etude de variation des concentrations des fluorures | |
| I. Introduction..... | 35 |
| II. Qualité des eaux d'oued Righ..... | 35 |
| II.1. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine (AEP)..... | 35 |
| II.2. Aptitude des eaux a l'irrigation..... | 36 |
| II.3. Les eaux de surface..... | 36 |
| III. Influence des fluorures sur la qualité des eaux..... | 37 |

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| <i>III.1. Source des ions fluorures.....</i> | <i>37</i> |
| <i>III.2. Le fluor dans l'eau.....</i> | <i>37</i> |
| <i>III.3. Apport total d'ions fluorures pour l'homme.....</i> | <i>38</i> |
| <i>IV. Cartographie des fluorures dans la région d'oued righ.....</i> | <i>39</i> |
| <i>IV.1. Carte de concentration de fluorures(2011).....</i> | <i>39</i> |
| <i>IV.2. Carte de concentration de fluorures(2008).....</i> | <i>40</i> |
| <i>V. Evolution des teneurs en Fluorures dans le temps.....</i> | <i>41</i> |
| <i>VI. Conclusion</i> | <i>42</i> |
| <i>Conclusion général.....</i> | |
| <i>Bibliographie.....</i> | |

Liste de figure

Liste de figure

| | |
|---|-----------|
| <i>Fig.1:Situation géographique de la région oued righ.....</i> | <i>2</i> |
| <i>Fig. 2:carte géologique de Sahara oriental 1/1 000 000 Extrait de la carte géologique du Nord Ouest de l Afrique (1976)</i> | <i>4</i> |
| <i>Fig.3:Carte géologique de la région d'Oued righ, extrait de la carte géologique 1/500 000 de l'Algérie, (feuille de Constantine sud.....</i> | <i>5</i> |
| <i>Fig.4:Carte de répartition des forages avec profil de corrélation</i> | <i>10</i> |
| <i>Fig.5:Coupe géologique Sud Ouest- Nord Est dans la région d'Oued righ</i> | <i>11</i> |
| <i>Fig.6 : Coupe géologique du Sahara septentrional (D'après UNESCO 1972)</i> | <i>12</i> |
| <i>Fig.7:Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972)</i> | <i>16</i> |
| <i>Fig.8:Délimitation du" SASS" (OSS, 2003)</i> | <i>17</i> |
| <i>Fig.9:Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO 1972)</i> | <i>18</i> |
| <i>Fig.10:Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (Unesco, 1972).....</i> | <i>20</i> |
| <i>Fig.11:Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Oued Righ.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Fig.12:Diagramme losangique de PIPER</i> | <i>27</i> |
| <i>Fig.13:Diagramme de PIPER des eaux du CI.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Fig.14:Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Fig.15:Détermination des fassies chimique (SCHOELLER-BERKALOFF).....</i> | <i>30</i> |
| <i>Fig.16 : Diagramme de WILCOX</i> | <i>31</i> |
| <i>Fig.17 : Diagramme de WILCOX des eaux du CI d'Oued</i> | <i>33</i> |
| <i>Fig.18 : Carte de Concentration de Fluorures(2011).....</i> | <i>40</i> |
| <i>Fig. 19 : Carte de Concentration de Fluorures(2008).....</i> | <i>41</i> |

Liste de tableau

Liste de tableau

| | |
|---|----|
| Tableau.1:Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation Par la méthode du S.A.R..... | 32 |
| Tableau .2 : Concentrations des Normes Algériennes fixées..... | 35 |

Liste des abreviations

Liste des abréviations

- AEP :** Alimentation en Eau Potable
- ANRH :** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- Annuaire statistiques 2009 de la wilaya de Ouargla
- CI :** Continental Intercalaire
- CT :** Complexe Terminal
- OSS ;** Observation du Sahara et du Sahel
- SASS :** Système Aquifère du Sahara Septentrional

Introduction général

Introduction général

Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de bonne qualité. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement et parfois même aucun. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource.

Dans la zone orientale du Sahara septentrional, plusieurs enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence l'existence d'un problème de fluorose endémique qui se traduit par des déformations dentaires et osseuses. Les anomalies dentaires s'observent pour des concentrations hydriques supérieures à 2 mg/l, alors que les lésions osseuses sont notées à partir d'un taux variant entre 4 et 8 mg/l, la cause essentielle de cette affection est attribuée à l'ingestion,

Quand il s'agit de protéger une nappe, il est nécessaire de faire un suivi de la qualité de ses eaux. Pour ce faire, plusieurs campagnes de prélèvement ont été réalisées et les échantillons ont été soumis à des analyses physico-chimiques. L'interprétation des résultats s'est basée sur la détermination de la minéralisation globale des eaux de la région notamment leur faciès chimique. En deuxième lieu une question se pose étant donné qu'il s'agit d'une zone saharienne : peut-on parler d'une contamination par les fluorures ?

Pour répondre à cette question, on a eu recours à plusieurs méthodes hydrochimiques. De même, puisque le secteur d'étude est une région à vocation agricole un suivi de l'évolution des teneurs fluorures a été fait et ce pour détecter une éventuelle contamination par cet ion.

Pendant un temps relativement long, des eaux de boisson fortement fluorées

D'autre part, l'augmentation des apports hydriques, est un élément fondamental dans la prévention de la lithiase et de sa récurrence.

L'objectif de travail

L'objectif de ce travail est la mise en évidence d'une contamination par les fluorures des eaux de forages d'AEP en fonction de la piézométrie.

I. Présentation de la région Oued Righ :

I.1. Situation géographique :

La vallée de l'oued Righ est une entité économique bien précise qui regroupe près de 50 oasis situées au Nord- Est du Sahara du grand erg oriental et au Sud du Massif des Aurès.

Elle s'étend sur un axe Nord-Sud d'environ 150 Km entre les latitudes Nord 32°54' et 34°9' et couvre 15000ha environ des palmeraies; la vallée de l'oued Righ plus souvent nommée simplement oued Righ débute au Nord à Oum El Tiour à plus de 500 Km au Sud est d'Alger et à 330 Km au sud de Constantine et elle se termine à 150 Km plus au Sud de la palmeraie d'El goug (Fig.1).

I.2. Aperçu socio-économique :

La vallée de l'Oued Righ regroupait jusqu'à 1988 cinquante (50) Oasis couvrant 15000 ha répartis le long de la vallée de part et d'autre, drainées par le canal collecteur

D'après les enquêtes de la FAO 1988 la vallée de l'Oued Righ comprend près de deux millions de palmiers sur un total de 7,5 millions que compte le pays.

Les statistiques montrent que l'agriculture occupe 23% des travailleurs dans La zone de Touggourt.

Le palmier dattier est la principale culture dans la région.

La variété Degelet Nour domine suivie par le « Ghars » et Degla beida.

Les cultures hors palmiers sont peu développées et occupent 10 à 15 % de la superficie dont l'orge et la luzerne sont les cultures fourragères les plus importantes.

Les cultures mari chaire surtout l'ail, l'oignon, carottes et navets sont également produits pour une consommation locale.

En fin l'arboriculture fruitière est très marginalisée.

Les animaux élevés sont gardés dans les maisons, ils sont alimentés de fourrage, dattes sèches de qualité non marchande.

Les chèvres sont élevées pour leur lait, les brebis pour la chaire de leurs agneaux consommés lors des fêtes.

Le pâturage sous palmier est peu pratiqué à cause bête qui font du dégât aux niveaux des seguias, drains, tranches cultivés.

Chapitre I : Situation Géographique

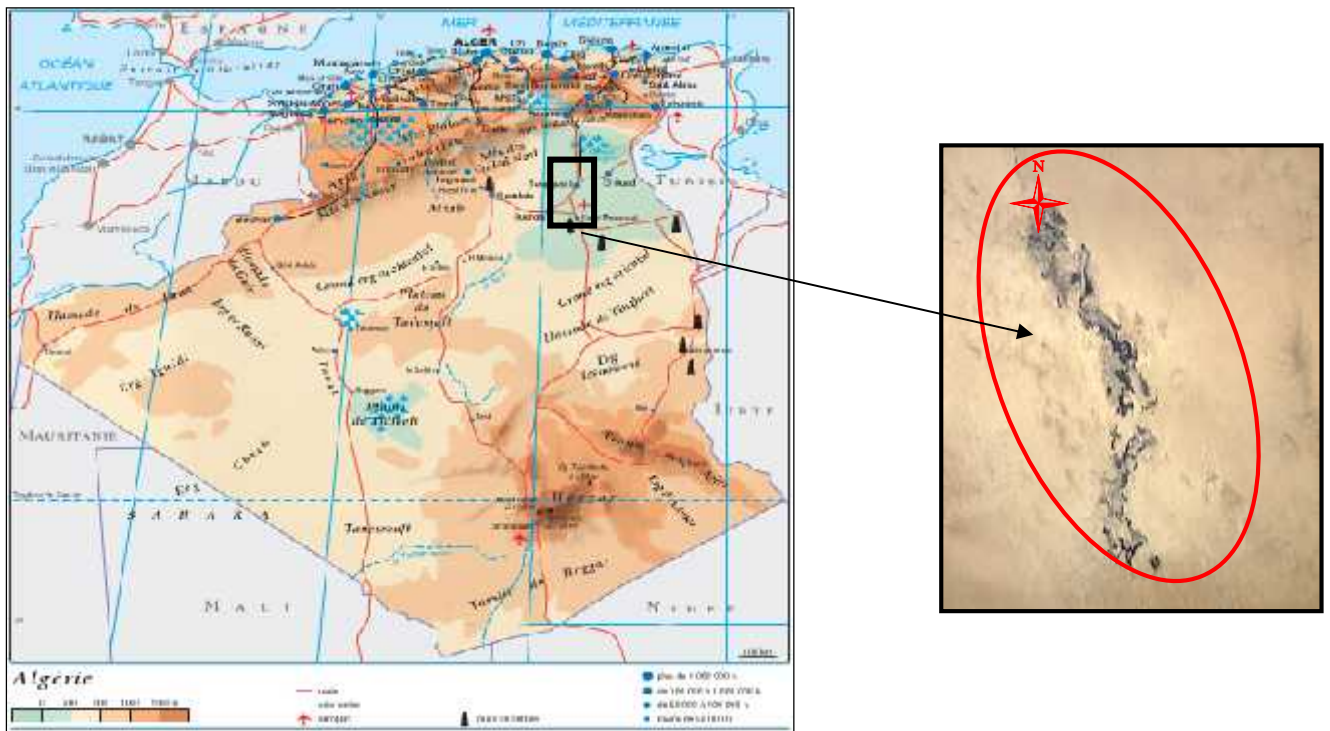


Fig.1 : Situation géographique de la région oued righ

Du point de vue administratif, elle fait partie wilaya Ouargla par quatre daïras, du Sud vers le Nord : Témacine, Touggourt, Sidi Slimane, Mégarine, El-nezla, Tebesbest, Touggourt, Zaouia, El- megarine, Sidi Slimane La région Touggourt qu'elle existe huit communes du sud vers le nord Baldat Amor, Temacine.

I. Introduction :

La reconnaissance géologique de la région est une étape indispensable dans toute étude hydrogéologique. Elle permet la détermination de la nature lithologique et la description stratigraphique des formations et distinguer par conséquent celles pouvant renfermer des nappes souterraines.

Dans le but d'identifier les caractéristiques géologiques du réservoir, nous aborderons en premier lieu les aspects géologiques à l'échelle régionale puis à l'échelle locale propre à la zone d'Oued righ.

II. Géologie régionale:

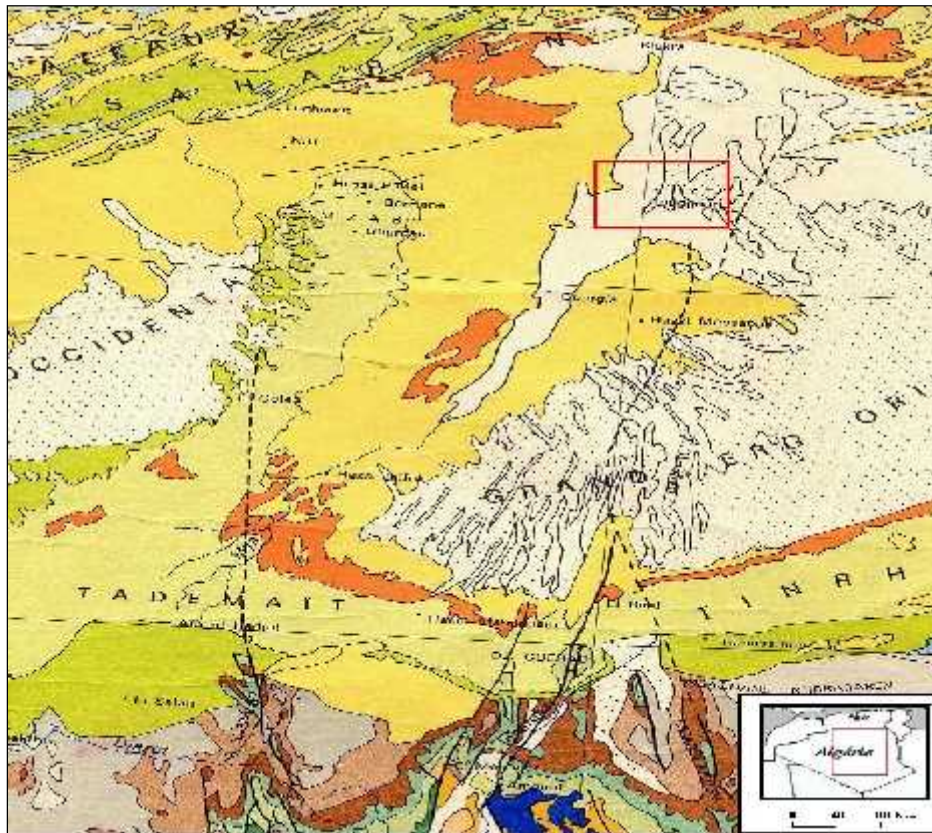
La région de Oued righ fait partie du Bas Sahara situé entre l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès, au Nord ; la falaise méridionale du Tinghert, au Sud. Les affleurements crétacés du Dahar, à l'Est et la dorsale du Mzab, à l'Ouest.

Le Bas Sahara est caractérisé par l'extrême simplicité de sa topographie. Mis à part le côté Nord, les autres bordures sont de hauteur modeste et s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée, matérialisée par l'axe SSW-NNE et parcourue par les oueds Mya et Righ. Toutefois, vers le Nord, se dresse une haute barrière composée des monts des Ouled Naïl, des Aurès et des Nemamcha, bordant une dépression longitudinale occupée par des chotts dont le fond est inférieur au niveau de la mer. Il s'étend sur 720 000 Km² de superficie

Le Bas Sahara se présente ainsi comme une cuvette synclinale dont les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental. Cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures.

Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles (fig2.) :

- ♦ Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar,
- ♦ Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- ♦ Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre de la cuvette



Légende

QUATERNAIRE CENOZOÏQUE

- QUATERNAIRE
- Néolithique
- Pliocène
- Néogène + Oligocène
- Eocène

MESOZOÏQUE

- Crétacé indifférencié
- Crétacé supérieur et moyen
- Crétacé inférieur
- Jurassique indifférencié
- Jurassique supérieur et moyen
- Jurassique inférieur
- Trias ou Permio-Trias

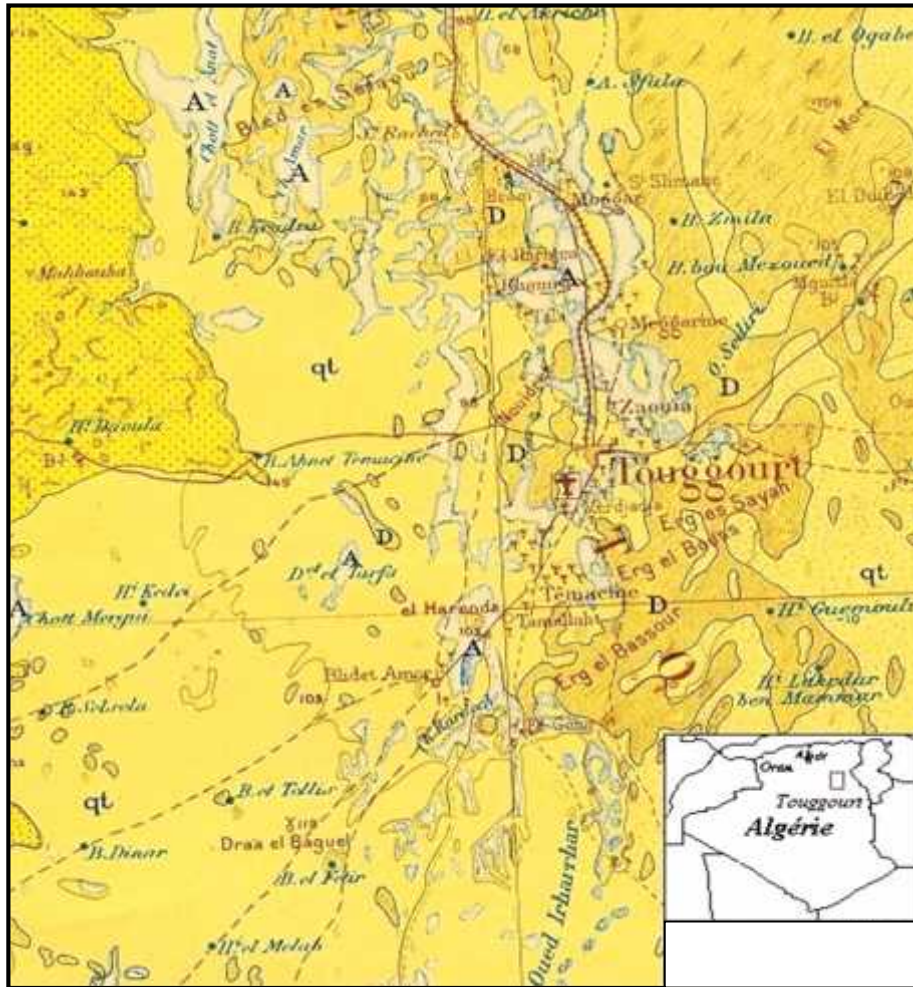
PALÉOZOÏQUE

- Carbonifère indifférencié
- Carbonifère supérieur et Permien
- Carbonifère inférieur
- Dévonien indifférencié
- Dévonien supérieur et moyen
- Dévonien inférieur
- Silurien
- Ordovicien
- Cambrien
- Primaire indifférencié
- Champ de dykes
- Contour limite d'affleurement
- Faille d'écartement
- Front de ravinement

Fig. 2 : carte géologique de Sahara oriental 1/1 000 000 Extrait de la carte géologique du Nord Ouest de l'Afrique (1976)

III. Géologie locale :

La carte géologique de Oued righ met en évidence l’affleurement des formations quaternaires, il s’agit des dunes récentes à Meggarine, Sidi Slimane, erg es Sayah... Le quaternaire continental à Merdjadja et les alluvions actuels à Temacine, Zaouïa



| Légende : | |
|------------|---|
| A | Alluvions actuelles, basses, marécages, Dayas, chotts, sébkhas, litoraux et coulées gypseuses salines. |
| D | Dunes récentes. |
| qt | Quaternaire continental : alluvions, mps, terrasses. |
| qm | Quaternaire marin : plages anciennes et formations dunaires couvertes par les dunes qui les interrompent. |
| qc | Calabrien : grès marins formations dunaires associées. |
| qv | Villafanchien : calcaires lacustres, gypses à l'hydre, couches rouges. |
| ps | Pliocène continental et Villafanchien non séparés. |
| ps' | Pliocène continental pontigien, calcaires lacustres. |
| P | Pliocène marin (Cf. mp) : mères, mères filiales, mères filiales, grès et terrasses marines bordières. |
| mp | Pontigien (localement équivalent du m) |
| ms | Miocène terminal marin et ligurien : couches à tripoli, mères à gypse. |
| mm | Miocène supérieur marin : calcaire, grès, argiles. |
| mi | Miocène inférieur marin (burdigalien). |

Fig. 3: Carte géologique de la région de Oued righ, extrait de la carte géologique 1/500 000 de l’Algérie, (feuille de Constantine sud)

Les nombreux travaux d'auteurs tels que : (J. SAVORIN 1931, R. KARPOFF 1952, A. CORNET 1961 et R. FURON 1968) ont permis de reconstituer une série stratigraphique, aussi complète que possible. Les formations géologiques sont décrites des plus anciennes au plus récentes

III.1. Le Mésozoïque :

III.1.1. Le Crétacé :

Le Crétacé est une série en grande partie continentale formée d'une alternance de couches gréseuses et argileuses.

III.1.1.1. Le Néocomien :

Il se subdivise en deux séries :

A) La série inférieure :

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

B) La série supérieure : On distingue deux ensembles :

L'ensemble supérieur, constitue des dolomies et des calcaires microcristallins avec des intercalations d'argiles, de pélites et de marnes blanches et grises.

L'ensemble inférieur, surtout anhydritique avec intercalations d'argiles plus au moins anhydritique, grises, vertes et rouges. Ces argiles passent à des marnes avec lits dolomitique. L'épaisseur du Néocomien est de 350 m.

III.1.1.2. Le Barrémien :

Le Barrémien est constitué des grès fins à moyen à ciment argileux, avec des passés de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grès arkosique plus au moins grossiers. Son épaisseur varie entre 150-200 m.

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

III.1.1.3. L'Aptien :

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

III.1.1.4. L'Albien :

Il est essentiellement constitué de grès friables à ciment argileux et d'argiles sableuses. Les grès et les sables sont fins à très fins passant parfois à des pélites, les argiles souvent pélitiques sont de couleur grise ou verdâtre.

III.1.1.5. Le Vraconien :

Constitue un terme de passage entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo-carbonaté. Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire. Le Vraconien est imperméable. Son épaisseur est de 110 m environ.

III.1.1.6. Le Cénomaniens :

A Oued Righ, le Cénomaniens présente probablement une épaisseur considérable (voisine de 200 - 250 m), qui diminue progressivement vers le Nord, et dans la zone atlasique où il affleure. Il est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites et parfois du sel (formations imperméables).

III.1.1.7. Le Turonien :

Sur toute l'étendue du Sahara algérien, l'épaisseur du Turonien reste à peu près constante ; elle est de 113 m dans le forage de Touggourt. Dans la région de l'Oued Righ, le Turonien est représenté par un dépôt marin et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire et dolomitique, marneux à la base, et dolomitique, ou calcaire au sommet.

III.1.1.8. Le Sénonien :

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

- ◆ Le Sénonien lagunaire, à la base.
- ◆ Le Sénonien carbonaté, au dessus.

III.1.1.8.1. Le Sénonien carbonaté :

Le Sénonien supérieur est carbonaté. Il est essentiellement constitué de dolomies et de calcaires micro-fissurés avec des intercalations de marnes d'argiles et plus rarement d'anhydrites.

La limite supérieure de ce niveau est encore plus floue, en effet, il y a pratiquement continuité lithologique entre le Sénonien et l'Eocène carbonaté. Les deux niveaux sont formés de calcaires de même nature, seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Eocène. Le système carbonaté est essentiellement formé de dolomies et de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrites.

III.1.1.8.2. Le Sénonien lagunaire :

La limite inférieure, du Sénonien lagunaire est généralement nette. En effet les évaporites et argiles Sénoniens sont aisément différenciables des calcaire et dolomies de Turonien. Le passage est beaucoup moins net entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté,

Du point de vue lithologique le Sénonien lagunaire est constitué par une alternance de bancs d'anhydrites, de dolomies, d'argiles et de sels.

Le Sénonien lagunaire est imperméable. Du point de vue hydrogéologique, ce niveau joue le rôle d'imperméable de base.

III.2. Le Cénozoïque :

III.2.1. L'Eocène :

On distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques : l'Eocène carbonaté à la base et l'Eocène évaporitique au sommet.

III.2.1.1. L'Eocène inférieur (carbonaté) :

Il est composé de bancs de dolomies, de calcaire dolomitique, de calcaire à Nummulites et à rognons de silex. Sur tout le pourtour de la grande cuvette secondaire saharienne, il garde les mêmes caractéristiques lithologiques. Dans le sondage de Touggourt, il atteint 120 m d'épaisseur.

III.2.1.2. L'Eocène moyen (évaporitique) :

Les sondages récents, profonds de 200 m, exécutés à Touggourt et dans la région s'étendant plus au Sud, rencontrent l'eau dans des couches calcaires alternant avec les marnes rouges gypsifères et l'argile et d'anhydrites. Il s'agit sans doute déjà des niveaux supérieurs de l'Eocène moyen, présentant là un faciès plus calcaire.

III.2.2. L'Oligocène :

Cet étage n'est pas connu dans la zone saharienne. Dans l'Atlas saharien, on lui attribue les dépôts détritiques formant des lambeaux isolés dans les dépressions topographiques. A l'Oligocène, le Sahara devait être un plateau émergé sur lequel s'effectuait une sédimentation continentale en tous points semblable à celle du Miocène, ce qui rend impossible toute discrimination d'étage.

III.2.3. Le Mio-Pliocène :

Il correspond au Complexe Terminal. C'est un puissant ensemble de sable et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le Primaire, et le Crétacé inférieure : le Turonien, Cénomanien, Sénonien et l'Eocène. Son épaisseur varie entre 140 m au Sud et 280 m au Nord.

III.3. Le Quaternaire :

Sables et sables argileux résultant de la destruction de falaises pliocènes et miocènes situées au Sud et à l'Ouest de la vallée. Ce dépôt recouvre la totalité de la vallée de l'Oued Righ ,une grande partie de la vallée de l'Oued Souf, les Chotts Merouane et Melhrir et, au Nord l'immense plaine s'étendant au pied du massif de l'Aurès. Son épaisseur est variable et croit du Sud vers le Nord. Il a été traversé sur 22 m au forage de Touggourt localement intercalés de lentilles d'argiles sableuse et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le Grand Erg Oriental. C'est dans ce niveau que l'on rencontre la nappe phréatique. Son épaisseur est variable et peu atteindre localement une dizaine de mètre.

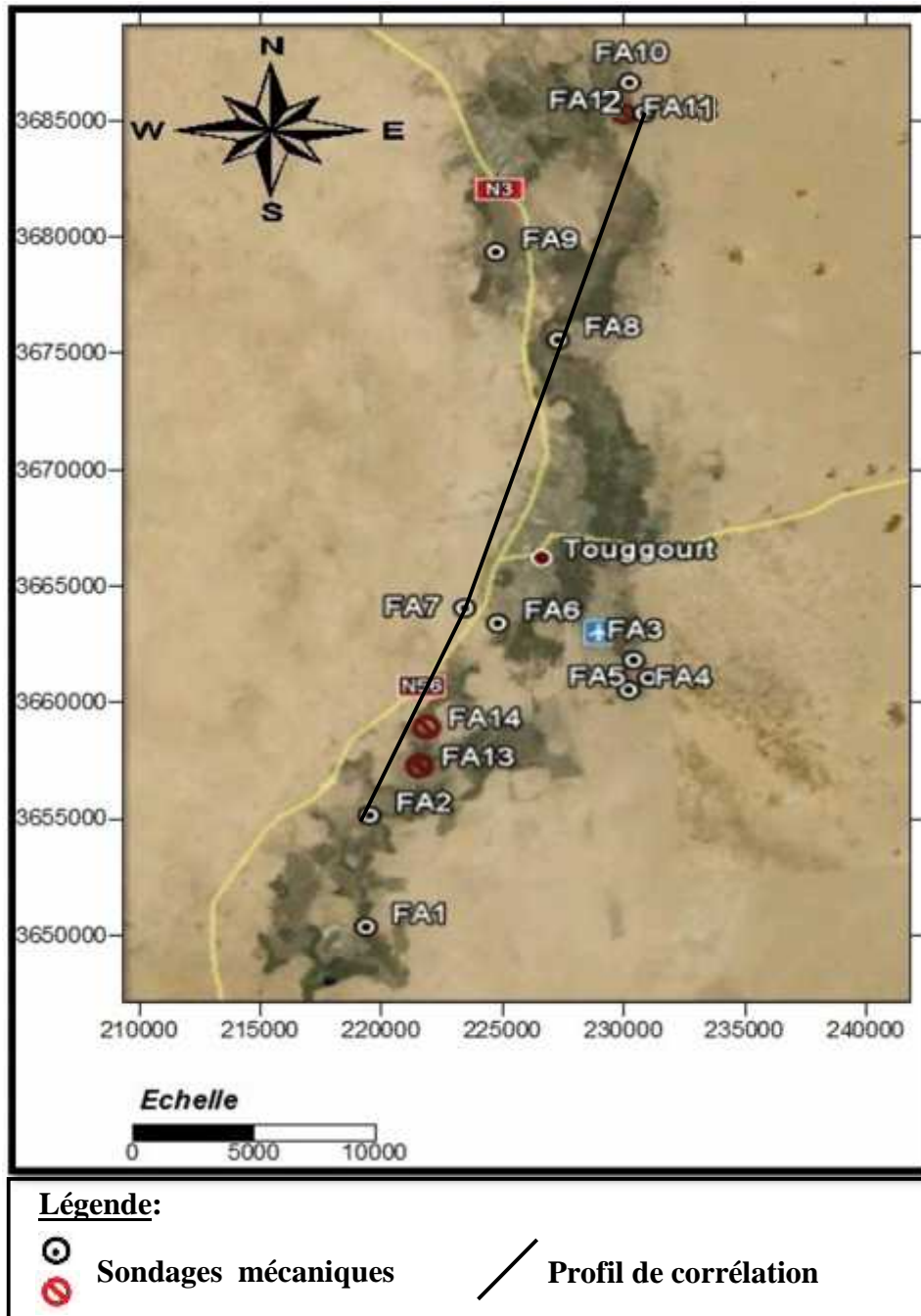
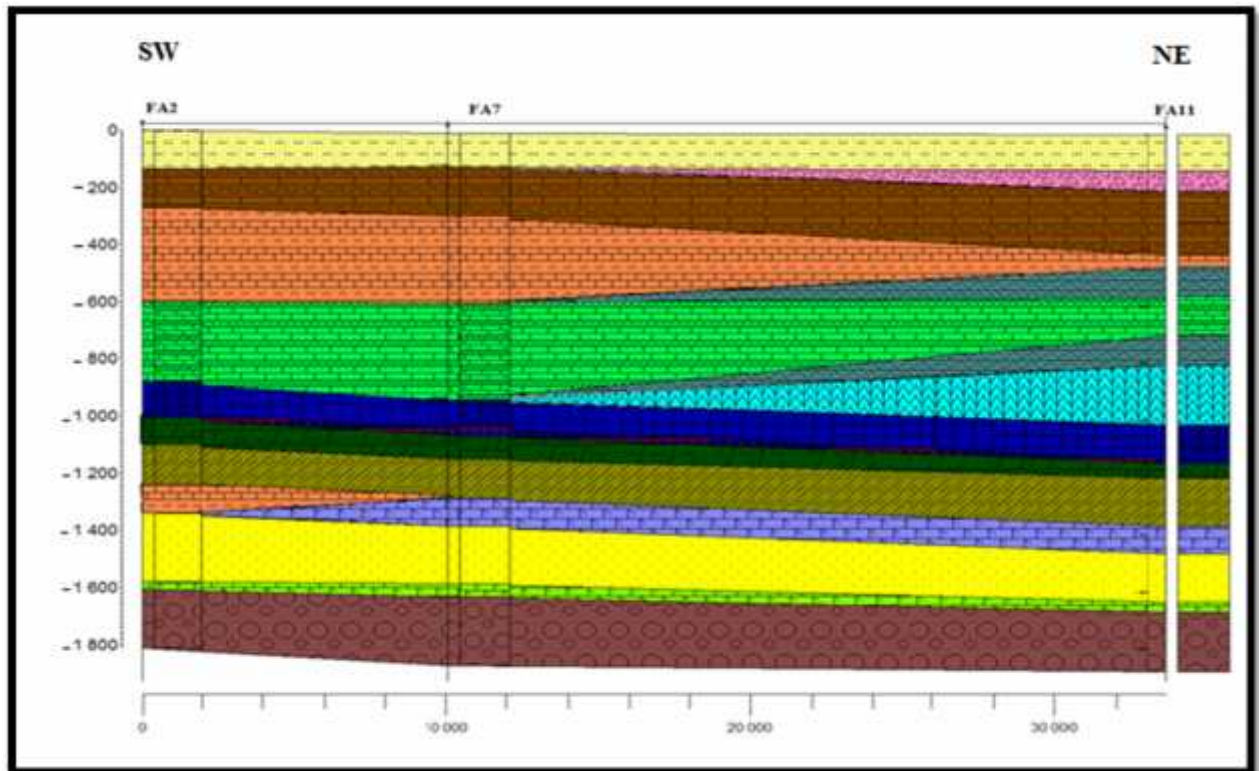


Fig.4 : Carte de répartition des forages avec profil de corrélation

L'observation de la coupe (fig4) montre une succession de couches à formations perméables, il s'agit de haut en bas : Alternance argile et sable, sables et graviers mio-pliocène ; formations carbonatées sénonien supérieur ; des grès argileux albien et des sables, argiles et gravier barrémiens. Ces horizons sont séparés par des formations imperméables de l'Eocène, du Sénonien inférieur lagunaire et du Cénomaniens.

Chapitre II : Géologie de la région

Le continentale intercalaire se trouve à 1400m de profondeur et son épaisseur augmente du NE au SW.



| Légende | |
|---------|--|
| | sable et argile |
| | Sable et gravier |
| | calcaire et marne |
| | calcaire dolomitique et marne |
| | marne et dolomie |
| | calcaire dolomitique et marne et anhydrite |
| | gypse et anhydrite et calcaire |
| | sel massif |
| | anhydrite et sel |
| | marne et calcaire dolomitique |
| | marne, anhydrite et gypse |
| | calcaire dolomitique |
| | grès argileux |
| | calcaire et calcaire dolomitique |
| | Sable et argile et gravier |

Fig.5 : Coupe géologique Sud Ouest- Nord Est dans la région de Oued righ

IV. Tectonique :

IV.1. Tectonique générale :

Au cours du Secondaire, le Sahara algérien oriental subissait des mouvements verticaux d'ensemble. Pendant que de véritables chaînes de montagnes se formaient plus au Nord, dans le géosynclinal de l'Atlas saharien, la zone saharienne tendait plutôt à un effondrement progressif de sa partie centrale, suivant un axe passant sensiblement par la vallée de l'Oued Righ et par le tronçon supérieur de la vallée de l'Oued Mya.

La géométrie actuelle des formations du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara est caractérisée par l'absence des déformations tectoniques importantes (fig.6).

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

- les mouvements de l'Eocène moyen à supérieur, sont bien nets, la phase du Miocène inférieur qui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès.
- enfin la phase plio-quaternaire qui s'insert avec les précédentes dans la phase alpine ; d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest, forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « sillon sud Aurésien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tels que chott Merouane et chott Melghir. La flexure sud atlasique de direction Est-Ouest qui sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on, peut avoir au Nord des points culminant « monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés.

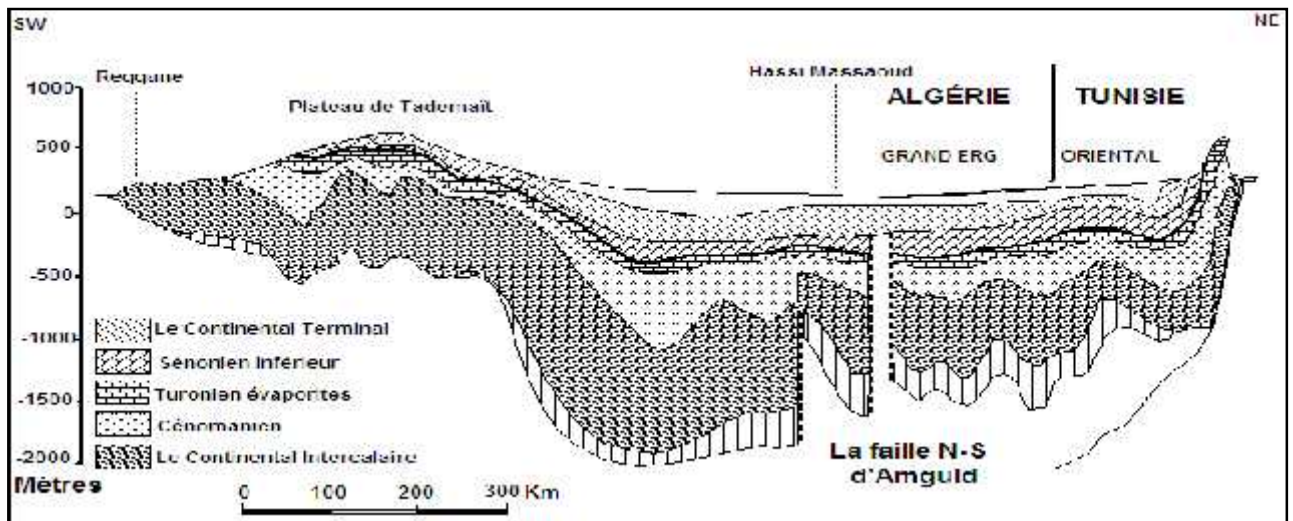


Fig. 6 : Coupe géologique du Sahara septentrional (D'après UNESCO 1972)

IV.2. Néotectonique :

Le Quaternaire est, du point de vue tectonique, caractérisé par des oscillations du niveau de base, celui des grands chotts, par rapport aux cours d'eau établis à la fin du Pliocène. Une hypothèse récente distingue trois phases dans l'évolution du relief du Bas-Sahara pendant le Quaternaire.

1) Effondrement brusque du centre de la cuvette (la région actuelle des chotts).

Les cours d'eau venant de l'Ouest et surtout du Sud entaillent de profondes et larges vallées dans la couverture mio-pliocène de la périphérie. L'Oued Righ et l'Oued Igharghar formaient probablement alors un seul grand oued avec l'oued Mya comme affluent. Les sondages de l'Oued Righ ont révélé que les zones aquifères sont souvent formées de graviers provenant de la désagrégation de roches primaires dont les affleurements sont situés fort loin vers le Sud.

2) Remblaiement partiel de la région effondrée et des vallées y aboutissant.

Surélévations locales du sol, à la suite desquelles l'oued Righ se détache de l'oued Igharghar et de son affluent l'oued Mya, puis par érosion régressive prolonge quelque peu son cours supérieur vers le Sud. L'oued Igharghar dépose en éventail les éléments qu'il transporte, les plus fins atteignent la région située entre Fort-Lallemand et le Hassi bel Gebour. L'oued Mya, son exutoire, forme la zone de chotts située entre Ouargla et Touggourt.

3) Descente lente et continue de la région de grands chotts, cependant que la vallée de l'Oued Righ se comble par suite des énormes apports fluviaux et éoliens, finissant par « enterrer » l'oued, transforme en une nappe souterraine, indiquée seulement en surface par quelques lacs et chotts humides.

Les dunes du Grand Erg oriental recouvrent la zone d'épandage de l'Oued Igharghar, et l'Oued Mya, comme l'Oued Righ achève de « s'enterrer ».

V. Paléogéographie :

Les caractéristiques paléogéographiques du Sahara oriental, du Cénomaniens à la fin de l'Eocène sont donc :

- ∞ L'existence d'une plate forme très régulière sur laquelle les moindres variations du niveau de la mer, provoque des changements importants dans la sédimentation.
- ∞ L'existence d'une mer profonde dans le Bas Sahara actuel à partir de laquelle se produisent plusieurs transgressions dont les plus importantes étant celles du Cénomaniens et du Sénonien supérieur.

Chapitre II : Géologie de la région

À la fin de l'Eocène et la régression définitive de la mer s'accompagne de bouleversements importants.

- L'érosion enlève une partie des calcaires du Sénonien et l'Eocène.
- Le régime marin est remplacé par un régime continental.

Cette reconstitution paléogéographique, est tirée des travaux de *F. BEL* et *F. DEMARGNE* (1966), elle s'applique à l'ensemble du Bas Sahara.

Pendant la première moitié de l'ère secondaire, la sédimentation dans la région de Touggourt et dans tout le Sahara oriental a été de type continental. En effet, du Trias à l'Albien, se sont déposés des argiles et des sables et des évaporites d'origine éolienne ou fluviale. On note cependant, quelques rares incursions marines, en particulier en Jurassique et à l'Albien. Ces dépôts constituent « le continentale intercalaire » et contiennent la plus importante ressource aquifère du Sahara.

Durant la seconde moitié du secondaire, d'autres phénomènes se sont succédé :

- Au dessous des grès continentaux albiens viennent en transgression les calcaires marins du Cénomaniens. Ces calcaires qui s'intercalent avec les argiles et les évaporites. Cette alternance est l'indice d'un régime marin peu profond, évoluant vers un régime lagunaire responsable du dépôt des évaporites et des argiles gypsifères.
- Au Turonien, le régime marin s'est stabilisé, permettant le dépôt d'une barre calcaire homogène, atteignant parfois plus de 100 mètres dans le Sahara oriental. La stabilisation du régime marin durant le Turonien n'est que temporaire.
- En effet, dès le début du Sénonien à Touggourt se dépose en alternance de l'anhydrite, des argiles, des dolomies ainsi que quelques bancs calcaires. Le dépôt parfois d'un banc de sel massif à la base dans le Bas Sahara témoigne particulièrement du régime lagunaire qui s'était installé sur le Sahara oriental durant tout le Sénonien inférieur.
- Au Sénonien supérieur, le régime marin réapparaît une nouvelle fois déposant ainsi la seconde série calcaire. Cette transgression Sénonienne semble moins importante que celle du Turonien. En effet, on note la présence de petites intercalations d'évaporites dans les calcaires Sénoniens, ce qui n'est pas le cas des dépôts turoniens.
- Au début de l'Eocène inférieur, la mer recouvre toujours le Sahara oriental, c'est le dépôt des calcaires à Nummulites.
- Durant l'Eocène moyen et supérieur, les sédiments marins de l'Eocène inférieur sont peu à peu remplacés par des dépôts lagunaires où alternent les argiles, les évaporites et les calcaires. La faible extension de ce golfe marin localisé dans le Bas Sahara marque les

dernières manifestations de la mer saharienne dont la disparition définitive se situe vers la fin de l'Eocène.

- A la fin de l'Eocène, le Sahara oriental se présente sous l'aspect d'une plate forme calcaire émergée qui sera exposée à l'érosion durant tout l'Oligocène.
- Au Mio-pliocène, suite à l'épirogénèse alpine, des sédiments argileux et sableux continentaux se déposent sur l'ensemble du Sahara oriental. Cette sédimentation continentale se poursuit durant le Quaternaire. C'est donc aux époques Tertiaires et Quaternaire que le Sahara oriental a pris la configuration que nous lui connaisant aujourd'hui.

VI. Conclusion :

La région de Oued righ fait partie du Bas Sahara qui se présente comme une cuvette synclinale. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental. Cependant, quelques affleurements sont observés, sur les bordures. Les prospections géophysiques et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle précambrien, situé entre 3000 et 5000 mètres. Il s'ensuit que les dépôts sédimentaires ont environ 4000 mètres d'épaisseur.

- Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïque et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures.
- Les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires occupent le centre de la cuvette.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, post paléozoïques, importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

I. Introduction :

Les études géologiques et géophysiques permettent de localiser les aquifères de la région d'étude.

L'étude hydrogéologique compose dans son contenu les éléments de réponse répartis en deux étapes essentielles :

- ✓ Définir les différentes nappes aquifères de la région et l'évolution des niveaux piézométriques.
- ✓ Déterminer les paramètres hydrodynamiques des aquifères (transmissivité, perméabilité...).

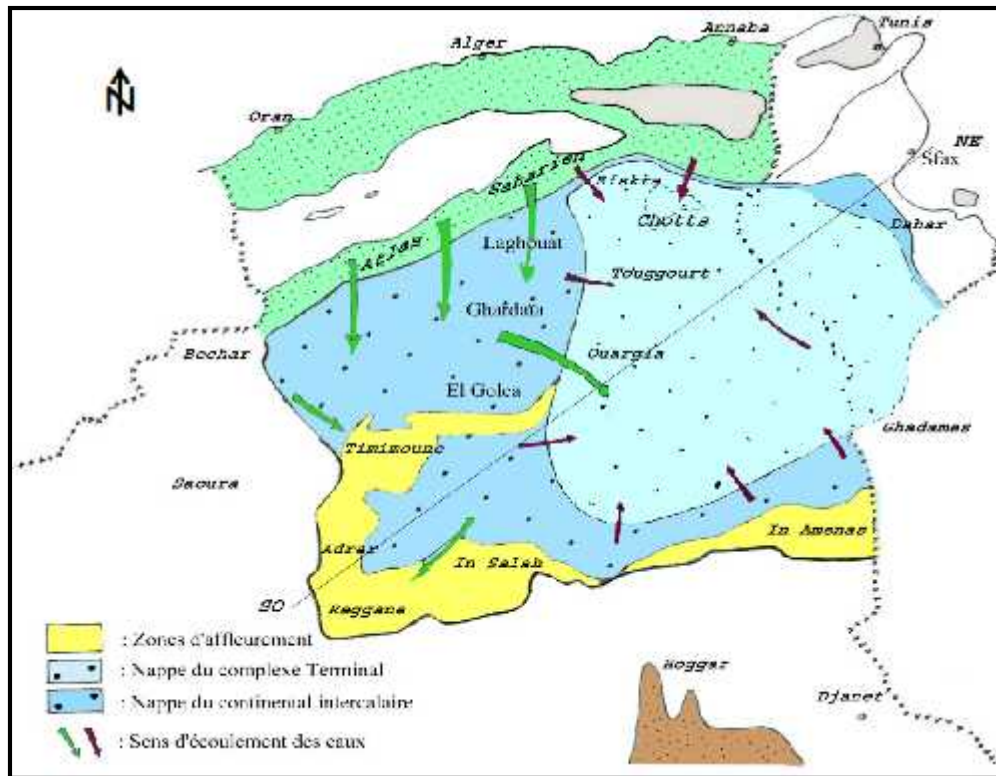


Fig.7 : Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972)

II. La limite du bassin hydrogéologie :

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

Le domaine du SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km² dont 70 % se trouvent en Algérie, 24 % en Libye et 6 % en Tunisie (Fig. 2-7) 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.

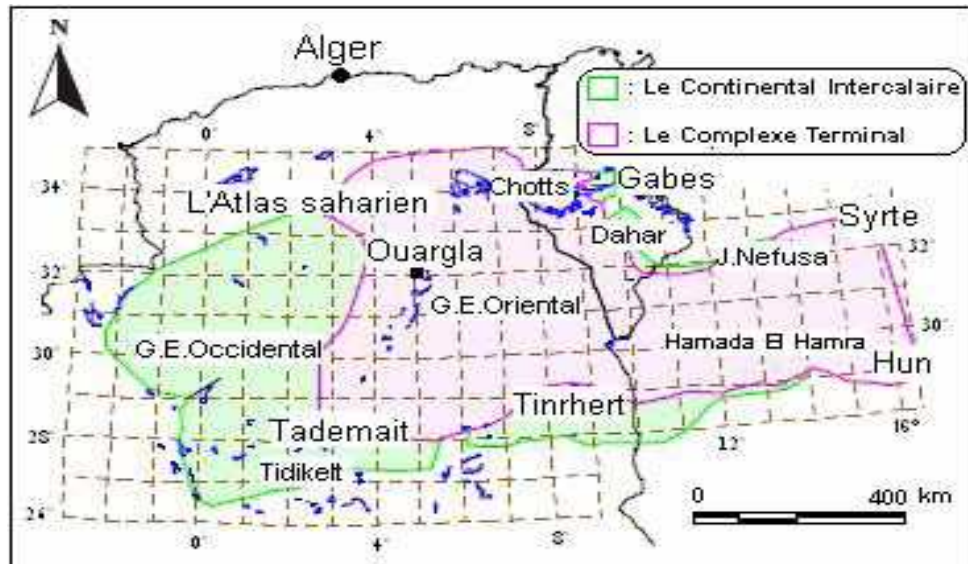


Fig.8 : Délimitation du " SASS" (OSS, 2003)

III. Les différents aquifères existants :

Le grand bassin sédimentaire de Sahara septentrional contient trois principaux aquifères :

- A la base la nappe de continental intercalaire : l'un des plus grands réservoirs captifs du monde.
- Au milieu la nappe du complexe terminal;
- Au sommet les nappes phréatiques. (Laghrib. A, 2007)

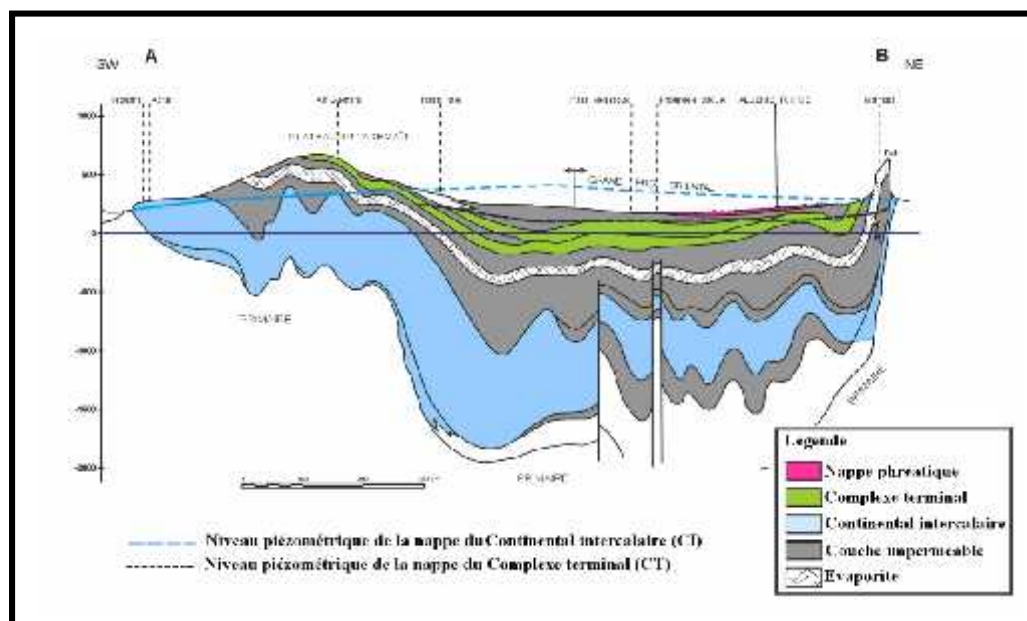


Fig.9 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO 1972)

IV. Le Continental Intercalaire "CI" :

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

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

Le réservoir du C.I. est contenu dans les formations continentales du crétacé inférieur (Barrémien et Albien), Composé essentiellement de grès, sables et argiles. Le

réservoir s'étend sur environ 600 000 km², il est continu du Nord au Sud depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili et le Hoggar, d'Ouest en Est depuis la vallée de la Saoura jusqu'au désert libyen. Au Nord-est de la dorsale du M'Zab, le toit de l'aquifère, constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomanién, est continu sur tout le bassin (Unesco, 1970).

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

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 eaux en provenance du Nord-Ouest se divisent sur l'axe de la dorsale du M'zab approximativement suivant deux directions, une partie s'écoule vers le Sud et le Sud-ouest (Gourara, Touât et Tidikelt), et l'autre partie s'écoule suivant une direction Ouest-Est vers le golf de Gabes qui constitue son exutoire naturel. Les eaux en provenance du plateau du Tinrhert s'écoulent vers le Nord-est sous l'Erg Oriental en direction de l'exutoire de Tunisie. Sur la région d'Ouargla, la nappe de C.I est captée à une profondeur comprise entre 1300 et 1400 m, le débit exploité par forage est de 100 l/s, en moyenne. Les forages captant cette nappe sont au nombre de 2 et fournissent un débit annuel de 7 Hm³ densité essentiellement à l'alimentation en eau potable des agglomérations de Rouissat et Ain El Beida, et caractérisée par une transmissivité de 8.10^{-3} m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 10^{-3} m²/s. (Unesco, 1970) (Abd El-Rahman, 1998).

V. Le Complexe Terminal (CT) :

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

Chapitre III : Hydrogéologie

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

- Le Sénonien et l'Eocène carbonatés.
- Le Mio-Pliocène sableux.

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

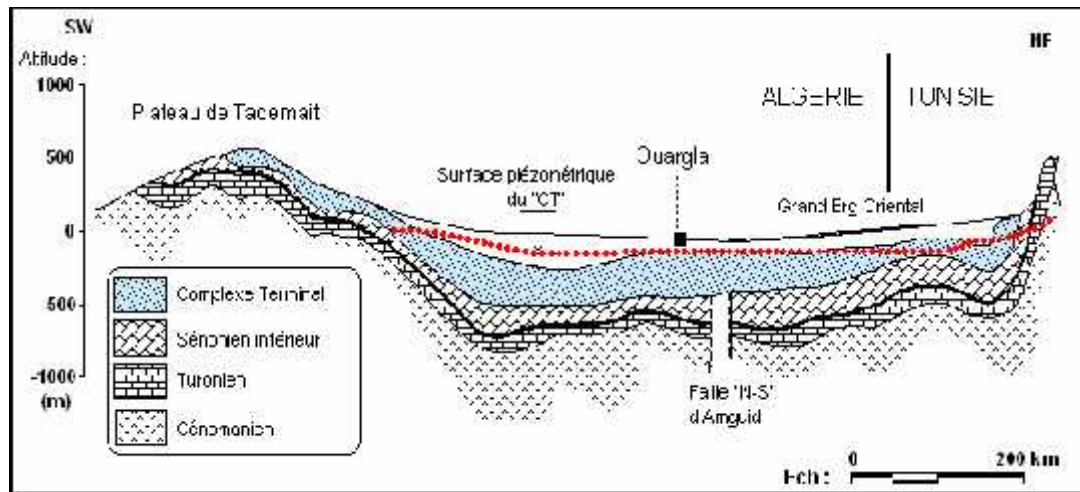


Fig.10 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (Unesco, 1972)

Le Complexe Terminal affleure aux endroits suivants :

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

V.1. La nappe phréatique :

La nappe phréatique est présentée dans toutes les oasis de la vallée.

Elle est contenue dans les sables fin à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du Sud vers le Nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres.

Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités ; les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de 4.91ms/cm à 13.44 ms/cm.

La nappe phréatique est « gonflée » par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompages du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued righ. Elle est principalement alimentée par l'infiltration des eaux d'excès d'irrigation et des eaux d'assainissement, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du complexe terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation.

V.2. Les nappes du complexe terminal :

Le complexe terminal est constitué de deux grands ensembles, l'un continental au sommet, l'autre marin à la base.

V.2.1. La première nappe des sables CT1 :

Hormis, La nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde, sa puissance varie entre 50 à 100 m.

Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grès, d'âge Mio-Pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argile constitue son substratum, et son toit est constitué par des argiles et des évaporites. C'est une nappe captive. Elle était jadis très exploitée avec des débits faibles à moyens, de l'ordre de 20 à 40 l/s (le débit global d'exploitation proche à $6 \text{ m}^3 / \text{s}$ cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés (donnée un aperçu sur ces forages).

V.2.2. La deuxième nappe CT2 :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène. Comme la première nappe, elle est formée essentiellement de grès, de gravier et de sable avec la présence de quelques lentilles argileuses. Son épaisseur est de 20 à 36m, elle est très exploitée avec un débit variant entre 25-45 l/s. Des argiles à niveaux

calcaires et des marnes forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

- Ces deux nappes sont alimentées localement par les rares précipitations et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'Oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous jacentes les prélèvements par forages représentent leur seul exhaure.
- Ces deux nappes surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal ; constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur Sénonien supérieur.

V.2.3. La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3 :

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse, sa puissance de 350m ,200m à Touggourt, 360m à Meghaier. Il n'est pas très exploité. L'artisanisme étant à l'origine plus important au Nord.

A la base, le Sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux.

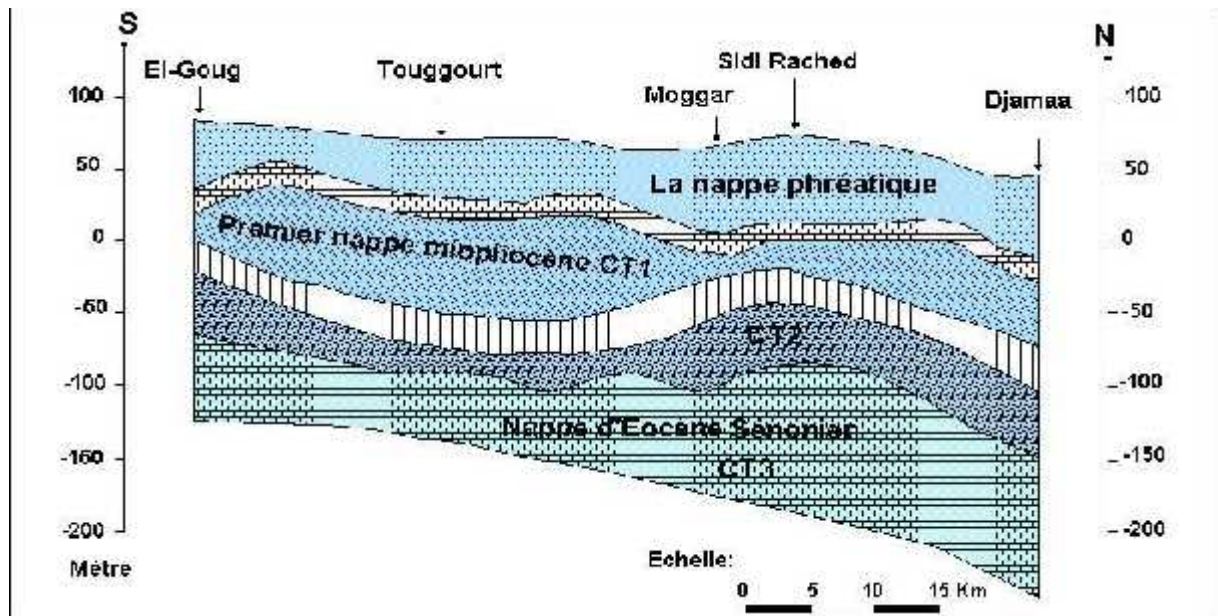


Fig. 11 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de Oued Righ

V.3. Nappe du Continental Intercalaire :

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. Son épaisseur varie d'une région à une autre des valeurs inférieures à 350 m (200 m à Touggourt).

Il est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien Albien).

Le mur constitue par le socle ou Primaire déformé par l'orogénèse hercynienne et très irrégulière.

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

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

Pour CORNET cette alimentation est estimée à 25 m³/s, BURGÉAR la fixait à 15 m³/s. Elle provient en grande partie du piémont de l'Atlas mais elle reste très faiblement alimentée par rapport au volume d'eau qu'elle contient.

Son exutoire est la zone des chotts avec un sens d'écoulement souterrain Sud Nord (dans le bassin oriental).

V.4. Caractéristiques essentielles des nappes :

On se rend compte que cette dénomination correspond cependant à une réalité :

L'Oued Righ n'est pas un cours d'eau, mais en le survolant.

Le tracé de l'Oued Righ est marqué par l'échelonnement de petits chotts exutoires des eaux de la nappe phréatique.

Aux environs des oasis d'Ouirir et de El-Meghier, les eaux de la nappe phréatique exhaures dans le chott Merouane et s'y évaporent en donnant une croûte gypso saline.

A l'Ouest, la vallée de l'Oued Righ est plus au moins bien délimitée sur la moitié de sa longueur par les collines Miocènes, qui forment du Nord au Sud une sorte de chaîne, derrière cette chaîne s'étend la dépression Dzioua ou le Miocène est très peu épais, il s'agit d'une ondulation dont le cœur est formé d'Eocène moyen, qui s'allonge du Nord au Sud entre les Oueds Djellal et Dzioua.

Au Sud de l'oasis de Djamaa entre Touggourt et Ouargla, l'ondulation de Dzioua est très peu marquée, elle doit cependant exister car les points d'eau qui

s'alimentent de la nappe phréatique sont très rares, il y a donc séparation entre la nappe phréatique de l'Oued Righ et celle de Ouargla.

Au Sud de Touggourt, les points d'eau exploitant la nappe phréatique deviennent particulièrement nombreux et s'étalent en éventail sur une très large zone.

L'extension des eaux très profondes suit celle de la nappe phréatique tout en étant de moins grande ampleur.

La limite Ouest des nappes souterraines est suffisamment nette, elle est marquée par les collines Miocènes qui bordent la vallée de l'Oued Righ entre Ourir et Djamaa, correspondant à la remontée du substratum argileux imperméable de l'Eocène moyen.

Les ressources artésiennes de l'Oued Righ se répartissent en trois nappes ou plutôt en trois faisceaux des nappes circulant dans les niveaux sableux et graveleux du Miocène continental.

- Zone d'alimentation : l'eau des nappes provient :
 - L'infiltration d'eau météorique dans les sables poreux.
 - L'infiltration pluviale dans l'Erg.
 - L'infiltration directe dans les fissures des couches affleurant au sol.
- Les zones d'alimentation des nappes artésiennes de l'oued sont très lointaines et très vaste, il existe d'autres zones moins connues vers l'Ouest et le Nord-Ouest de la vallée.
- Le sens d'écoulement des eaux est Sud Nord jusqu'au chott Merouane.

VI. Conclusion :

La nappe phréatique circule dans les sables dunaires et les alluvions d'Oued. Mya. 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 Sebket Oum Raneb et en bordure des palmeraies.

Chapitre III : Hydrogéologie

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 points suivants :

- Zones irriguées proches de Sebket Oum Raneb;
- Agglomération de Ouargla.

L'évolution de la profondeur de la nappe est jugée anarchique et dépendant largement des fuites du réseau d'AEP, du réseau d'assainissement et de drainage de la palmeraie.

En fin de saison hivernale, la nappe au niveau de Sebkh et Safioune est à 1 m de profondeur. En Eté le niveau baisse de 10 à 20 cm par ascension capillaire et évaporation.

La nappe s'écoule généralement du point le plus haut situé sous la ville de Ouargla vers le point le plus bas situé à Safioune.

Les écoulements souterrains sont faibles et estimés à environ 1,5 hm³/an soit un débit de 4000 à 5000 m³/jour (BG, 2004).

La connaissance de la qualité des eaux reste importante surtout lors de la prise de décision lorsqu'on doit implanter des forages destinés à alimenter la population. Aujourd'hui les méthodes d'interprétations de ces résultats sont nombreuses et répondent à toutes les questions posées par l'opérateur. Dans un contexte particulièrement difficile où interfère l'agriculture et la géologie, la qualité des eaux risque de poser problème ce qui explique les méthodes choisies.

I. Introduction :

La nature chimique de l'eau évolue continuellement au cours de sa circulation dans le cycle hydrologique. Outre la bonne gestion quantitative des nappes, il convient, suite aux très nombreuses pressions anthropiques, qu'elles soient diffuses (agriculture) ou ponctuelles (rejets d'égouts, fuites de citerne, ...), de vérifier leur qualité présente et d'en prévoir l'évolution à long terme.

Les eaux de la vallée d'oued Righ située en région rurale seront vraisemblablement influencées par les eaux usées des habitats précaires. Les formations géologique au travers desquelles, elles circulent ou dans lesquelles elles séjournent influencent également la composition chimique des eaux.

L'activité anthropique caractérisée par une agriculture intense peut entraîner également une dégradation de la qualité des eaux causée par l'utilisation massive des engrais. Le but recherché par ce travail est la détermination de la qualité des eaux, ses causes et ses conséquences.

Dans ce contexte un suivi des analyses chimiques ont été réalisées par les services de l'algérienne des eaux (ADE) et l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH) et se rapportent aux forages d'AEP et Irrigation pour différentes périodes.

II. Les résultats des données :

II.1. Les cations (Mg^{++} , Na^+ , K^+) Les résultats des analyses chimiques révèlent que la majorité des échantillons dépassent les normes algériennes. Ainsi, nous avons respectivement 83.3%, 33 %, 81% des échantillons dont les concentrations en ions Mg^{++} , Na^+ , K^+ excèdent la norme.

II.2. Les anions (Cl^- et SO_4^{--}): nous avons respectivement 66 %, 83.33%, des échantillons dont les teneurs en ions Cl^- et SO_4^{--} ne dépassent pas les normes.

La totalité des échantillons montrent une valeur de pH inférieure aux normes, une concentration de TH supérieure à la norme quant au résidu sec, la majorité des échantillons analysés (54,54%) dépasse la norme de l'OMS.

III. Le faciès chimique des eaux :

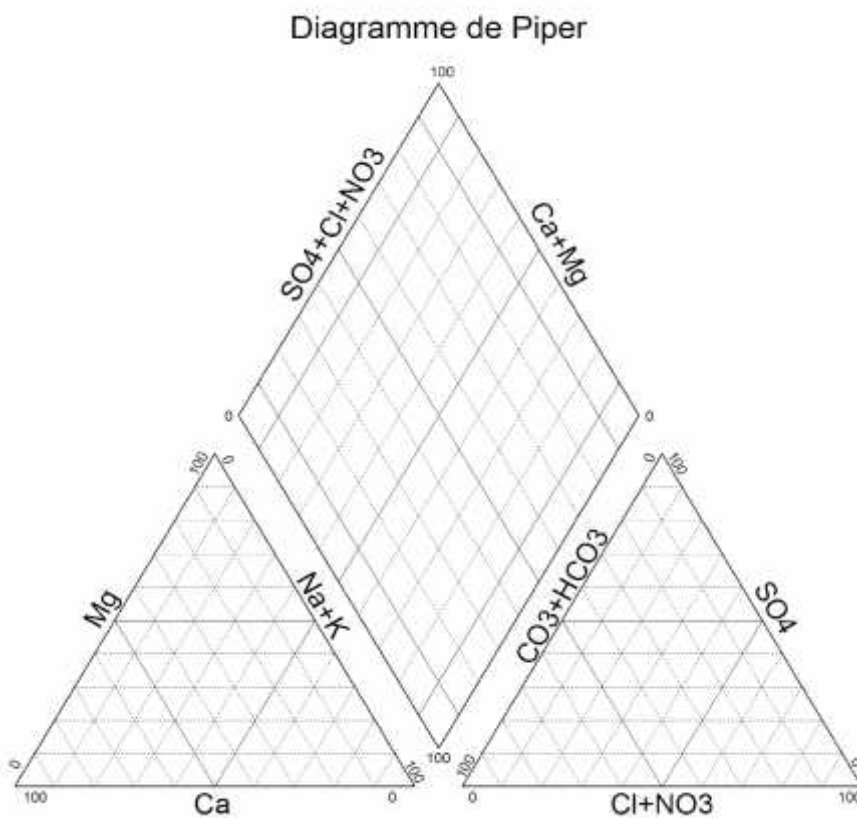
III.1. Le diagramme losangique de PIPER :

Ce diagramme comporte un losange et deux triangles équilatéraux dont les cotes sont subdivisées en 100 parties égales correspondant à des pourcentages par rapport à :

-un triangle destiné aux cations.

-un triangle destiné aux anions.

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet d'avoir, une approche vraie de la composition chimique d'une eau.



Les résultats des analyses chimiques des eaux de la nappe du complexe intercalaire des campagnes d'observation ont été reportés sur le diagramme de Piper afin de déterminer les tendances chimiques des eaux.

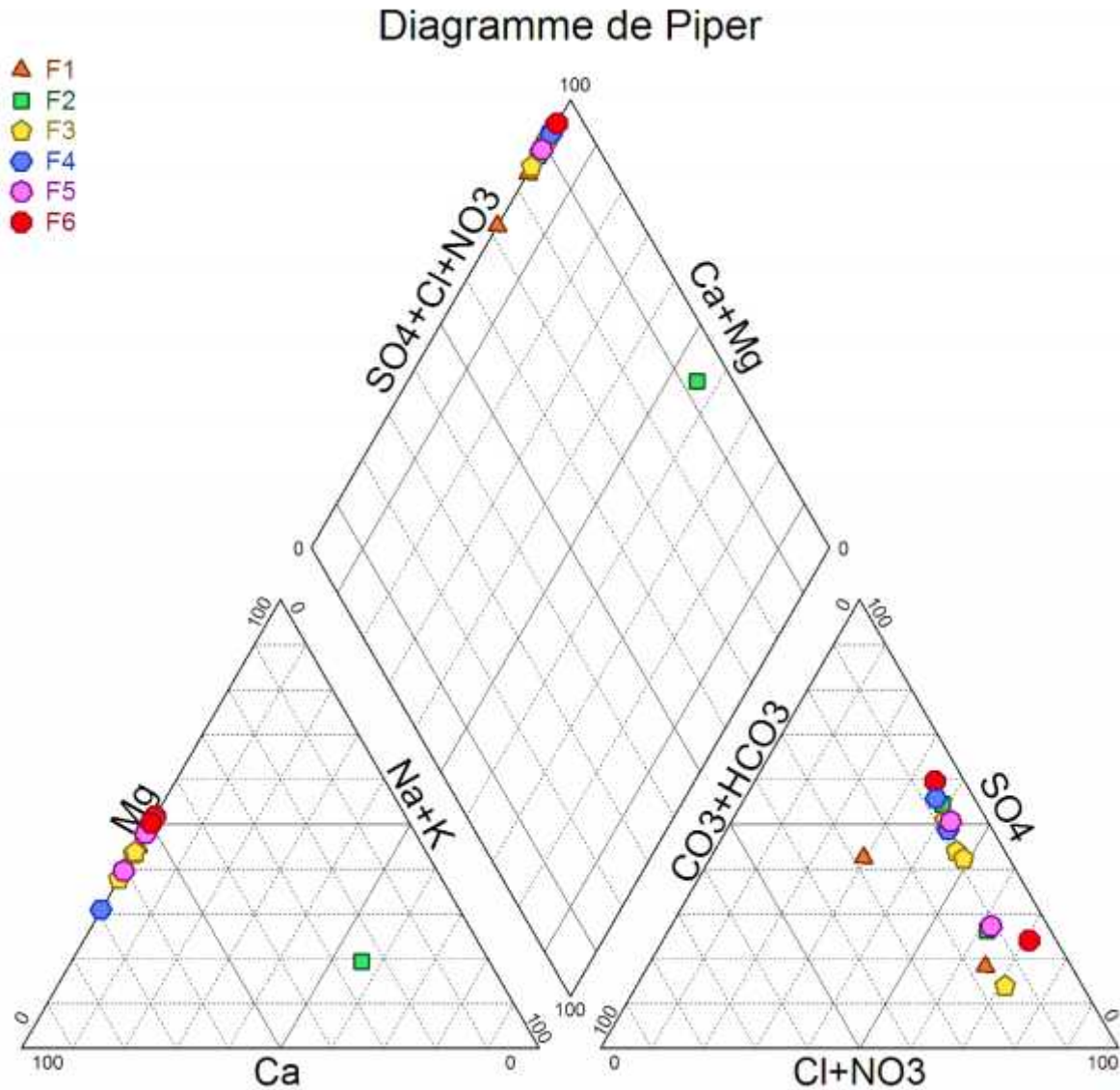


Fig.13 : Diagramme de PIPER des eaux du CI

On remarque que pour la nappe Albienne, les points projetés sur le losange, se placement pour la plupart au niveau de la famille des eaux chlorurés et sulfatés calciques et magnésiennes excepté quelque forage qui se place dans la famille des eaux chlorurées sodiques et potassiques ou sulfatées sodiques et bicarbonatée calcique et magnésienne.

Pour la campagne (fig.13), on remarque sur le diagramme que les eaux de la nappe CI correspondent aux familles des eaux :

- chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne région de BELDET AMOR(F1), SIDI MAHDI(F3), AIN SAHRA(F4), MEGGARIN(F5), SIDI SLIMANE(F6)
- chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique région de TEMACINE(F2)
- bicarbonatée calcique et magnésienne région de BELDET AMOR(F1),

Chapitre IV : Hydrochimie

III.2. Représentation de Schoeler-Berkaloff :

Ce diagramme est une représentation graphique semi-logarithmique, sur l'axe des abscisses sont représentés les différents ions. Pour chacun de ces ions (ou des groupements Na, K et $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) la teneur réelle en (mg/l) est reportée sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites. L'allure du graphique obtenu permet de visualiser le faciès de l'eau concernée.



Fig.14 : Diagramme de *SCHOELLER-BERKALOFF*

De même, on a procédé au report des résultats d'analyses des deux campagnes sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (fig.14) et on a trouvé que le faciès des eaux de la nappe CI est de type sulfaté-calcique excepté un point d'eau sulfaté-magnésique.

Pour la campagne où il recèle un faciès plutôt sulfaté sodique. Ce faciès serait à l'origine de la dissolution des évaporites ayant été démontré par la géologie et qui longent par endroit les forages de la région ouest du secteur d'étude.

Quelques points représentent un faciès chloruré calcique en période des basses eaux

Chapitre IV : Hydrochimie

et reflètent l'influence des apports des massifs calcaires environnants. De même, un faciès sulfaté-sodique a été mis en évidence et qui serait lié à la dissolution des évaporites.

Ainsi, nous avons 89,2% de points d'eau à un faciès sulfaté-calcique, 3,6% chloruré-sodique, 3,6% bicarbonaté-calcique et 3,6% bicarbonaté-sodique.

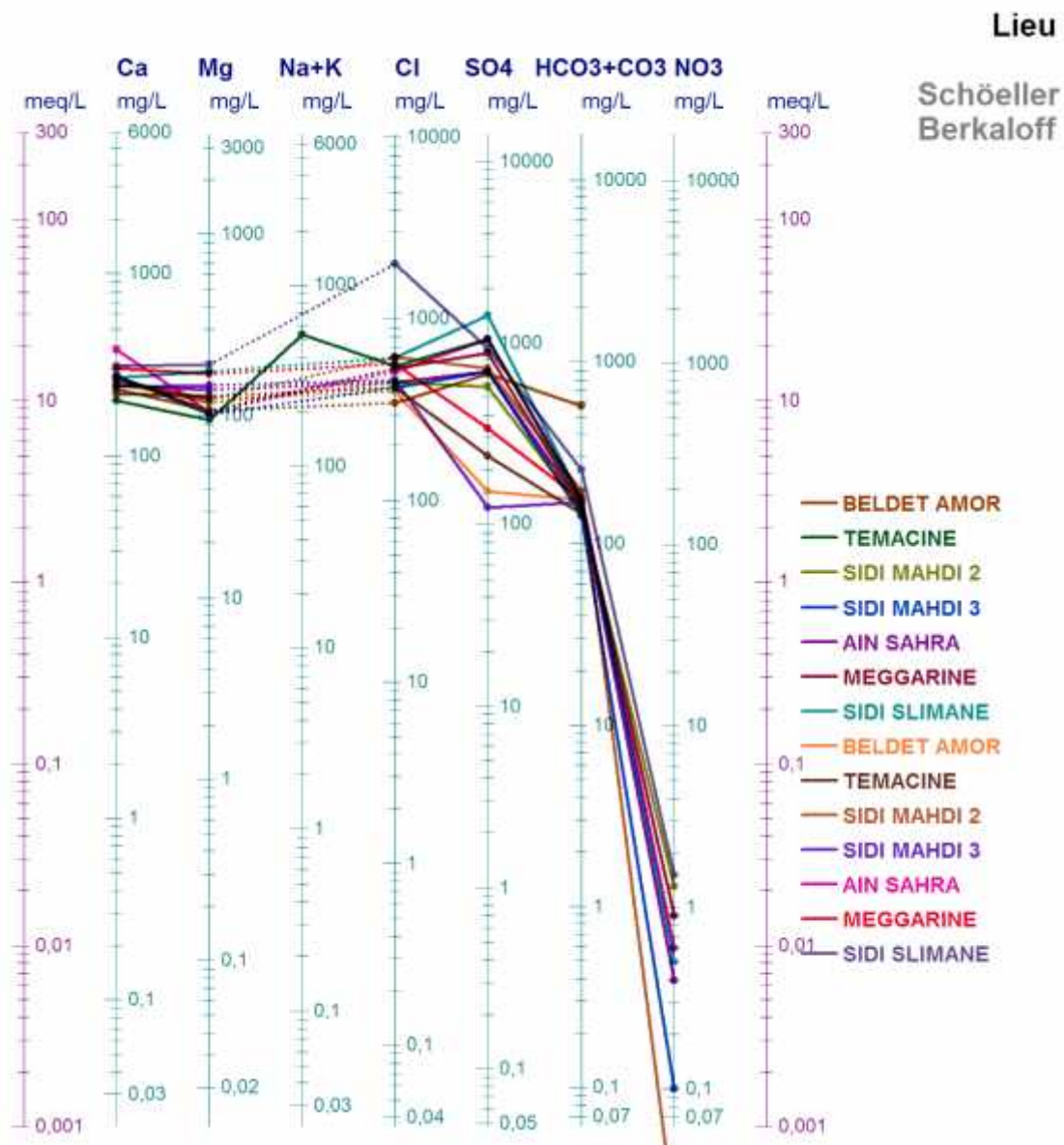


Fig.15 : Détermination des faciès chimique (SCHOELLER-BERKALOFF)

III.2.1. Aptitude des eaux à l'irrigation :

L'aptitude des eaux à l'irrigation est reliée à son effet sur les sols et les cultures, ces derniers sont effectués de matières différentes par la nature des sels dissouts dans les eaux destinées à l'irrigation.

III.3. Diagramme de WILCOX :

Il est connu en général que le développement des plantes est très faibles ou nul dans les sols saturé en sodium (Lourrier 1976).

Pour cette raison WILCOX à établi en 1954 un diagramme qui tient compte du pourcentage de sodium, et de la conductivité électrique, définissant 5 classes d'eau (excellente, bonne, admissible, médiocre, mauvaise) dont le pourcentage de sodium sera calculé par la formule

suivantes :

$$\text{Na}^+\% = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + (\text{Na}^+ + \text{K}^+)} \times 100$$

(Tous les ions sont exprimés en méq/l)

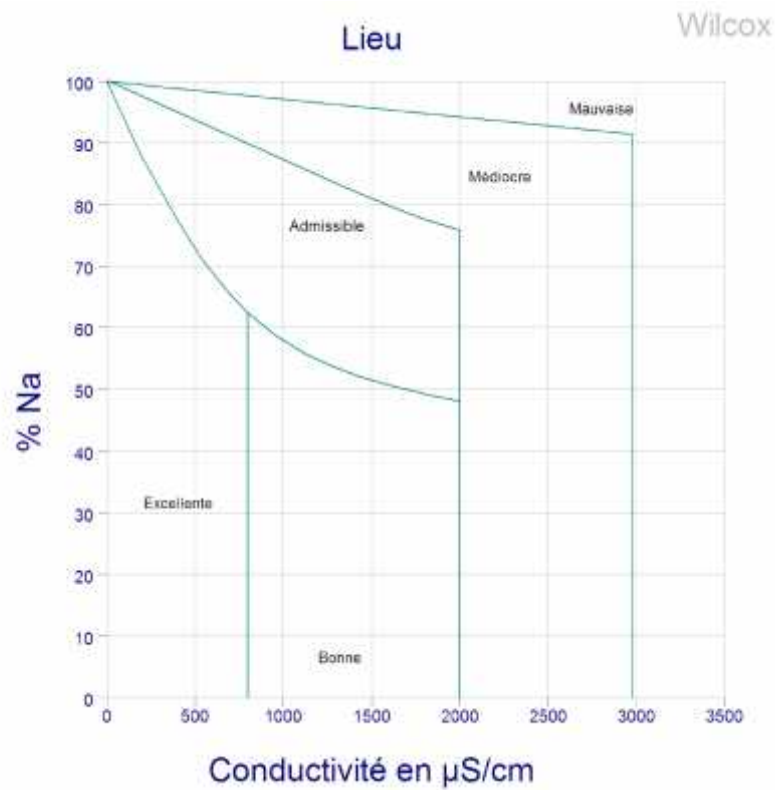


Fig.16 : Diagramme de WILCOX

Chapitre IV : Hydrochimie

| Degré | Qualité | Classe | L'état d'utilisation |
|-------|------------|-------------------------|---|
| 1 | Excellente | C1-S2 | Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol. |
| 2 | Bonne | C2-S1 C2-S2 | En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité |
| 3 | Admissible | C3-S1 C3-S2 C2-S3 | En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée |
| 4 | Médiocre | C4-S1 C4-S2 C3-S3 | En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés |
| 5 | Mauvaise | C3-S4 C4-S3 C4-S4 | Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel. |

Tableau.1:Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation Par la méthode du S.A.R

Ainsi, on remarque sur le diagramme que les eaux de la nappe du CI sont situées dans les classes :

- C4-S1 et C4-S2: Les eaux de ces classes sont de qualité médiocre fortement minéralisées pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
- C3-S1 et C3-S2: Les eaux convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

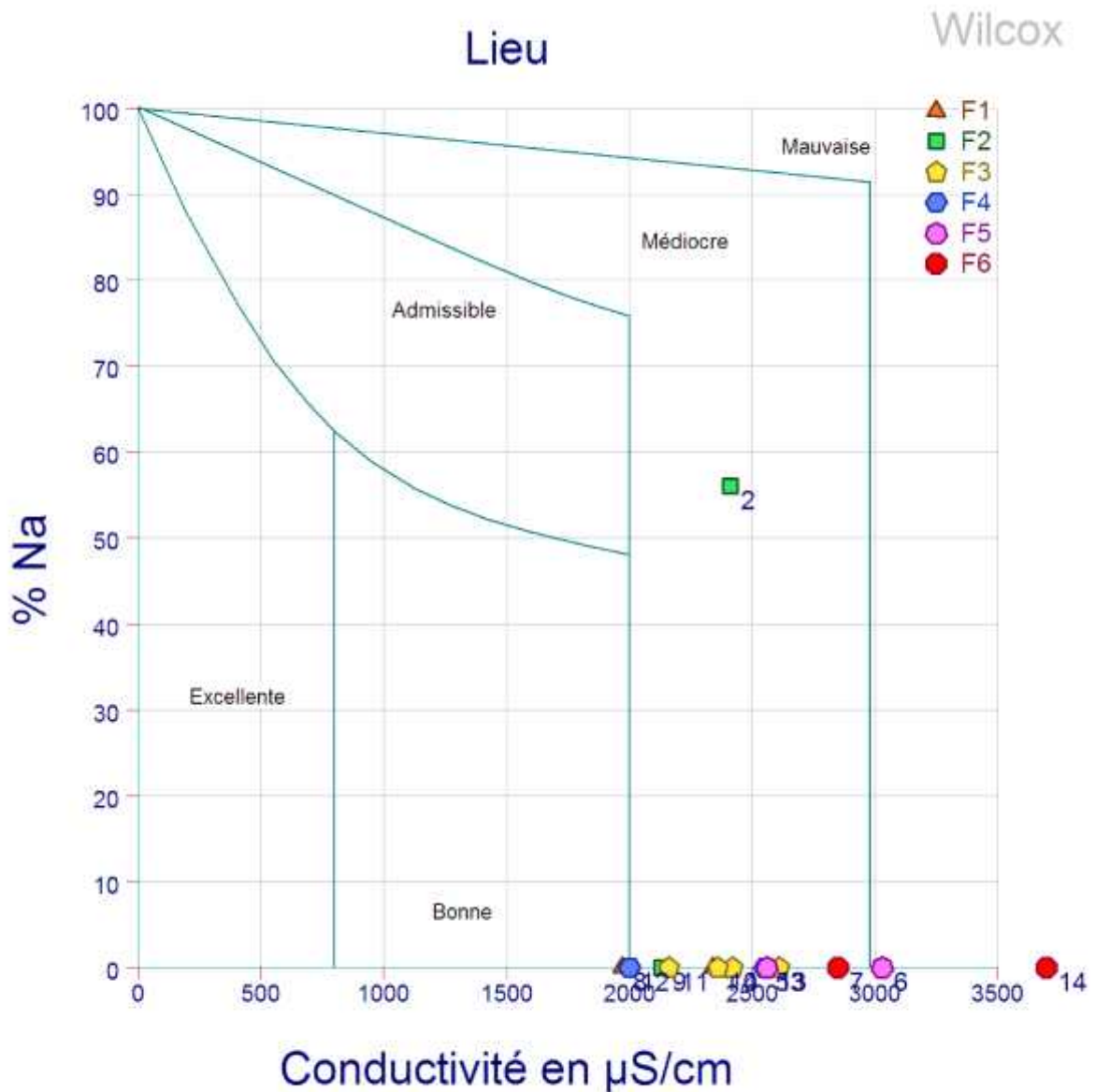


Fig.17 : Diagramme de WILCOX des eaux du CI d'Oued righ

D'après le diagramme, on constate que les valeurs obtenues sont toutes hors du digramme traduisant le fait que les eaux de la nappe de Continental Intercalaire ont une qualité chimique très mauvaise pour l'irrigation. Pour cela il faut faire des traitements des eaux, de réalisation des stations de traitements.

IV. Conclusion :

Cette étude hydrochimique nous a permis d'édifier un aperçu sur la qualité chimique de l'eau, dans la région d'oued righ, par une analyse concernant la nappe de Continental intercalaire. Puis une classification des eaux.

La classification des eaux selon les méthodes de CHOLLER -BERKALOFF et piper a montré la dominance du faciès sulfaté calcique pour la nappe Albien

La dominance de ce faciès est liée d'une part à la géologie locale de la région et d'autre part à la situation grave de quelques forages du Continental intercalaire qui présentent des perforations au niveau de tubages, ceux-ci favorisent la communication entre les nappes en particulier avec la nappe superficielle qui est trop minéralisée.

I. Introduction :

Le fluor est un métalloïde de la famille des halogènes. Il est le plus électronégatif de cette famille, ce qui lui confère une réactivité chimique telle qu'on ne le rencontre jamais à l'état libre dans la nature mais sous la forme d'ions fluorures.

le fluor est nécessaire et bénéfique pour l'organisme humain à de faible concentration, mais toxique à plus fortes doses. En effet, à partir de 0.5 mg/l en ions fluorures, une eau joue un rôle prophylactique, mais dès 0,8 mg/L, le risque de fluorose débute et devient fort au dessus de 1.5 mg/l. La norme admise varie dans un domaine de concentration de 0,7 à 1,5 mg/l pour des températures de 12 à 25 °C.

II. Qualité des eaux d'oued Righ :

II.1. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine (AEP) :

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. On ne peut gérer une eau ou donner sa destination, qu'après avoir vérifié sa qualité vis-à-vis des normes demandées par les utilisateurs. L'alimentation en eau potable est basée sur les limites données par l'OMS.

Dans notre étude on utilise les normes algériennes, qui sont présentée dans le Tableau suivant:

| Paramètres ou substances | Concentration acceptable |
|--|--------------------------|
| pH | 6.5 à 8,5 |
| Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | 2800 |
| Résidu sec (mg/l) | 2000 |
| Calcium (mg/l) | 200 |
| Magnésium (mg/l) | 150 |
| Sodium (mg/l) | 200 |
| Potassium (mg/l) | 20 |
| Sulfates (mg/l) | 400 |
| Chlorure (mg/l) | 500 |

Tableau .2 : Concentrations des Normes Algériennes fixées.

II.2. Aptitude des eaux a l'irrigation :

Les sels minéraux des eaux ont des effets sur le sol et sur les plantes. Ces sels peuvent perturber le développement physique des plantes par l'absorption de l'eau qui agit sur le processus osmotique ou chimiquement par les réactions métaboliques comme celles causées par les constituants toxiques. Les effets des sels causent des changements dans la structure du sol (perméabilité, aération) affectant indirectement le développement de la plante.

La limite tolérable des concentrations de sel dans les eaux d'irrigation ne peut être fixée à cause de la grande variabilité de la salinité des plantes, cependant les études qui ont été faites sur des récoltes dont la salinité des sols a été ajustée artificiellement, ont fourni d'importantes informations sur la tolérance des sels des eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation est généralement exprimée par des classes de convenance relative. La plupart des classifications tiennent compte de la conductivité (exprimant la totalité des corps dissous) et surtout la teneur en sodium et en bore. La concentration du sodium est important dans la classification de l'eau d'irrigation car le sodium réagit avec le sol et réduit sa perméabilité.

Les sols contiennent en grande quantité du sodium et des carbonates qui sont les anions prédominants et sont appelés sols alcalins, ceux qui contiennent beaucoup plus de chlorures et de sulfates sont appelés sols salés.

II.3. Les eaux de surface :

Les lacs qui se trouvent dans le territoire de notre région d'étude sont classés parmi les plus beaux et prestigieux lacs salés de la wilaya de Ouargla. On distingue deux lacs dans la région d'Oued Righ Sud, l'un est situé au Nord c'est le lac de Megarine et l'autre c'est le lacs de Temacine au sud. Ses situations géomorphologiques se présentent en une dépression qui est a priori un exutoire naturel des eaux d'irrigation drainées salées à plus de 10 g/l de résidu sec, et ce à partir des palmeraies limitrophes La situation actuelle, notamment la pollution et la dégradation de la palmeraie environnante, font craindre le pire aux habitants. Ces lacs sont un symbole hautement traditionnel. Le réaménagement des zones humides donc devenu l'une des principales préoccupations du secteur de l'eau et de l'environnement dans la wilaya d'Ouargla. Notamment l'une des premières actions c'est le plan de sauvegarde du lac Temacine qui comporte la prise en charge des rejets des eaux usées urbaines dans le grand canal d'Oued Righ.

III. Influence des fluorures sur la qualité des eaux :

III.1. Source des ions fluorures :

La croûte terrestre contient environ un dixième de un pour cent de fluor, ce qui fait du fluor le treizième élément le plus commun sur terre.

Les recherches effectuées ont permis d'identifier une grande diversité, naturelle ou anthropique, des sources possibles de fluor, mais également des processus chimiques et hydrologiques impliqués dans la présence de fluor dans l'eau souterraine. L'apport en fluor dans les eaux souterraines peut également provenir d'activités anthropiques. L'utilisation agricole intensive d'engrais phosphatés (fluorapatite), d'insecticides ou d'herbicides contenant des fluorures en tant que constituant essentiel ou sous forme d'impuretés (cryolite, fluorosilicate de baryum) induit généralement une pollution des nappes phréatiques aux alentours des sols ayant subi un tel traitement.

Les industries de l'acier, de l'aluminium, du verre, et de fabrication de briques et de tuiles représentent également une source potentielle de contamination en fluor du milieu. De plus, l'apport peut ici provenir de deux sortes de rejets. D'une part, les évacuations d'eaux usées et d'autre part les émissions gazeuses de composés tels que HF ou SiF₄ qui peuvent par la suite se solubiliser au contact d'un milieu aqueux et intégrer ainsi le cycle de l'eau.

Il est abondant dans les roches volcaniques, les sols en phosphate de calcium, les eaux souterraines et dans certains aliments.

III.2. Le fluor dans l'eau :

Le fluorure se retrouve dans toutes les eaux naturelles à quelque concentration. Eau de mer typiquement contient environ 1 mg .L⁻¹ tandis que les rivières et les lacs présentent généralement des concentrations de moins de 0,5 mg .L⁻¹. Dans les eaux souterraines, cependant, les faibles ou fortes concentrations de fluorure peuvent se produire, en fonction de la nature des roches et l'apparition de fluorure de minéraux, les eaux riches en fluor peuvent se rencontrer dans les trois grands types de terrain que sont les bassins sédimentaires, les zones de socle cristallins et les régions volcaniques.

La teneur en fluor de précipitations dépend pour beaucoup de la nature et de degré de liberté des polluants atmosphériques qu'elles contiennent. Par ailleurs, dans les eaux superficielles et souterraines cette teneur dépend de facteurs plus nombreux, dont le principal est le degré de liberté et la solubilité des minéraux fluorés sont avec lesquels elles sont en contact. La plupart des minéraux fluorés sont peu solubles et cette solubilité peut dépendre de celle des roches auxquelles ils appartiennent. Outre la présence et la solubilité de composés fluorés, d'autres

facteurs jouent un rôle important dans la détermination de la teneur en fluor d'eaux superficielles ou souterraines données. On peut citer :

- La porosité des roches et des sols où l'eau circule et la vitesse de cette circulation.
- La température à laquelle a lieu l'interaction entre les eaux et les roches.
- La concentration de l'eau en ion H^+ et Ca^{++} .

La teneur en fluor est généralement plus élevée dans les eaux alcalines, ainsi que dans les eaux plus chaudes que la normale.

L'hydrodynamique du système aquifère joue quant à lui un rôle important par le temps de contact entre l'eau et les roches. Ainsi, lorsque le flux des eaux souterraines est relativement lent, une nette augmentation des teneurs en Substance Totale Dissoute (TDS) et en fluor est observée.

Le rôle du climat est donc ici très important. Les faibles précipitations des régions arides entraînent généralement des temps de transfert de l'eau souterraine plus longs que dans les zones humides. Les temps de contact eau/roche plus long provoquent alors un enrichissement de l'eau en substances minérales.

L'importance de l'hydrodynamique du système est également notable par la présence de quantité de fluor souvent plus fort en aquifère captif que dans les aquifères superficiel. En région aride, l'évaporation qui affecte les eaux superficielles et des sols, susceptibles de s'infiltrer, est aussi un facteur important de l'augmentation des concentrations des eaux souterraines.

Les fluorures sont présents naturellement dans l'eau à des teneurs généralement inférieures à 1 mg/l dans les eaux superficielles et qui peuvent atteindre parfois 10mg/l voire exceptionnellement 100 mg/l dans des eaux profondes.

III.3. Apport total d'ions fluorures pour l'homme :

La concentration sans effet de fluor appelée « dose optimale de fluor dans l'eau de boisson » varie entre 0,7 et 1,2 mg/l. Cependant, un certain nombre de facteurs, notamment la température, peuvent influencer sur cette valeur optimale qui varie d'une région climatique à une autre. Il importe, par conséquent, de déterminer cette dose optimale pour chaque région selon qu'elle se situe en zone tempérée ou en zone tropicale.

L'équation de Galagan a été utilisée pour déterminer la dose optimale de fluor, à partir de la température journalière maximale mesurée, pour les communes considérées.

Dose optimale (mg/l) de fluor dans l'eau = $0.34/E$

Où :

0,34 : volume moyen d'eau contenant 1 mg/l de fluor consommé par livre de poids corporel.

E : dotation journalière en eau consommée par les enfants à partir de 10 ans

$$E = (-0.038 + 0.0062TM)$$

Où :

TM : température journalière maximale de l'aire en degré Fahrenheit

Dans cette formule, 0,0062 exprime l'augmentation en eau qu'exige l'organisme humain par livre de poids corporel pour chaque augmentation de la température entre 50 et 90 °F (10 et 32,2 °C). La constante 0,038 semblent être un facteur de correction.

IV. Cartographie des fluorures dans la région d'oued righ :

IV.1. Carte de concentration de fluorures(2011) :

L'observation de la carte (fig.18) met en évidence l'évolution des concentrations en fluorure dans la zone d'étude. Elle permet de localiser les zones à forte concentration dépassant les 1.4mg/l qui s'observent sur presque au centre de la région d'étude.

Ainsi, on remarque que ces teneurs en fluorure sont trop élevées en période de basse eau ces fortes concentrations sont dues au lessivage du sol au moyen de l'irrigation qui entraîne les fluorure présents dans le sol de la zone superficiel vers les profondeurs pour engendrer un tel taux en ce sel. on distingue que :

La teneur en fluorures est variée de 0.4 à 1.5.

La tendance de la teneur en fluorures est augmenté de direction SW-NE.

Dans les puits F1, F2 la teneur de fluorures est faible.

Dans la zone médiane la teneur de fluorures est moyenne.

Dans la partie NE centrale est la valeur maximale de fluorures.

Dernièrement la teneur est diminué à la coté NE.

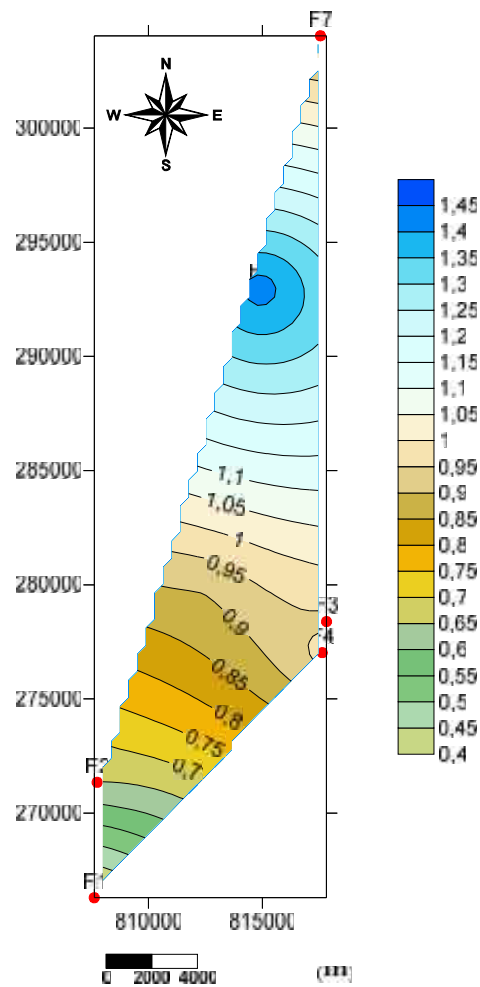


Fig.18 :Carte de Concentration de Fluorures(2011)

IV.2. Carte de concentration de fluorures(2008) :

La carte des Fluorure de la campagne de 2008 (fig.19), montre des teneurs qui évoluent par diminution de l'Ouest vers l'Est. Ainsi, on remarque que les fortes concentrations n'excède pas les 0.6 mg/l se localisent au sud de la zone d'étude. On distingue que :

La concentration de fluorure varié de 0.3 à 0.62

La teneur maximale est dans la coté SW

Au centre la teneur est diminuée progressivement

Après là la teneur va augmenter légèrement au NE

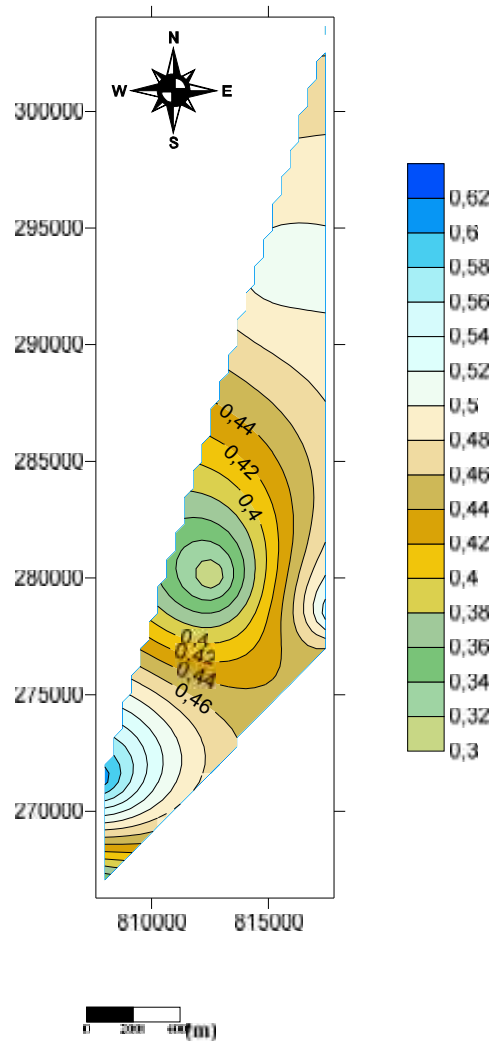


Fig. 19 : Carte de Concentration de Fluorures(2008)

V. Evolution des teneurs en Fluorures dans le temps :

En ce qui concerne l'évolution des Fluorures dans le temps, on dispose des résultats des analyses en ce composé pour une durée de 4 ans. La représentation graphique de ces résultats met en évidence une tendance générale à une augmentation des concentrations en Fluorures, puisque l'on note une hausse des concentrations atteignant un maximum de l'ordre de 1.5 mg/l au niveau de la partie centrale en 2011, alors que cette dernière a présentée une concentration de l'ordre de 0.5 en 2008. Cette zone où l'on trouve les plus fortes concentrations en fluorures est localisée dans une palmeraie qui a connu une extension urbaine.

VI. Conclusion :

L'agriculture représente le plus important consommateur des ressources en eau dans notre zone d'étude.

Le fluorure est élément chimique classe dans les halogènes comme le chlorure et ils sont possède même comportement dans le sol .l'augmentation de la teneur de fluorure est provoque la salinité de sol.

Automatiquement les sels dans le sol sont transporte à les eaux sous terrain. Cette transition des sels (fluorure) causé le problème de salinité.

La qualité de l'eau d'irrigation est généralement exprimée par des classes de convenance relative. La plupart des classifications tiennent compte de la conductivité (exprimant la totalité des corps dissous) et surtout la teneur en sodium et en bore. La concentration du sodium est important dans la classification de l'eau d'irrigation car le sodium réagit avec le sol et réduit sa perméabilité.

Les sols contiennent en grande quantité du sodium et des carbonates qui sont les anions prédominants et sont appelés sols alcalins, ceux qui contiennent beaucoup plus de chlorures et fluorure et de sulfates sont appelés sols salés.

Généralement, les sols saturés en fluorures supportent peu ou pas les plantes.

Conclusion générale

Conclusion générale

La région d'oued Righ est une vallée faisant partie du bas Sahara Algérienne. L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations aquifères. Ainsi, il s'agit des formations carbonatées sédimentaires, les dépôts sableux du massif saharien. Quant aux formations imperméables, elles sont d'une part celles situées en profondeur et qui constituent le substratum des nappes de recouvrement et notamment les formations aquifères.

Du point de vue hydrogéologique, la région abrite trois nappes : l'une superficielle constituée par des formations sableuses, la deuxième peut profonde contenue dans les alluvions, c'est le continental intercalaire et la troisième plus profonde formant le complexe terminale.

L'étude hydrochimique nous a permis d'édifier un aperçu sur la qualité chimique de l'eau, dans la région d'oued righ, par une analyse concernant la nappe de Continental intercalaire. Puis une classification des eaux.

La classification des eaux selon les méthodes de Piper et chœller -Berkaloff a montré la dominance du faciès sulfaté calcique pour la nappe Albien

La dominance de ce faciès est liée d'une part à la géologie locale de la région et d'autre part à la situation grave de quelques forages du Continental intercalaire qui présentent des perforations au niveau de tubages, ceux-ci favorisent la communication entre les nappes en particulier avec la nappe superficielle qui est trop minéralisée.

L'agriculture représente le plus important consommateur des ressources en eau dans notre zone d'étude.

Le fluorure est élément chimique classe dans les halogènes comme le chlorure et ils sont possède même comportement dans le sol .l'augmentation de la teneur de fluorure est provoque la salinité de sol.

Automatiquement les sels dans le sol sont transporté à les eaux sous terrain. Cette transition des sels (fluorure) causé le problème de salinité.

La qualité de l'eau d'irrigation est généralement exprimée par des classes de convenance relative. La plupart des classifications tiennent compte de la conductivité (exprimant la totalité des corps dissous) et surtout la teneur en sodium et en bore. La concentration du sodium est important dans la classification de l'eau d'irrigation car le sodium réagit avec le sol et réduit sa perméabilité.

Conclusion générale

Les sols contiennent en grande quantité du sodium et des carbonates qui sont les anions prédominants et sont appelés sols alcalins, ceux qui contiennent beaucoup plus de chlorures et fluorure et de sulfates sont appelés sols salés.

Recommandation

Recommandation

D'après les résultats obtenus on remarque que la majorité des eaux de potables de la région d'**oued Righ** sont chargés d'ions fluorures et dépassent les normes Recommandées par l'organisation Mondiale de la Santé OMS (1.5 mg/l), ces eaux jouent un rôle capital dans l'apparition de la maladie de la fluorose dentaire. La prévention contre la formation des calculs rénaux nécessite un traitement.

Pour remédier à ce problème et Parmi les solutions proposées pour régler ce problème on a fait des essais de défluoruration par adsorption sur des matériaux locaux de faible coût comme l'alumine activée, le charbon actif, les noyaux de dattes calcinées, les noyaux d'olives calcinées et la précipitation avec la chaux.

On recommande à ce que cette technique soit généralisée dans tous les domiciles suite à sa fiabilité, son coût économique et son efficacité.

Bibliographie

-**SERRAOUI Abdelbasset, SERRAYE Abderrezak (2011)** : Etude de potentiel hydraulique de continental intercalaire dans la région de Touggourt, université Ouargla mémoire d'ingénieur.

- **BOUNEGAB Brahim, CHEBIRAT Mohammed (2013)** : Qualité des eaux de la nappe de sable ct1 dans la région de Touggourt, Université Ouargla mémoire d'ingénieur.

- **SAOUD Djamila (2009)** : Etude de l'effet des ions fluorures sur la formation de lithiase urinaire dans la région du sud - est algérien Université Ouargla mémoire de Magister.

-**BETTAHAR Asma (2013)** : aspects qualitatifs des eaux de la région de Touggourt (nappes du complexe terminal et continental intercalaire) sud-est de l'Algérie, Université Ouargla mémoire master.

- **MERABET Assia, RIGHI Saida (2011)** : Reconnaissance hydrodynamique de complexe terminal dans la région de Touggourt, Université Ouargla mémoire d'ingénieur.

Sources des données :

- **ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques (Touggourt) archive.
- **ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques (Ouargla) archive.
- **ANRH (Touggourt)** : Inventaire des forages CI(2010).
- **DHW**: Direction hydraulique de la Wilaya.
- **ONID** : Office nationale d'irrigation et de drainage.
- **INRAA (Touggourt)** : Institut nationale des recherches agricoles algérien. (Archive).
- **ONM (Touggourt)** : Organisation nationale métrologique (archive).
- **ADE**: Algérienne des eaux.
- **SUBDIVISION HYDRAULIQUE DE TOUGGOURT.**

Site: <http://www.google Earth.com>

Annexes

CORDONNEE DES FORAGES :

Tableau : Concentration des fluorures année (2011)

| point | x | y | f- |
|-------|-----------|------------|------|
| | 7 | 0 | |
| F1 | 779528,04 | 3649592,66 | 0,37 |
| F2 | 779670,01 | 3654653,67 | 0,65 |
| F3 | 229524,96 | 3661117,7 | 0,94 |
| F4 | 229254 | 3659768,53 | 0,97 |
| F5 | 224439,52 | 3663109,45 | 0,91 |
| F6 | 227496,01 | 3675881,69 | 1,43 |
| F7 | 230804,85 | 3686766,56 | 0,85 |

Tableau : Concentration des fluorures année(2008)

| point | x | y | f- |
|-------|-----------|------------|------|
| | 7 | 0 | |
| F1 | 779528,04 | 3649592,66 | 0,29 |
| F2 | 779670,01 | 3654653,67 | 0,62 |
| F3 | 229524,96 | 3661117,7 | 0,55 |
| F4 | 229254 | 3659768,53 | 0,46 |
| F5 | 224439,52 | 3663109,45 | 0,3 |
| F6 | 227496,01 | 3675881,69 | 0,51 |
| F7 | 230804,85 | 3686766,56 | 0,45 |

Annexes

Tableau des analyses chimiques des eaux

| nom | P H | co nd | T | Ca2 + | Mg 2+ | N a+ | K + | Cl- | So 4- 2 | Hc o3- | Nh 4+ | N O2 - | N O3 - | PO 4-3 | Fe | F- |
|---------------------|----------|----------|----------|------------|------------|---------|----------|-------------|---------------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|----------|----------|
| BELDE T AMOR | 7, 34 | 23 40 | 20 ,6 | 232 ,46 | 106 ,94 | / | / | 345, 37 | 67 5 | 566 ,42 | 0,0 9 | 1 | / | 0,1 8 | 0, 56 | 0, 37 |
| TEMAC INE | 7, 5 | 24 10 | 28 ,6 | 200 ,4 | 94, 78 | 50 0 | 34 ,5 | 552, 25 | 10 50 | 167 ,75 | 0,0 41 | 0,0 25 | / | 0,1 48 | / | 0, 65 |
| SIDI MAHDI 2 | 7, 94 | 26 10 | 29 ,4 | 256 ,51 | 119 ,09 | / | / | 448, 59 | 57 5 | 154 ,32 | / | 8 | 1,3 | 0,1 3 | 0, 25 | 0, 94 |
| SIDI MAHDI 3 | 7, 31 | 24 20 | 29 ,5 | 276 ,55 | 102 ,08 | / | / | 417, 29 | 70 0 | 141 ,81 | / | / | 0,1 | 0,2 | 0, 22 | 0, 97 |
| AIN SAHRA | 7, 45 | 25 50 | 29 | 244 ,48 | 138 ,54 | / | / | 452, 07 | 70 0 | 158 ,49 | / | 4 | 0,4 | 0,1 6 | 0, 25 | 0, 91 |
| MEGG ARINE | 7, 31 | 30 30 | 22 ,3 | 268 ,53 | 106 ,94 | / | / | 537, 69 | 87 5 | 161 ,17 | / | 0 | 0,9 | 0,2 4 | 0, 34 | 1, 43 |
| SIDI SLIMA NE | 7, 59 | 28 50 | 25 ,5 | 268 ,54 | 174 ,99 | / | / | 613, 95 | 14 25 | 172 | / | 1 | 0,5 | 0,1 4 | 0, 28 | 0, 85 |
| BELDE T AMOR | 7, 95 | 19 70 | 53 ,5 | 248 ,5 | 123 ,96 | / | / | 399, 91 | 15 2 | 173 ,88 | 0,4 | 0,0 01 | / | 0,1 27 | / | 0, 29 |
| TEMAC INE | 7, 92 | 21 30 | 55 ,1 | 220 ,44 | 128 ,82 | / | / | 416, 57 | 24 0 | 145 ,84 | 0,5 01 | 0,0 08 | / | 0,1 75 | / | 0, 62 |
| SIDI MAHDI 2 | 6, 62 | 23 60 | 53 | 260 ,52 | 123 ,95 | / | / | 617, 71 | 72 5 | 191 ,71 | 0,5 84 | 0,0 08 | 0,0 2 | 0,1 66 | / | 0, 55 |
| SIDI MAHDI 3 | 8, 16 | 21 60 | 53 ,6 | 238 ,16 | 148 ,46 | / | / | 466, 56 | 12 4 | 168 ,28 | 0,2 49 | 0,0 9 | / | 0,0 08 | / | 0, 46 |
| AIN SAHRA | 7, 58 | 20 00 | 55 ,4 | 384 ,76 | 104 ,51 | / | / | 511, 18 | 10 50 | 179 ,48 | 0,5 71 | 0,0 12 | 0,6 | 0,1 12 | / | 0, 3 |
| MEGG ARINE | 8, 29 | 25 60 | 55 ,7 | 304 ,61 | 170 ,13 | / | / | 566, 54 | 34 0 | 173 ,88 | 0,3 62 | 0,0 14 | / | 0,0 25 | / | 0, 51 |
| SIDI SLIMA NE | 7, 18 | 59 40 | 57 ,7 | 312 ,62 | 192 ,01 | / | / | 201 3,45 | 92 5 | 252 ,4 | 1 | 0,0 09 | 1,5 | 0,4 43 | / | 0, 45 |

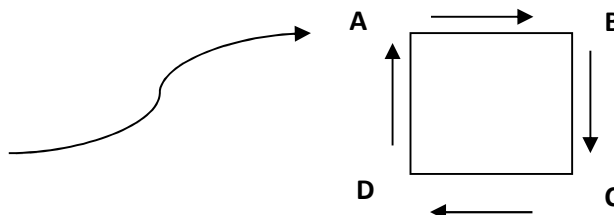
LES ETAPES UTILISER POUR TRACER DES CARTES PAR LE SURFER

A-TRACER LA LIMITE DE LA ZONE D'ETUDE :

*Pour importer une carte scanner :

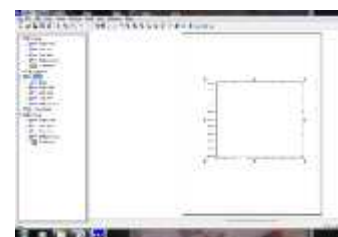
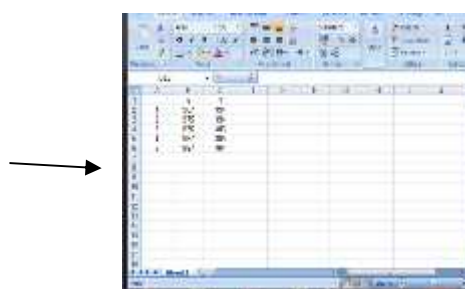
File → import

*pour faire limiter la zone d'étude :



1. Ouvrir un tableau Excel « nommé le cadre, par exemple »
2. Mettre les coordonnées Lambert par ordre A, B, C, D, A (A : la dernière pour fermer le cercle et on ajoute le chiffre 5 pour les X et le chiffre 1 pour les Y

| | A | B |
|---|-----|-----|
| 1 | 5 | 1 |
| 2 | 967 | 394 |
| 3 | 975 | 394 |
| 4 | 975 | 385 |
| 5 | 967 | 385 |
| 6 | 967 | 394 |



Comment enregistrer le tableau ?

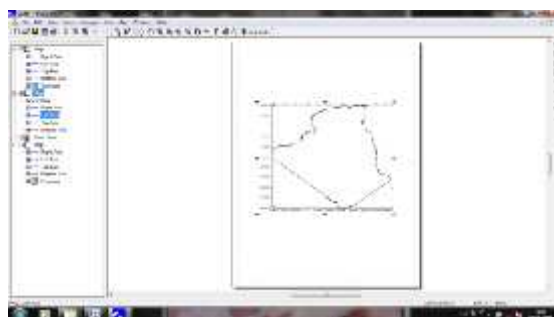
Ouvrir ce fichier Excel « cadre »-select all-Save as-sous forme **BLN**-fermer

Cliquer sur **Map-base map** –ouvrir le fichier « cadre »bln on obtient un carré d'Echelle

Après comment tracer le contour de la zone d'étude ?

map-digitize le contour-point par point après on fait sélectionner la première point (copier/coller) à la fin pour fermer le contour-select All-save as bln-fermer

Pour voir le dessin de contour :**map-base map**-contour bln-ouvrir



NB :

Après la digitize du contour on sauvegarde les coordonnées sous forme Xls et on ajoute une ligne

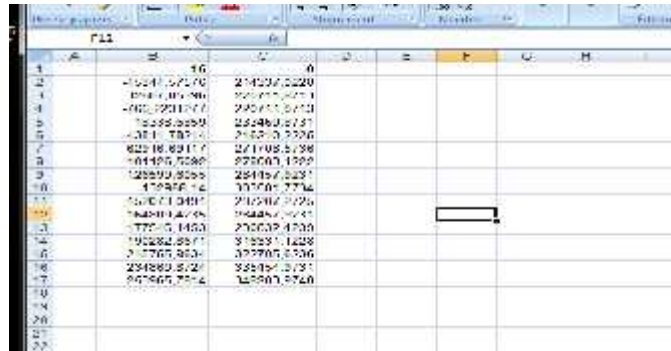
Dont les X on met le nombre totale des points des X et pour les Y le nombre 0 après on enregistre ce tableau sous forme bln (on utilise ces enregistrements par la suite pour la cartes isopièses)

Dans l'exemple on a digitize le contour par 16 points

Donc **16** pour X, et **0** pour Y

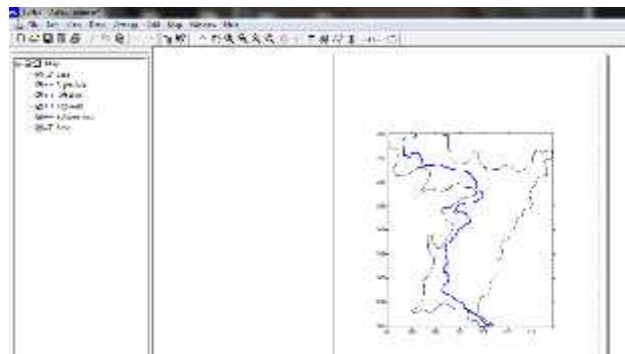
Donc on enregistre ce tableau sous forme Xls et bln

Annexes



| 1 | | | |
|----|--------------|-------------|--|
| 2 | -15241,52176 | 214237,2220 | |
| 3 | -15241,00196 | 214237,2211 | |
| 4 | -15240,98177 | 214237,2201 | |
| 5 | -15240,96159 | 214237,2191 | |
| 6 | -15240,94141 | 214237,2181 | |
| 7 | -15240,92123 | 214237,2171 | |
| 8 | -15240,90105 | 214237,2161 | |
| 9 | -15240,88087 | 214237,2151 | |
| 10 | -15240,86069 | 214237,2141 | |
| 11 | -15240,84051 | 214237,2131 | |
| 12 | -15240,82033 | 214237,2121 | |
| 13 | -15240,80015 | 214237,2111 | |
| 14 | -15240,78000 | 214237,2101 | |
| 15 | -15240,76000 | 214237,2091 | |
| 16 | -15240,74000 | 214237,2081 | |
| 17 | -15240,72000 | 214237,2071 | |
| 18 | -15240,70000 | 214237,2061 | |
| 19 | -15240,68000 | 214237,2051 | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |

Si la zone contient des Oueds par exemple on cliquant sur **map-digitize-save as Oued** sous forme bln
Pour voir ces oueds on cliquant sur **map-base map-oued (bln)-ouvrir**



B-TRACER UNE CARTE D'INVENTAIRE :

Ouvrir une feuille d'Excel pour trois colonnes nom du point inventé, X, Y

Un inventaire des forages par exemple :

| Forages | X | Y |
|----------------|----------------|----------------|
| F1 | X1 | Y1 |
| F2 | X2 | Y2 |
| F3 | X3 | Y3 |
| F4 | X4 | Y4 |
| F _n | X _n | Y _n |

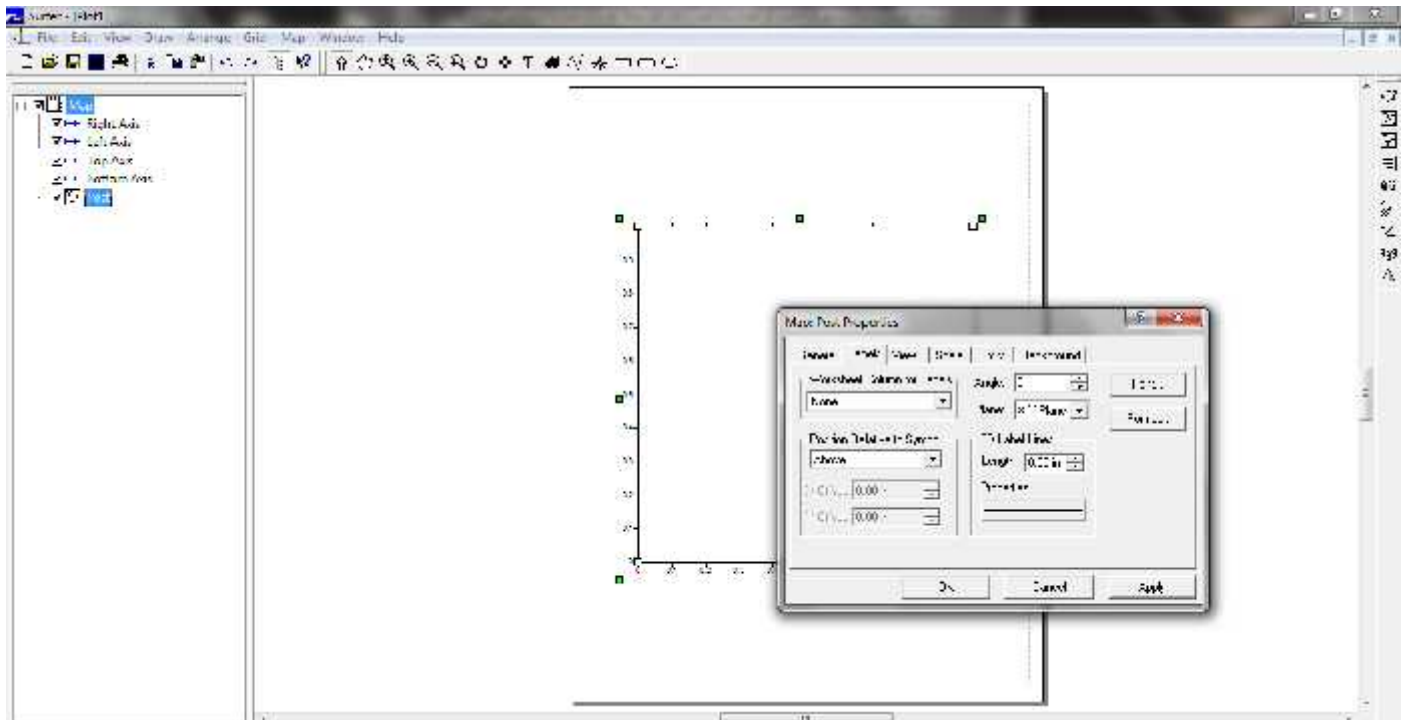
Quelque soit le nombre des forages

Enregistrer ces données sous forme Xls

Ouvre une feuille surfer « Plot »

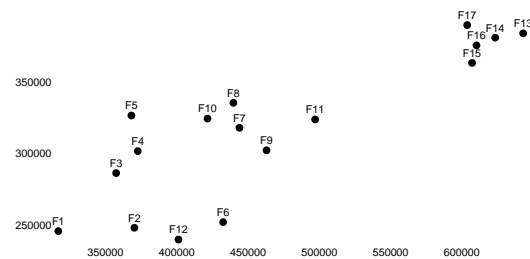
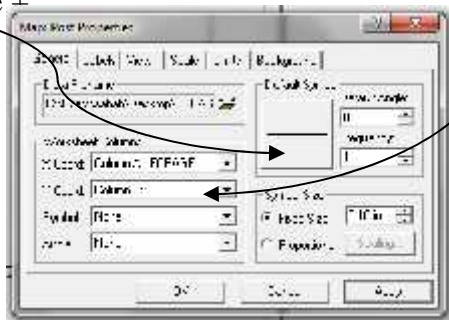
On cliquant sur **map-post map-New post map**, un carré s'ouvre cliquant sur le carré un double clique pour ouvrir la boîte de dialogue

Annexes



Dans la boîte de dialogue on clique sur le mot **general** pour classer les colonnes avec les données

→ Voir le signe +



B-TRACER UNE CARTE PIEZOMETRIQUE :

Premièrement on prépare les données piézométriques (ou bien résistivité ou bien d'autres facteurs)

Sous forme Excel on crée une colonne pour les noms du paramètre (puits, forages, facteurs...)

| points | X | Y | NP |
|--------|----------|----------|------|
| | n | 0 | |
| P1 | X1 | Y1 | 12.5 |
| P2 | X2 | Y2 | 14 |
| P3 | X3 | Y3 | 13.6 |
| Pn | Xn | Yn | 16.5 |

NP : niveau piézométrique (ou bien d'autre paramètres)

Astuce :

Pour les oueds une astuce pour avoir les coordonnées Lambert, on digitize l'oued et on extrait les points de digitize comme coordonnée pour l'oued et on ajoute après la troisième colonne NP à partir de la carte topo,

Annexes

Z amont < Z aval (au minimum 10 points)

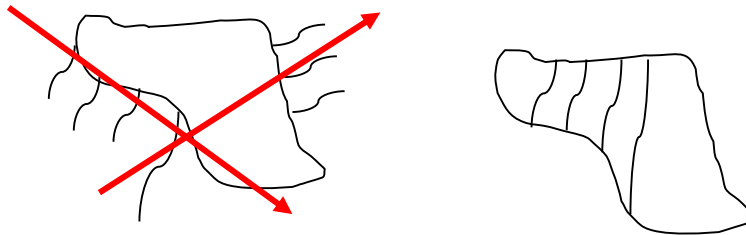
*Enregistrer ce tableau sous forme Excel

*Grid-data-tableau piezo (nommé par exemple pièzo)-ouvrir

*Grid-blank-le terme pièzo s'ouvre automatiquement-ouvrir-sélectionner le contour bln-ouvrir-out-on remplace le terme out par un nom de votre choix « m »-enregistrer

*map-contour map-new contour map-le nom « m » ouvrir

Toujours la première ligne des données excel les X=le nbr des points et les Y=0 (pour le contour et les données pièzo) sinon les courbes se dirigent vers l'extérieure



En fin on extrait le contour et on plus les courbes isopièzes et pour obtenir une carte récap on clique sur select all (sélectionner tous)-overly map.

Pour modifier l'échelle on clique 2 fois sur l'axe.



Dédicace

Au nom d'Allah, l'infiniment Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Louange à Dieu seul, et que son salut et sa bénédiction soient sur le dernier des prophètes

Le prophète Mohammed (Paix et bénédiction soient sur lui) a dit "*cherchez le savoir du berceau à la tombe*"

Comme il a dit : "Apprendre le savoir pour l'amour d'Allah est bienfait, son études est louange, sa recherche est Jihad. Le savoir est un copain dans la solitude, causeur dans l'isolement, ami dans l'éloignement, guide dans la prospérité, aide dans l'adversité. Le savoir est beau chez les camarades, arme contre l'ennemi. Avec le savoir, on atteint les classes des bons dans l'au-delà, on s'assois avec les rois de ce monde, on accompagne les justes dans l'au-delà. Penser au savoir c'est comme le jeûne, sa révision c'est comme la prière de minuit. Avec le savoir on garde la parenté, on juge, on fait la différence entre le bienfait (halal) et le méfait (haram), on croit qu'il n y a q'un seul Dieu, et on lui obéit et adore."

On a atteint ce niveau de formation et d'études grâce aux ordres et recommandations de notre Messager (que Dieu le salut), et cela n'est qu'un point de départ et on va y rester.

En guise de reconnaissance et d'affection nous dédions ce modeste travail à :

- ❖ A nos pères et nos mères, pour le courage et la volonté avec lesquels ils se sont armés pour nos soutenir moralement et matériellement durant notre études.
Pour cette meilleure éducation qu'ils nos 'ont donné, pour être à notre cotés pour le meilleur et le pire.
- ❖ A tous nos familles, et notre amis et tout qui sont aidées nos de prés au loin pour faire ce travail.

Et tous ceux que nos 'ont bien aidé, encouragé et aimé, à ceux que nous porte dans notre cœur.

MOKHTAR

MOHAMED



Résumé

Résumé

La sollicitation des ressources en eaux souterraines est interprétée par la variation spatio-temporaire de la piézométrie dans la vallée d'Oued Righ. Parfois causant une dégradation de la qualité des eaux le suivi des paramètres physico-chimiques a montré des concentrations remarquables en fluorures.

L'objectif de ce travail est la mise en évidence d'une contamination par les fluorures des eaux de forages d'AEP en fonction de la piézométrie. Pour éliminer cette pollution il faut faire des traitements des eaux et de réalisation des forages pour l'alimentation en eau potable

:

يعتبر وادي ريف حدة للموارد المائية تقع في الجنوب الشرقي الجزائري، يملك ن كبير جدا من المياه الجوفية
أحيانا نلاحظ وجود عسرة في نوعية المياه، وهذا ناتج عن تركيز الفيزيوكيميائية وخاصة الفليور
في المياه.

الهدف من هذا العمل هو تحدد تلوث المياه عن طريق شاردة الفليور، و للحد من هذا التلوث يجب معالجة المياه و حد