

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE DE GHARDAIA

N° d'ordre :
N° de série:

**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Science de L'eau et de L'environnement

PAR :

M^{elle}. SELMA BENBITOUR

THEME:

**ETUDE DE POTABILISATION DES EAUX
DES FORAGES DE LA VILLE DE METLILI**

Soutenu publiquement le : 01 / 06 / 2015

Jury:

M. AGOUN M. S.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. BOUBELLI S.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M^{me} BOUAMER K.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examinatrice
M. BENADDA L.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2014/2015



Dédicace

*A mes très chers parents qui
m'ont poussé toujours à aller
vers l'avant, m'ont encouragé
et soutenue durant tout mon
parcours d'études.*

A toutes mes frères et Sœurs

*A toute la famille
BEN BITOUR*

*A tout la famille
DJEBRIT*

*A tous mes amis et tous ceux
qui me sont proches.*

Selma

Remerciements

*Merci à notre Allah, notre guide, notre force, notre bonheur,
et la raison de notre existante. C'est lui qui nous a fait
comprendre le but de cette vie, et qui nous a donné le pouvoir
d'aimer les gens et d'apprécier les choses. Merci d'être là dans
les moments les plus difficiles.*

Ma profonde gratitude va à ma mère et mon père

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Mon professeur
et encadreur M^{onsieur} **BENADDA LOTFI** pour ses directives
et ses conseils tout au long de mon travail, pour sa patience et
sa confiance et pour sa disponibilité et sa gentillesse*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à M^r **AGOUN
Mohammed Salah** d'avoir accepté de présider le jury de ce
mémoire, ainsi qu'aux examinateurs M^{me} **Kheira
BOUAMEUR** et M^r **BOUBELLI Salim**, ainsi que pour leur
soutien, directives et conseils.*

*L'ensemble des enseignants qui nous ont suivies durant notre
cycle d'étude en particulier Messieurs Ouled Belkheir,
Mechri, Daheur et Madame MOULAY.*

*Je remercie vivement tous mes amis de la promotion
hydraulique*

*Nos respects à tous ceux qui nous feront l'honneur
d'apprécier notre travail.*

Selma

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE ; Algérienne des eaux

AEP ; Alimentation en Eau Potable.

ANRH ; Agence Nationale Des Ressources Hydriques.

CI ; Continental Intercalaire

CT ; Complexe Terminal.

OMS ; Organisation Mondiale de la Sante.

ONM ; Office National de la Météorologie.

°F ; Degré Français.

NTU ; Nephelometric Turbidity Unit.

OMS ; Organisation Mondiale de la Santé.

CE ; Conductivité électrique.

°C ; Degré Celsius.

Sommaire

INTRODUCTION	2
PROBLEMATIQUE	5
CHAPITRE 01 CADRE PHYSIQUE DE LA REGION	7
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA	7
1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE METLILI.....	7
1.3. GEOLOGIE.....	9
1.4. HYDROGEOLOGIE	11
1.5. CONDITIONS CLIMATIQUES	11
1.5.1. TEMPERATURE	11
1.5.2. LES PRÉCIPITATIONS	11
1.5.3. HUMIDITE RELATIVE	12
1.5.4. EVAPORATION	12
1.5.5. INSOLATION	13
1.5.6. VENT	13
1.5.7. CLASSIFICATION DU CLIMAT	14
1.5.7.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN	14
1.5.7.2. CLIMMAGRAME D'EMBERGER	15
1.6. APERCU GEOLOGIQUE ET RELIEF DE METLILI.....	16
1.7. ASPECT HYDRAULIQUE	17
1.7.1. LES EAUX SUPERFICIELLES	17
1.7.2. LE EAUX SOUTERRAINES	17
1.7.2.1. LA NAPPE PHREATIQUE	17
1.7.2.2. LA NAPPE CONTINENTAL INTERCALAIRE (CI)	18
1.8. LA GEOMORPHOLOGIE	20

1.9.	LA TOPOGRAPHIE	21
1.10.	AGRICULTURE.....	21
CHAPITRE 02 PARTIE THEORIQUE SUR LE TRAITEMENT DES EAUX SOUTERRAINE.....		22
2.1.	INTRODUCTION	23
2.2.	CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINE PAR FORAGES	23
2.2.1.	LES TECHNIQUES DE FORAGE	23
2.2.1.1.	LA TECHNIQUE DE BATTAGE	23
2.2.1.1.1.	AVANTAGES DU BATTAGE	24
2.2.1.1.2.	INCONVENIENTS DU BATTAGE.....	25
2.2.1.2.	LA TECHNIQUE ROTARY	25
2.2.2.	REALISATION DE FORAGE.....	27
2.2.2.1.	INSTALLATION DU CHANTIER DE FORAGE	27
2.2.2.2.	CHOIX DE LA TECHNIQUE DE FORAGE	27
2.2.2.3.	TUBAGES	28
2.2.2.4.	CONTROLE DE LA RECTITUDE ET DE LA VERTICALITE	28
2.2.2.5.	LES FOSSES A BOUE.....	28
2.2.3.	EQUIPEMENT DE FORAGE.....	29
2.2.3.1.	TUBES ET CREPINES	29
2.2.3.2.	MISE EN PLACE DU TUBAGE	30
2.2.3.3.	MASSIF FILTRANT (GRAVIER ADDITIONNEL, MASSIF DE GRAVIER).....	30
2.2.3.4.	CIMENTATION	31
2.3.	LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINE.....	31
2.3.1.	INTRODUCTION	31
2.3.2.	PRINCIPAUX ELEMENTS RESPONSABLES DE LA DURETE	32
2.3.2.1.	LE CALCIUM.....	32
2.3.2.2.	LE MAGNESIUM	32

2.3.3.	NORMES ET RECOMMANDATIONS	33
2.3.4.	IMPACT DE LA DURETE.....	33
2.4.	DIFFERENT TYPES DE TRAITEMENT	33
2.4.1.	INTRODUCTION	33
2.4.2.	LE PRETRAITEMENT	34
2.4.2.1.	LE DEGRILLAGE ET LE TAMISAGE	34
2.4.2.2.	LA PRE-OXYDATION	34
2.4.2.3.	AERATION.....	34
2.4.3.	LA CLARIFICATION	35
2.4.3.1.	COAGULATION ET FLOCCULATION.....	35
2.4.3.2.	FILTRATION.....	35
2.4.4.	PAR PRECIPITATION CHIMIQUE	37
2.4.4.1.	DECARBONATATIONS A LA CHAUX.....	38
2.4.4.2.	DECARBONATATION AU CARBONATE DE SODIUM	39
2.4.5.	OXYDATION CHIMIQUE	39
2.4.6.	TRAITEMENT PAR MEMBRANE	39
2.4.6.1.	OSMOSE INVERSE.....	39
2.4.6.2.	ELECTRODIALYSE.....	40
2.4.6.3.	NANOFILTRATION	40
2.4.7.	PAR ECHANGE D'IONS	40
2.4.8.	PAR ADSORPTION.....	41
2.4.8.1.	ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF CATALYTIQUE	41
2.4.8.2.	ADSORPTION SUR ALUMINE ACTIVEE.....	41
	CHAPITRE 03 ETUDE HYDROCHIMIQUE.....	42
3.1.	INTRODUCTION	43
3.2.	PRISE DES ECHANTILLONS	43
3.2.1.	CHOIX DE LA REGION D'ETUDE	43

3.2.2.	ZONE D'ECHANTILLONNAGE	43
3.2.3.	PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS	43
3.2.4.	MODE DE PRELEVEMENT DANS UN FORAGE	44
3.3.	LES ANALYSES PHYSIQUE-CHIMIQUE	44
3.3.1.	MESURE DE TEMPERATURE.....	44
3.3.2.	LE POTENTIEL HYDRIQUE	44
3.3.3.	MESURE DE LA CONDUCTIVITE	45
3.3.4.	LA TURBIDITE	46
3.3.5.	DETERMINATION DE RESIDU SEC	47
3.3.6.	LE TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET.....	47
3.3.7.	DURETE TOTALE	48
3.3.8.	DOSAGE DE CHLORURES	48
3.3.9.	DOSAGE DE CALCIUM	49
3.3.10.	DETERMINATION DU MAGNESIUM	49
3.3.11.	DOSAGE DES IONS SULFATES	49
3.3.12.	DOSAGE DU SODIUM ET DU POTASSIUM	50
3.3.13.	DETERMINATION DE L'AZOTE AMMONIACAL	50
3.3.14.	DOSAGE DES NITRATES	51
3.3.15.	DOSAGE DE NITRITE.....	51
3.3.16.	DOSAGE DE FER	52
3.3.17.	PHOSPHATE.....	52
3.4.	RESULTATS D'ANALYSE	52
3.4.1.	TEMPERATURE	52
3.4.2.	pH	53
3.4.3.	LA CONDUCTIVITE	54
3.4.4.	TURBIDITE	55
3.4.5.	TDS	56

3.4.6. RESIDU SEC	57
3.4.7. SALINITE	58
3.4.8. LES PARAMETRES CHIMIQUES	59
3.4.8.1. CALCIUM.....	59
3.4.8.2.MAGNESIUM	60
3.4.8.3.DURETE TOTALE	61
3.4.8.4. FER	62
3.4.8.5. TAC	63
3.4.8.6. SODIUM	64
3.4.8.7. SULFATES	65
3.4.8.8. POTASSIUM	66
3.4.8.9. CHLORURES	67
3.4.8.10.PHOSPHORE	68
3.4.9. LES PARAMETRES DE POLLUTION	68
3.4.9.1.AMMONIUM.....	68
3.4.9.2.NITRITE	69
3.4.9.3.NITRATE	70
3.4.9.4.PHOSPHATE	71
3.5. CLASSIFICATION CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES	73
3.6. SUIVIE D’EVALUATION DE QUALITE DES EAUX ETUDIEES	74
3.7. SYNTHESE GENERALE	75
CONCLUSION.....	77

LISTE DES FIGURES

Figure N° 01- Situation de la wilaya de Ghardaïa.....	8
Figure N°02- Situation Géographique de la région de Métlili.....	8
Figure N° 03- Schéma géologique structural de la wilaya de Ghardaïa	9
Figure N° 04 Coupe géologique de La région de Ghardaïa contenant la zone d'étude	10
Figure N°05-Moyen mensuel de la température	11
Figure N°06 - Histogramme des précipitations mensuelle	12
Figure N° 07 - Moyennes mensuelles de l'humidité relative	12
Figure N°08 - Evaporation mensuelle	13
Figure N°09 - Histogramme des vitesses de vent(m/s)	14
Figure N°10 - Diagramme ombrothermique de Gaussen	15
Figure N°11 - Etage bioclimatique de la ville de Metlili.....	16
Figure N°12 - Ressources en eau souterraines du CI et CT [4].....	18
Figure N°13 - Toit et surface piézométrique du CI[4]	19
Figure N°14 - carte du niveau statique de l'aquifère	19
Figure N° 15 - profondeur des forages et le toit de l'aquifère albien [7]	20
Figure N°18 - Battage au câble	24
Figure N°19 – Battages a tiges	24
Figure N°20 - Forage par rotary	26
Figure N°21 - Filtre à sédiment	36
Figure N°22 - Filtre à cartouche	37
Figure N°23 - Traitement par Osmose Inverse	39
Figure N°24 - pH Mètre	45
Figure N°25 - Conductimètre	46

Figure N°26 - Turbidimètre	47
Figure N°27 - Variation de température par rapport a la norme OMS	53
Figure N°28 - Variation spatiale des valeurs moyennes de PH	53
Figure N°29- Variation de turbidité par rapport a la norme OMS	55
Figure N°31- Variation de TDS par rapport a la norme OMS	56
FIGURE N°33 - Variation de Résidu Sec par rapport a la norme OMS	57
Figure N°35 - Variation de salinité	58
Figure N°37 - Variation de concentration de calcium par rapport à la norme OMS	59
Figure N°38- Variation de concentration de la dureté totale par rapport a la norme OMS	61
Figure N°39 - Carte hydro-chimique de la variation de la dureté totale	62
Figure N°40 - Variation de concentration de fer par rapport a la norme OMS	62
Figure N°41- Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Fer	63
Figure N°42- Variation de TAC par rapport a la norme OMS	63
Figure N°43 - Carte hydro-chimique de la variation de TAC	64
Figure N°44 - Variation de concentration du sodium par rapport à la norme OMS	64
Figure N°45 - Carte hydro-chimique de la variation de sodium	65
Figure N°46 - Variation de concentration du sulfates par rapport a la norme OMS	65
Figure N°47 - Carte hydro-chimique de la variation des sulfates	66
Figure N°48 - Variation de concentration du potassium par rapport a la norme OMS	66
Figure N°49 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de potassium	67
Figure N°50 - Variation de concentration des chlorures par rapport a la norme OMS	67

Figure N°51 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des chlorures	68
Figure N°52- Variation de concentration de phosphore par rapport a la norme OMS	68
Figure N°53 - Variation de concentration d'ammonium par rapport a la norme OMS	69
Figure N°54 - Variation de concentration des nitrites par rapport a la norme OMS	69
Figure N°55 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des nitrites ...	70
Figure N°56 - Variation de concentration des nitrates par rapport a la norme OMS	70
Figure N°57 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des nitrates ..	71
Figure N°58 - Variation de concentration des phosphates par rapport a la norme OMS	71
Figure N°59 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de phosphate	72
Figure N°60 - Diagramme de piper des eaux des forages de Metlili	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01 - Météorologie de la région de Métlili (2001-2014)	14
Tableau N°02 - Qualite des eaux forage de metlili	74

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les fluides souterrains sont très précieux et ont une grande importance (Eau, Gaz et Pétrole). Se trouvant à des profondeurs plus où moins importantes, il est toujours nécessaire de forer pour les explorer et les exploiter.

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.

La région de Metlili est alimentée en eau potable à partir des forages exploitants la nappe albienne. Malgré sa disponibilité, cette eau présente un grand inconvénient, présenté dans une concentration en certains ions dépassant les valeurs recommandées par l'O.M.S. Elle constitue une préoccupation majeure des autorités locales et mobilise chaque année une importante enveloppe budgétaire.

Cette menace est liée à la présence dans les eaux souterraines des éléments physico-chimiques et essentiellement d'éléments responsables de la dureté (Ca^{2+} , Mg^{2+} , NA^+ , ...).

La solution nécessite la maîtrise des facteurs et des procédés adéquats pour réduire la dureté des eaux de la nappe souterraine. En dépit des méthodes efficaces pour la réduction de la dureté de l'eau (précipitation chimique, les échanges ioniques, ...). Il nous incombe dans cette étude d'étudier le traitement de l'eau souterraine en cas où elle présente une qualité dépassant les normes préconisées, prenant en considération l'aspect économique et l'absence des effets néfastes.

Ce mémoire est réparti sur trois chapitres, dans le premier chapitre on décrit les principales caractéristiques de la région de Metlili.

Au deuxième chapitre on présente les techniques de réalisation des forages, on discute la qualité des eaux souterraines et on présente les différents types de traitements des eaux souterraines.

Le dernier chapitre décrit les méthode d'analyses et la discussion des résultats obtenus dans cette étude.

PROBLEMATIQUE

PROBLEMATIQUE

Les eaux de forage présentent un l'inconvénient dans le déséquilibre dans les propriétés physiques et chimiques très élevées avec des concentrations en certains ions dépassant les valeurs recommandées par l'O.M.S.

Les ressources en eau dans la région de METLILI sont essentiellement les eaux souterraines. Ces derniers sont captés par des puits traditionnels (Nappe phréatiques) et des forages captant la nappe profonde.

Les eaux profondes sont celles destinées à la consommation de la population. C'est ces types des eaux souterraines qu'on s'intéresse dans ce travail.

Quand il s'agit de protéger la nappe et les êtres vivants, il est nécessaire de faire un suivi de la qualité de ses eaux.

Etant la seul et la principale ressource de la population de Metlili, les eaux des forages de la nappe albienne de Metlili peut contenir certains paramètres, principalement physico-chimiques, qui peuvent nuire à la santé des êtres.

Un problème, que s'il existe, doit être identifié et résolu, dont la nécessité de procéder à des prélèvements d'échantillons sur les 15 forages et d'analyser leurs eaux au laboratoire, de comparer les résultats avec les normes de consommation, et enfin nous suggérons la méthode adéquate et idéale pour traiter ces eaux.

CHAPITRE 01

CADRE PHYSIQUE DE LA REGION

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrional, elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset.
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla.
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad.

La population de la wilaya est estimée de 309.740 habitants, soit une densité de peuplement de 3,60 habitants au km².

Elle est constituée de 13 communes regroupées dans 9 daïras. Superficie de la wilaya est de 86 105 km².

1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE METLILI

Metlili est une commune de la wilaya de Ghardaïa en Algérie située à 40 km au sud de Ghardaïa .

- Altitude 455 m.
- Latitude 32° 16' Nord.
- Longitude 003° 38' Est.

La commune de Metlili couvre une superficie de 7300km², elle est limitée :

- Au Nord par la Wilaya d'EL BAYADH et les communes de DAYA, BOUNOURA, EL ATTEUF et ZELFANA ;
- Au Sud par la commune de SEBSEB;
- A l'Est par la wilaya d'OUARGLA
- A l'Ouest par la Wilaya d'EL BAYADH

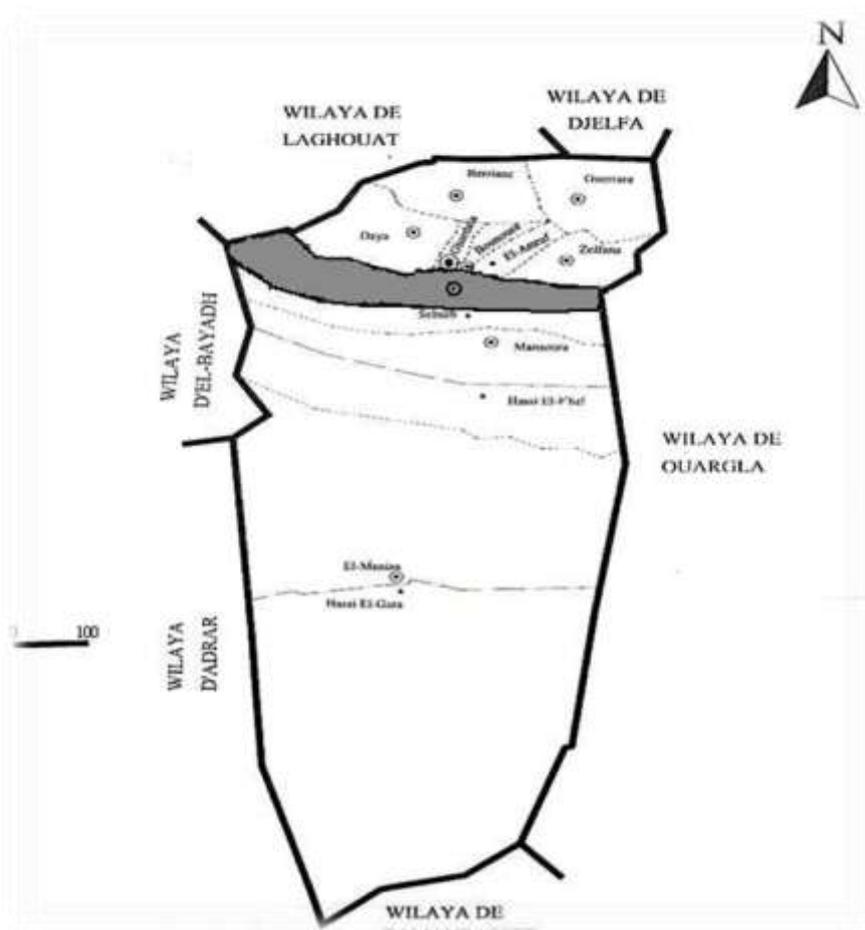


Figure N° 01- Situation de la wilaya de Ghardaïa



Figure N°2- Situation Géographique de la région de Métlili

1.3. GEOLOGIE

La wilaya de Ghardaïa est composée de point de vue géologique de trois régions naturelles, en l'occurrence :

- Les plaines de la dalle hamadienne, cuirasse calcaire avec, en surface un cailloutis anguleux ;
- Les régions ensablées, partie du grand Erg occidental avec des cordons dunaires particulièrement denses et élevés, cette zone Est consacrée exclusivement au pastoralisme saharien ;
- La chebka, dorsale centrale à dominance calcaire en corniches continues de direction Nord-Sud.

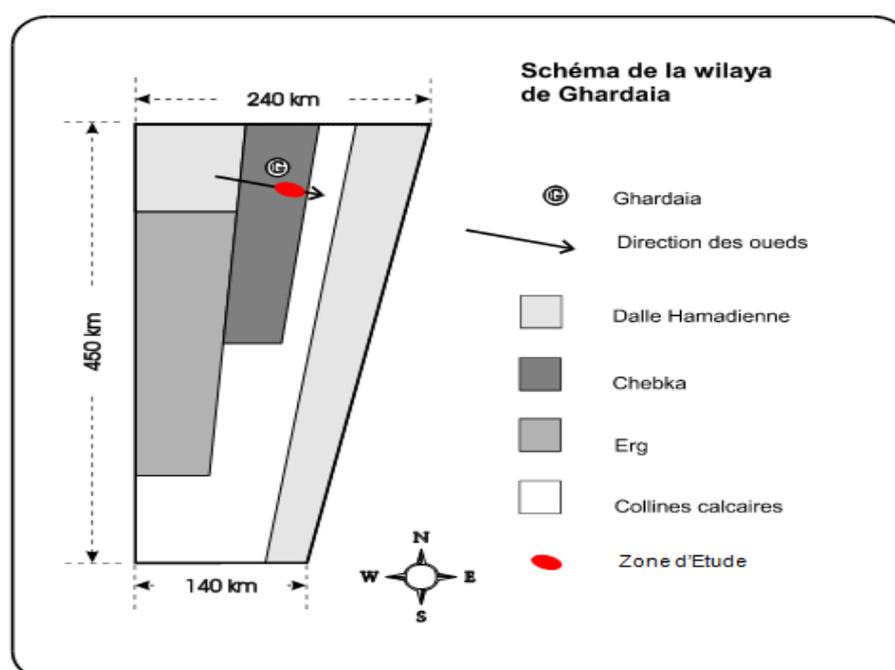


Figure N° 03- Schéma géologique structural de la wilaya de Ghardaïa

La figure 03 représente un schéma géologique structural de la wilaya de Ghardaïa. La zone d'étude est localisée géologiquement sur les terrains affleurant dans la chebka, correspondant à l'aboutissement d'une série de transgressions et de régressions marines : les périodes marines ont généré les terrains calcaires tandis que les périodes continentales ont laissé des sables et des grès qui constituent des réservoirs potentiels d'eau souterraine, le réservoir le plus connu étant le Continental Intercalaire dont l'étage albien constitue la partie supérieure.[15]

Les périodes intermédiaires (flux ou reflux de la mer) ont donné des dépôts lagunaires : argiles à gypse.

Un réseau de vallées conforme à la topographie générale s'ordonne autour d'axes Nord - Ouest Sud - Est, grossièrement orthogonal aux lignes de relief qu'il traverse. Ces vallées se sont creusées à des époques où le réseau hydrographique était beaucoup plus actif qu'il ne l'est aujourd'hui.

Du fait de la structure des terrains (alternance de zones dures et de zones plus tendres), on a des vallées à versants raides taillées dans les calcaires et des fonds de vallée plats. Cette disposition a permis le développement d'un réseau hydrographique très ramifié constituant un dédale de vallées très rapprochées ou dayates qui est la caractéristique de la chebka.

La figure suivante donne une coupe géologique schématique de la région de Ghardaïa.

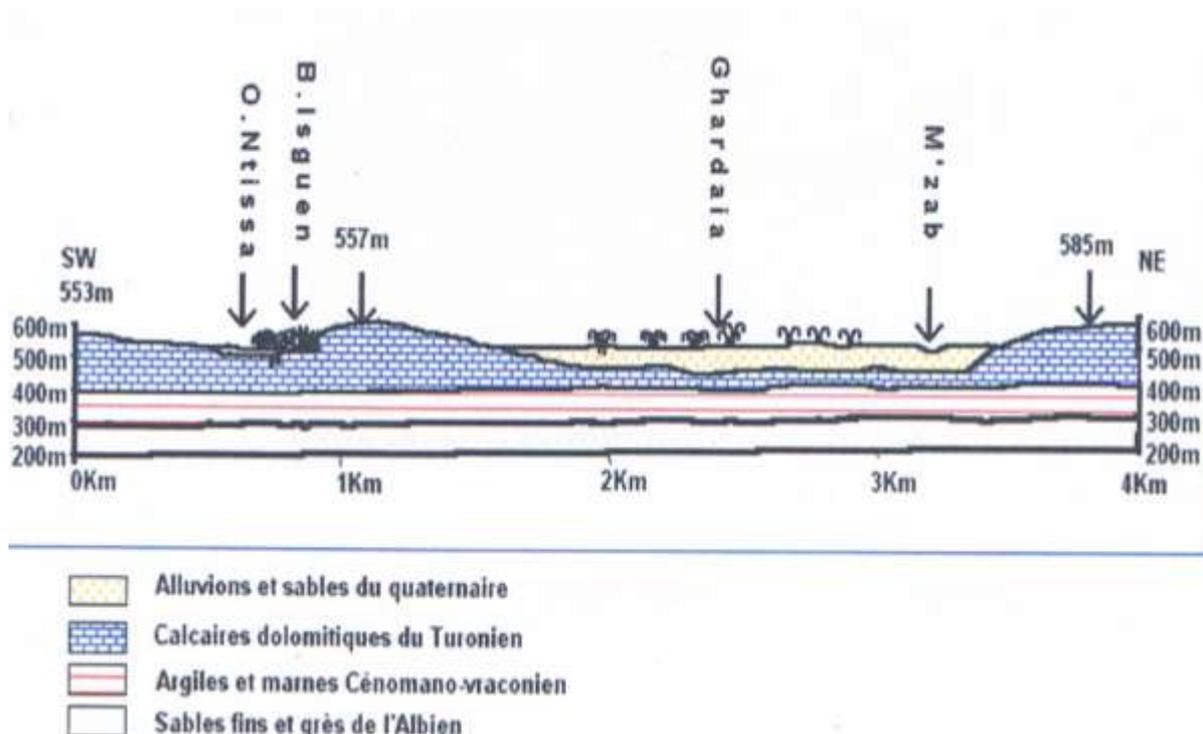


Figure N° 04

Coupe géologique de La région de Ghardaïa contenant la zone d'étude

1.4. HYDROGEOLOGIE

Les alluvions grossières renferment une nappe phréatique importante. Une dizaine de puits ont été foncés.

1.5. CONDITIONS CLIMATIQUES

Caractérisation de climat de la région est faite à partir d'une synthèse climatique de 14 ans entre 2000 et 2014, à partir des données de la station de Ghardaïa de l'office national de météorologie.

La région de Meltili jouit d'un climat saharien, avec des hivers froids et des étés chauds et secs.

1.5.1. TEMPERATURE

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jours et seule de nuit, d'été et l'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre.

La température moyenne enregistré au mois de Aout est de 33.63°C, le maximum absolu de cette période a atteint 42.5°C, pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 12.34°C, le minimum absolu de cette période a atteint -1°C.

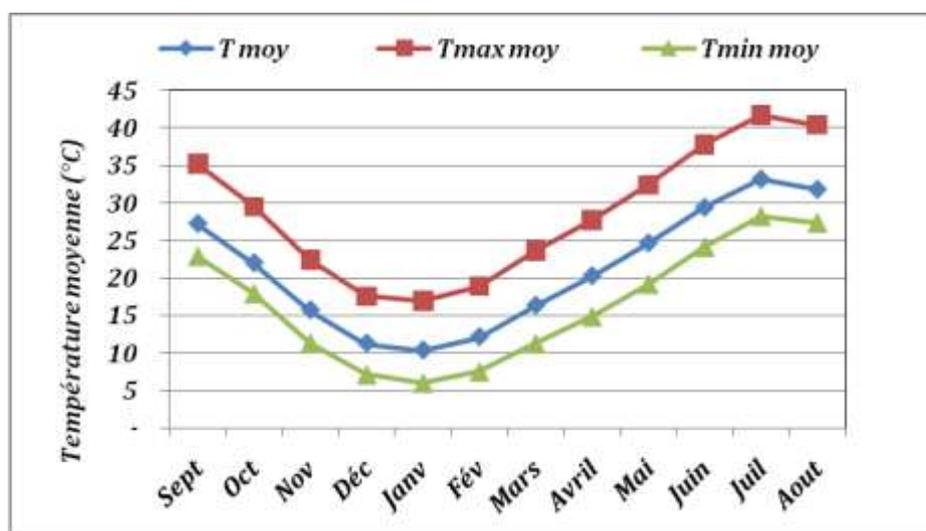


Figure N°05-La Moyenne mensuel de la température

1.5.2. LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles varient entre 1.17 mm et 15.85 mm sur une durée moyenne de quinze (15) jours par an.

Le nombre des jours de pluie ne dépasse pas onze(11) jours (entre les mois de de janvier et mars).les pluies sont en général torrentielles, fluctuantes et irrégulières durent peu de temps sauf cas exceptionnels.

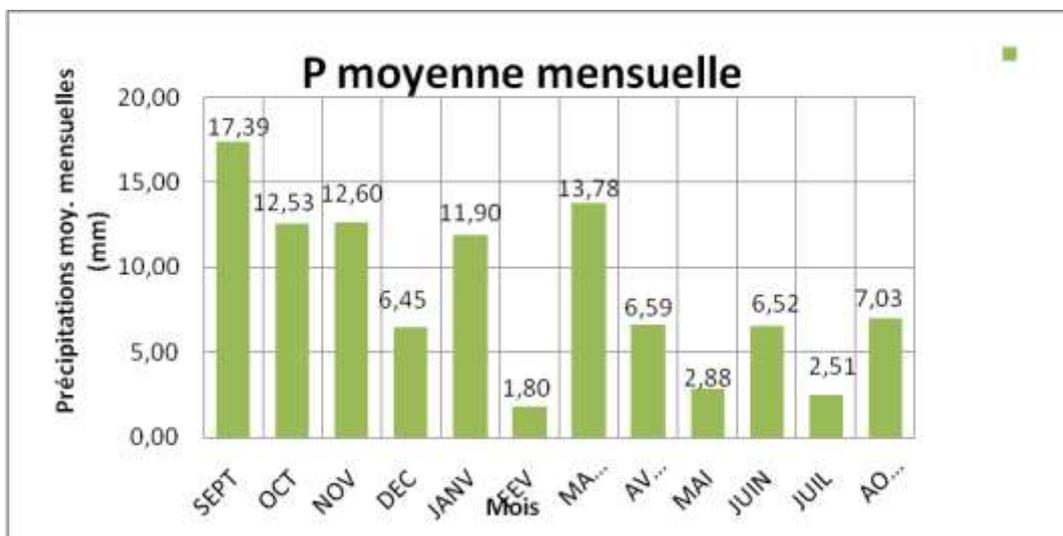


Figure N°06 - Histogramme des précipitations mensuelle

1.5.3. HUMIDITE RELATIVE

L'humidité relative de l'air est très faible, elle est de l'ordre de 21.98% en juillet, atteignant un maximum de 53.81% en mois de janvier et une moyenne annuelle de 37.77%.

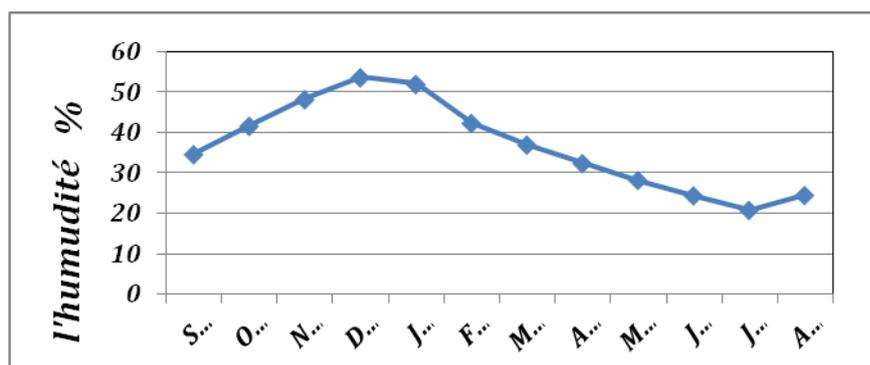


Figure N° 07 - Moyennes mensuelles de l'humidité relative

1.5.4. EVAPORATION

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 527.62 mm /an, avec un maximum

mensuel de 75.04mm au mois de juin et un minimum de 17.62 mm au mois de Janvier.

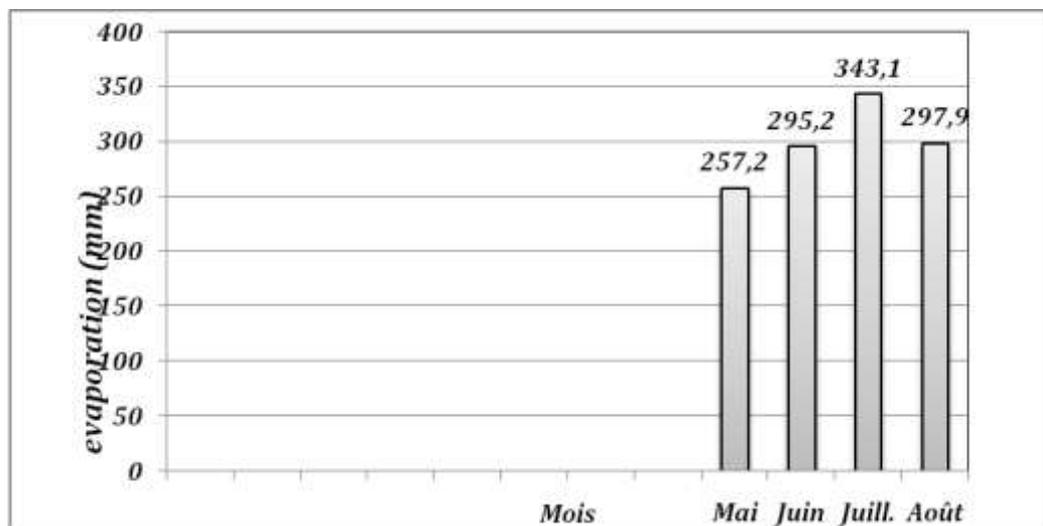


Figure N°08 - Evaporation mensuelle

1.5.5. INSOLATION

La durée moyenne de l'insolation est de 699.42 heures/mois , avec un maximum de 67 heure/mois au mois Juin ; et un minimum de 46.93 heure /mois au mois de janvier.

1.5.6. VENT

Le vent est le facteur principale de la topographie désertique. Pendant certains périodes de l'année, en général en Mars et Avril, on assiste au Sahara de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres.

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Metlili on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre.

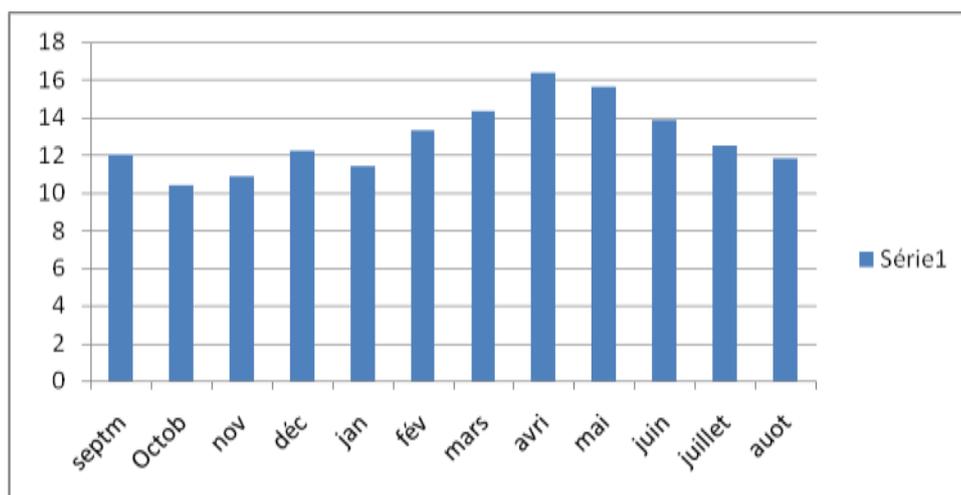


Figure N°09 - Histogramme des vitesses de vent(m/s)

Tableau N°01 - Météorologie de la région de Métlili (2001-2014)

	T (°C)	P (mm)	H (%)	I (h)	E (mm)	VV (m/s)
Janvier	12.34	5.05	53.81	50.74	17.62	5.91
Février	14.38	3.06	44.21	46.39	25.97	7.69
Mars	16.66	8.23	38.38	52.87	33.58	6.9
Avril	21.3	11.23	38.63	74.42	43.18	7.75
Mai	26.11	2.62	28.34	62.64	50.18	7.09
Juin	30.99	2.12	24.87	67	75.04	7.08
Juillet	33.41	1.17	21.98	70.60	76.97	6.11
Aout	33.63	9.96	25.61	65.93	71.15	5.63
Septembre	29.16	15.85	35.3	54.18	51.47	6.17
Octobre	23.88	8.2	42.74	54.5	33.07	7.82
Novembre	16.6	3.46	46.94	50.63	24.57	5.29
Décembre	12.51	6.06	52.47	49.52	24.82	6.16
moyenne	22.5808333	6.42	37.773333	58.29	43.97	6.6333

H : Humidité relative, **T** : Température, **P** : Pluviométrie, **I** : Insolation, **VV** : Vitesse de vent, **E** : Evaporation, * : Cumule annuel.

1.5.7. CLASSIFICATION DU CLIMAT

1.5.7.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN

Selon le tableau N°01 qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche. Le diagramme ombrothermique de

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique.

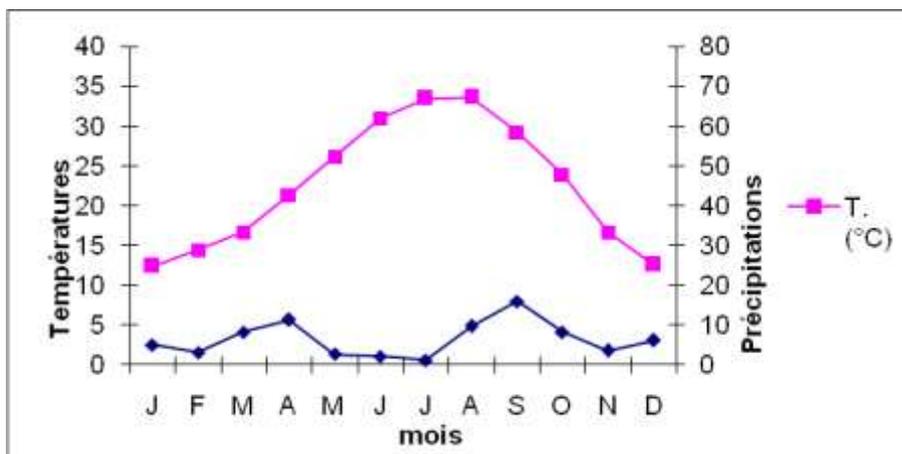


Figure N°10 - Diagramme ombrothermique de GausSEN

1.5.7.2. CLIMMAGRAME D'EMBERGER

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Nous avons utilisés la formule de STEWART (1969 in LE HOUEROU, 1995) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q2 = 3,43 P/Mm$$

Q2 : quotient thermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C

m : moyenne des minima du mois le plus froid en °C

D'après la figure N°11, Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q2) est de **7,57**.

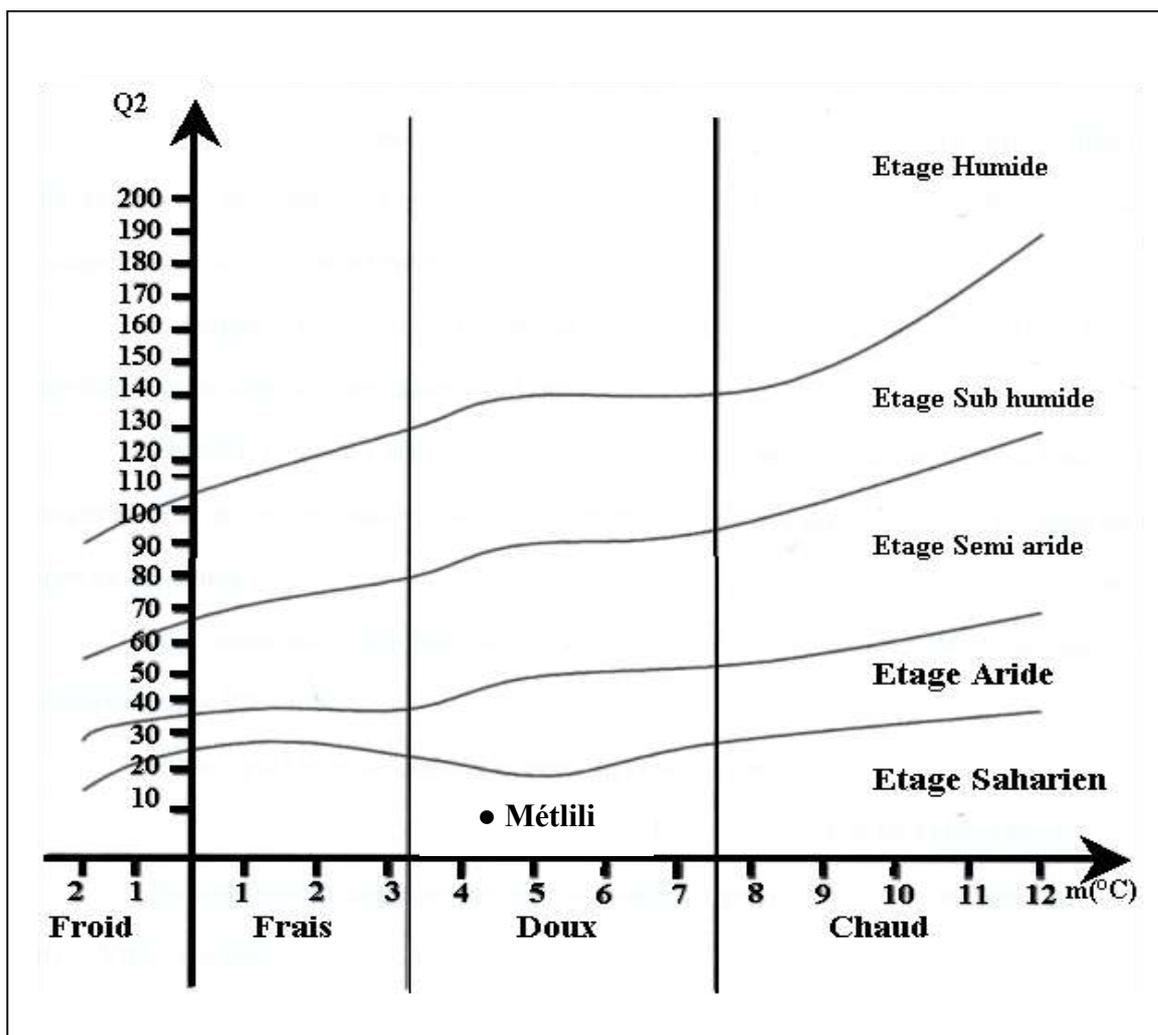


Figure N°11 - Etage bioclimatique de la ville de Metlili

1.6. APERCU GEOLOGIQUE ET RELIEF DE METLILI

La région de Metlili caractérise par n relief très accidenté forme par un réseau serré de ravines séparés par des crêtes ou croupes. Les ravins se sont sous l'actions de l'érosion pluviale au début du quaternaire.

Les ravins les plus profonds ont donné naissance aux grands Oued comme le cas de la vallée de Metlili, taillée en roche dure, laissant apparaître un escarpement en pente très forte qui domine les fonds plats de l'Oued, qui abrite toute au long de ses berges le lit actuel palmeraie en plein développement.

La région de la Chebka est caractérisée par un important réseau hydrographique, mais il est à sec pendant presque toute l'année ; cela est dû à la faiblesse et l'irrégularité des précipitations. Mais cela n'exclut pas des possibilités de crues importantes tous les 3 à 5 ans.

La vallée de Metlili entaillée dans les massifs calcaires du Turonien se caractérise par 3 couches géologiques

1- Touranien : une couche calcaire en majorité à profondeur de 153m et couvre la partie ouest de région.

2- Cénomaniens : profondeur de 153m, c'est une couche argileuse et couvre la partie extrême Nord de la région.

3- Albien : profondeur de 236 m, c'est un mélange d'argile sableux, Argile, sable et calcaire sableux. [2]

1.7. ASPECT HYDRAULIQUE

1.7.1. LES EAUX SUPERFICIELLES

Le bassin de Metlili se caractérise comme étant le pays du sud le plus pauvre en eaux superficielles à l'exception des crues d'Oued Metlili.

1.7.2. LE EAUX SOUTERRAINES

Les principales ressources en eau de la commune sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'infero-flux et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne.

1.7.2.1. LA NAPPE PHREATIQUE

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain .[3]

la région de Metlili formée d'alluvions et de sable du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds. Les alluvions reposent sur les couches calcaires dures du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole, sa recharge est assurée par l'infiltration des pluies annuelles.

La présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomanien à favorise l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des puits ordinaires. Le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, il décent pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide.

1.7.2.2. LA NAPPE CONTINENTAL INTERCALAIRE (CI)

C'est une nappe contenue, d'Ouest en Est entre un mur constitué par les horizons imperméables paléozoïques à néocomiens et un toit correspondant à la base argileuse du Cénomaniens. C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km² (figures 12 et 13). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'« Albiens » .[4]

Dans la région Metlili la nappe albiens correspondant à la formation du continentale intercalaire avec une profondeur allant de 400 à 500 m, elle est caractérisée par un débit 22 à 45 l/s et est constituée d'une masse importante de grés et sable fin argileuse, qui est aquifère. Le cénomaniens représente son toit imperméable.

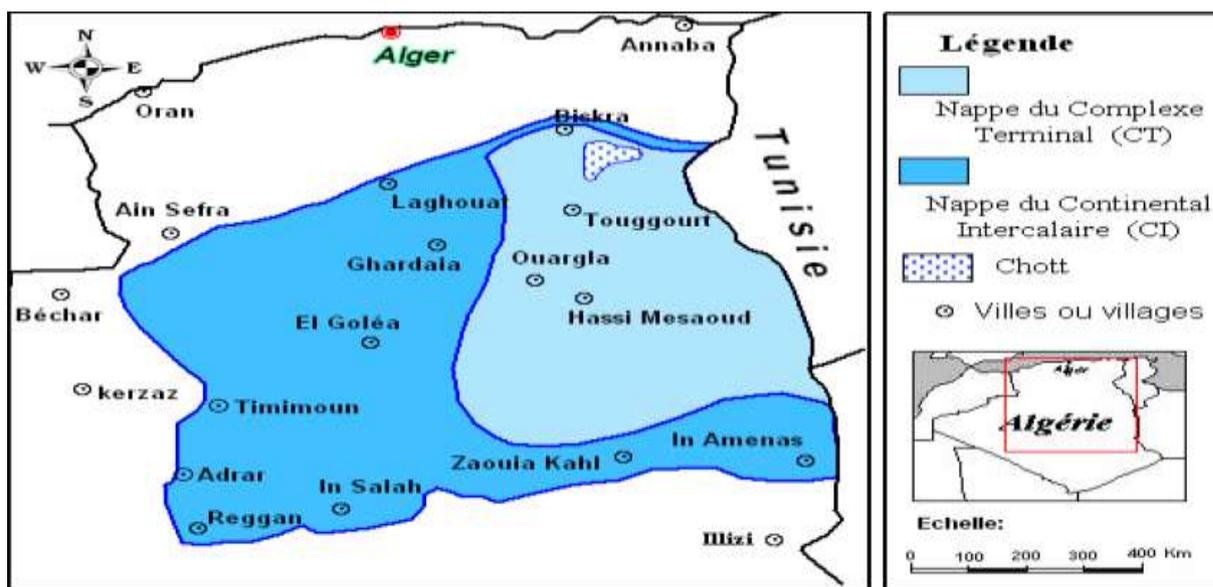


Figure N°12 - Ressources en eau souterraines du CI et CT [4]

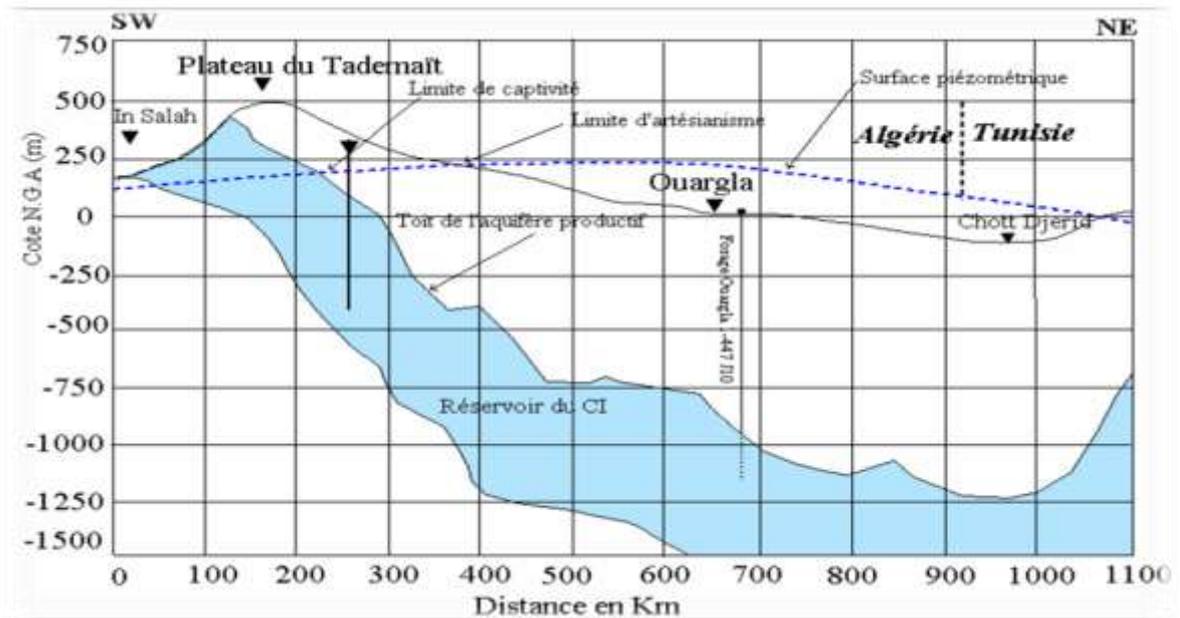


Figure N°13 - Toit et surface piézométrique du CI[4]

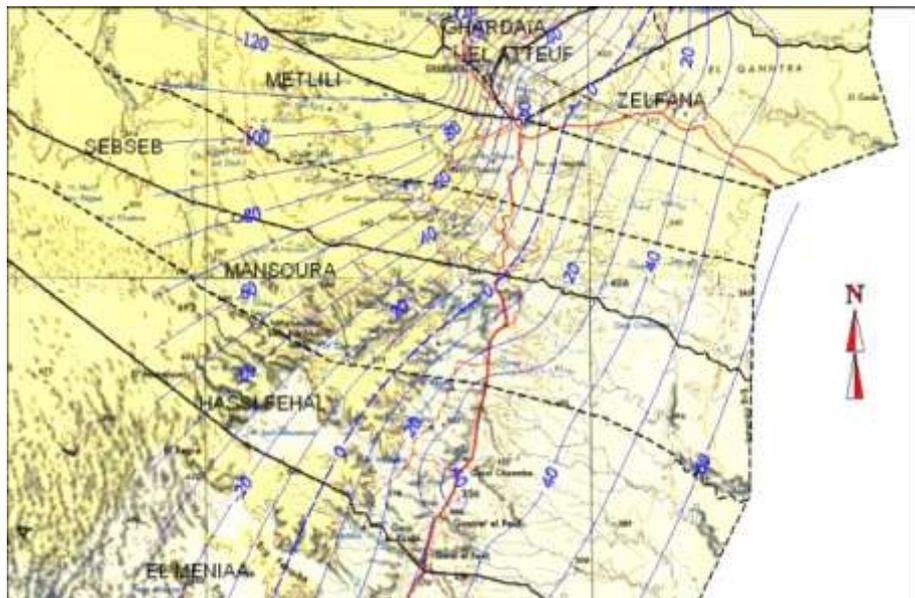


Figure N°14 - carte du niveau statique de l'aquifère

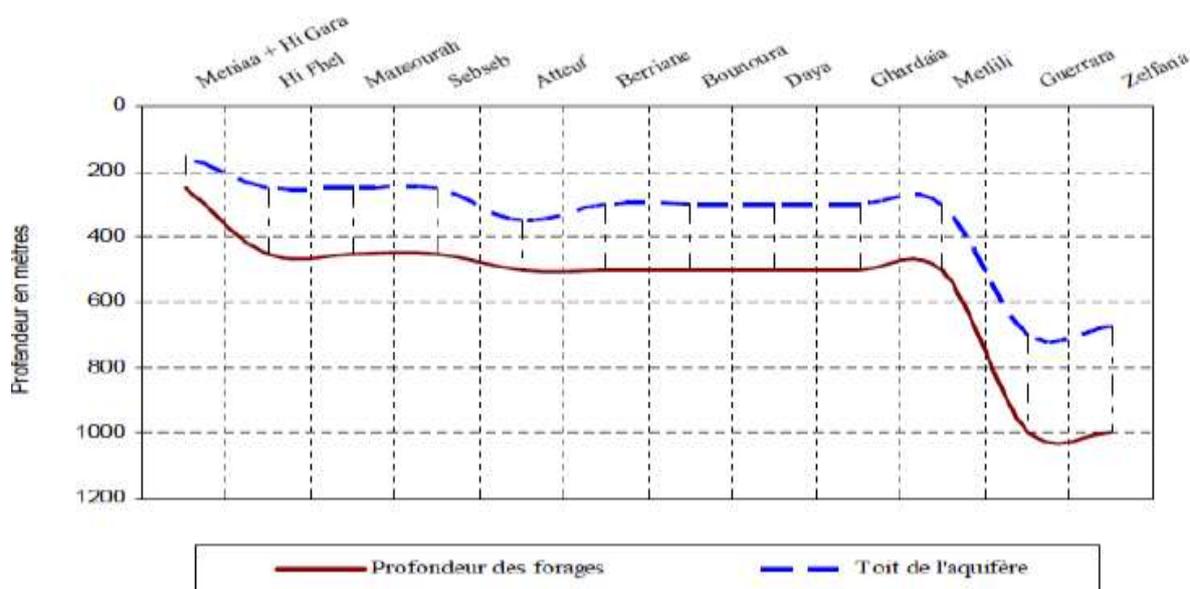


Figure N° 15 - profondeur des forages et le toit de l'aquifère albien [7]

1.8. LA GEOMORPHOLOGIE

La région de Metlili est caractérisée par un relief très accidenté formé par un réseau serré de ravines séparées par des crêtes ou des croupes. Les ravins sont sous l'action de l'érosion pluviale au début du quaternaire.

Les ravins les plus profonds ont donné naissance aux grands oueds comme le cas de la vallée de Metlili, taillée en roche dure, laissant apparaître un escarpement en pente très forte qui domine les fonds plats de l'Oued, qui abrite toute au long de ses berges des palmeraies en plein développement. La région de la Chebka est caractérisée par un important réseau hydrographique, mais il est à sec pendant presque toute l'année ; cela est dû à la faiblesse et l'irrégularité des précipitations. Mais cela n'exclut pas des possibilités de crues importantes tous les 3 à 5 ans [5], la région de Metlili est caractérisée par la présence de différentes formes géomorphologiques qui sont :

- a) *Les oueds* : oued Metlili, dont l'orientation est l'Est vers l'Ouest jusqu'aux environs de Ouargla.
- b) *Hamada* : terre régulée qui existe à l'Est de la région de Metlili.

c) Chebka : terre rocheuse ou existe les lignes des ensemble des oueds, exemple oued Metlili, oued Sebseb ou Oued N'Sa.

d) Aregs : formation des sable différents en volume soit mobiles ou stables, ils occupent une grande partie de la superficie total de la wilaya de Ghardaïa.

1.9. LA TOPOGRAPHIE

La topographie environnementale du terrain est dominée par la présence des ravins de forte pente qui délimite le site d'intervention. les pentes sont dans l'ensemble faible, la pente moyenne est de 1,42% et ce ceci pour l'ensemble des terrains urbanisable dont la pente n'excède pas 10%. Au niveau des ravins les pentes sont de l'ordre de 25,7%-33% et ceci pour les ravins situés sur les parties sud-ouest, tandis que pour les ravins situés sur la partie située sur les parties sud-est les pentes maximales sont comprises entre 14-25%.

1.10. AGRICULTURE

Le secteur agricole est limité, il est à vocation phoénicicole. Sur les 501.012 Ha couverts par la superficie de la commune 187.863 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie utile est évaluée à 2085 hectares.

- L'élevage sédentaire et nomade est important dans la commune, la superficie des parcours et pacage est égale à 185774 hectares.
- L'élevage ovin est essentiellement du ressort des nomades qui se subdivisent en deux catégories :
- Ceux inscrit dans la commune et se déplaçant sur des courtes et moyennes distances
- Ceux venant d'autres communes, en transit pour des durées plus ou moins longues sur les pâturages de la commune.

**CHAPITRE 02 : PARTIE THEORIQUE
SUR LE TRAITEMENT
DES EAUX SOUTERRAINES**

2.1. INTRODUCTION

Ce chapitre étudie concerne les parties théoriques de captage des eaux souterraines par forage d'eau, de la qualité des eaux profondes, enfin des moyens et chaînes de traitement de ce type des eaux souterraines.

2.2. CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINE PAR FORAGES

2.2.1. LES TECHNIQUES DE FORAGE

Les différentes techniques de forage sont :

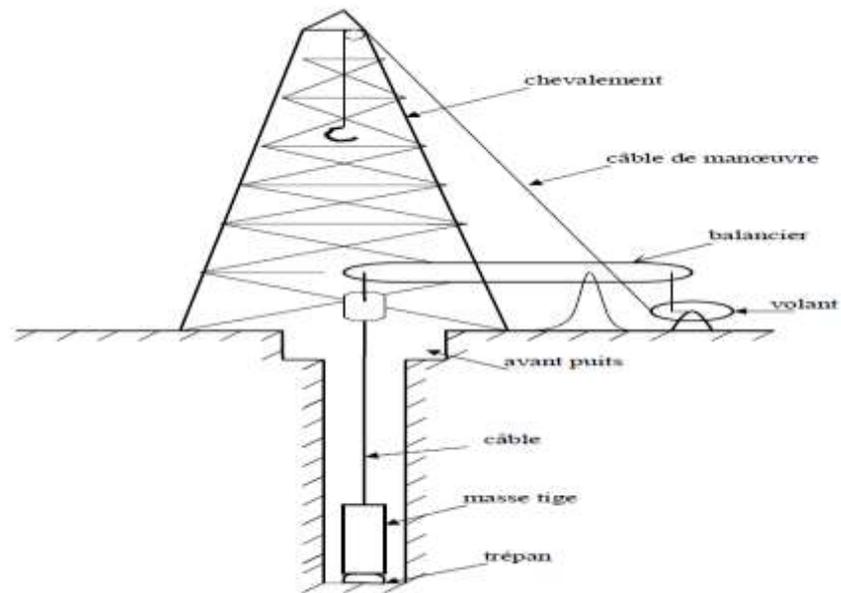
2.2.1.1. LA TECHNIQUE DE BATTAGE

C'est la technique la plus ancienne, utilisée par les Chinois depuis plus de 4000 ans (battage au câble), elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre. Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit.

Il est tout indiqué pour les terrains durs surtout lorsque le terrain dur est en surface comme en terrains karstiques ou fissurés (pas de risque de perte de boue).

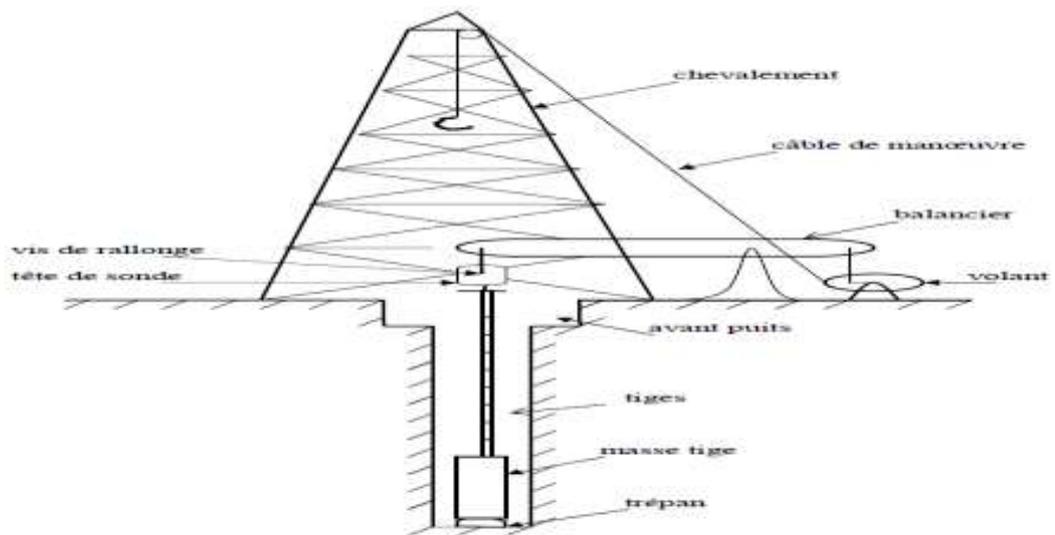
Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came (ou bien un treuil : cylindre horizontal). Après certain avancement, on tire le trépan et on descend une curette (soupape) pour extraire les déblais (éléments broyés : cuttings). Pour avoir un bon rendement, on travail toujours en milieu humide en ajoutant de l'eau au fond de trou. Le foreur de métier garde une main sur le câble et l'accompagne dans sa course, ce qui lui permet de bien sentir l'intensité des vibrations sur le câble ; et lorsque le fond de trou est encombré par les débris, celui-ci sera nettoyé par soupapes à piston ou à clapet.

Parmi les machines de battage on cite : les machines de type Beneto, et Dando Buffalo 3000.[8]



Battage au câble « technique Pennsylvanienne »

Figure N°18 - Battage au câble



Battage à tiges « technique canadienne »

Figure N°19 – Battages a tiges

2.2.1.1.1. AVANTAGES DU BATTAGE

Les avantages de la technique du battage sont les suivants :

- investissement moins important.
- énergie dépensée faible.
- facilité de mise en œuvre.

- pas de boue de forage.
- récupération aisée d'échantillons.
- nécessite moins d'eau (40 à 50 l/h) et de n'importe quelle qualité.
- la détection de la nappe même à faible pression est facile : la venue de l'eau à basse pression se manifeste directement dans le forage sans être aveuglée par la boue.
- pas de problèmes dans des zones fissurées (risque lié au perte de boue)

2.2.1.1.2. INCONVENIENTS DU BATTAGE

Les inconvénients de la technique du battage sont les suivants :

- le forage s'effectue en discontinue (forage puis curage de cuttings et ainsi de suite).
- forage lent.
- difficultés pour équilibrer les pressions d'eau jaillissante.
- absence de contrôle de la rectitude.
- pas de possibilité de faire le carottage.

2.2.1.2. LA TECHNIQUE ROTARY

Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920. La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

Un outil appelé trilame (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans

interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage.

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).

Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner la détection de cette formation.

Parmi les machines de rotary on cite : AcF-PAT 201, AcF-PAT 301, AcF-PAT 401, Eureka, Dando, Stenuik BB.[8]

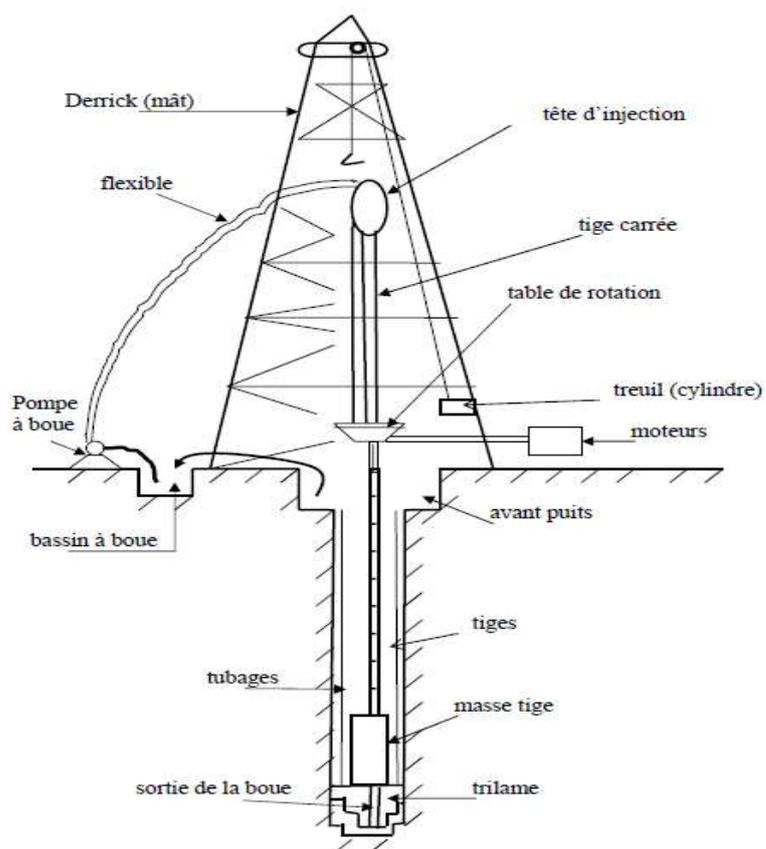


Figure N°20 - Forage par rotary

2.2.2. REALISATION DE FORAGE

2.2.2.1. INSTALLATION DU CHANTIER DE FORAGE

L'organisation de chantier de forage doit permettre au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème. Les précautions à prendre doivent conduire à déterminer :[8]

- un périmètre de sécurité autour du chantier.
- un accès pour les véhicules.
- un approvisionnement en eau (citernes)
- un accès facile pour le remplissage des fosses
- un endroit sec pour la rédaction (bureau)
- une zone de déblais (cuttings)
- un terrain aplani pour faciliter le calage de la machine
- l'emplacement et le creusage des fosses à boue
- le positionnement du compresseur de façon à ce qu'il ne reçoive pas la poussière de forage
- l'installation de toutes les unités de pompage, de pression hydraulique et des moteurs sur un
- plan horizontal.
- l'outil de mesure de la pression hydraulique doit être protégée du soleil.

2.2.2.2. CHOIX DE LA TECHNIQUE DE FORAGE

Le choix d'une technique de forage se fait sur : la nature de terrain, son teneur en eau, l'avancement de l'outil de forage, la quantité d'eau à utiliser, l'endroit du forage...etc.

L'expérience seule permet d'évaluer correctement la remontée de cuttings et l'avancement de l'outil de forage en fonction de la technique utilisée.

Au-delà de certaine profondeur, le rotary à l'air comprimé est à éviter car il est difficile à maîtriser (mauvaise remontée du cuttings). Dans les terrains sédimentaires peu consolidés, le rotary à la boue est la plus adéquat.[8]

2.2.2.3. TUBAGES

Le tubage de réalisation de forage peut se faire suivant trois formes : tubages complet, tubages télescopique et tubage en colonne perdus.[8]

2.2.2.4. CONTROLE DE LA RECTITUDE ET DE LA VERTICALITE

Pour faciliter le tubage : la mise en place d'une colonne rigide de tubes dans un trou coudé n'est pas possible.

Pour un bon fonctionnement de la pompe : dans un trou rectiligne mais incliné, le fonctionnement de la pompe risque d'être compromis par l'augmentation des pertes de charge linéaires, tandis que dans un trou coudé les pertes de charge singulières se multiplient. .

On reconnaît qu'une déviation de 0,25% insignifiante, mais à partir de 0,5% commence d'être sérieuse.

On mesure la verticalité par les appareils suivants : l'inclinomètre thermique, l'inclinomètre mécanique et l'inclinomètre optique.[8]

2.2.2.5. LES FOSSES A BOUE

Les fosses à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent son recyclage par décantation. Elles se forment d'une fosse de décantation, d'une fosse de pompage et de canaux.

Le premier canal doit être assez long pour que la fosse soit en dehors du trottoir du futur point d'eau pour éviter le tassement différentiel sous la dalle (de largeur ≥ 2 m) et d'une section de 0,2 x 0,2 m.

L'axe du second canal doit être décalé de celui du premier pour favoriser la décantation. Sa section est de 0,2 x 0,2 m.

Les fosses et les canaux sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage.

Le dimensionnement des fosses à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser. [8]

2.2.3. EQUIPEMENT DE FORAGE

Le choix correct de l'équipement de forage : tubage, crépine et gravier additionnel, peut conduire à une nette économie.

2.2.3.1. TUBES ET CREPINES

Le rôle du tubage est le soutènement de talus cylindrique du trou de forage contre la poussée de terre, l'éboulement et l'effondrement, tandis que le rôle de la crépine est d'éviter l'entrée de sables et des éléments fins de l'aquifère à l'intérieur de la colonne de crépine afin d'être aspirés par la pompe, car ils constituent un grand risque pour cette dernière (corrosion, usure).

Le choix de la longueur d'une crépine dépend de :

- le niveau de la nappe.
- le rabattement de la nappe pendant son exploitation.
- l'épaisseur de la nappe à exploiter.
- la nature et la structure des couches aquifères formant la nappe.

La crépine doit être placée dans une position où les caractéristiques hydrauliques sont les meilleures. Pour choisir cette position, on doit se baser sur :

- les diagraphies instantanées, pertes de boue...
- le carottage.
- l'analyse granulométrique des échantillons.
- les essais de perméabilité.

Suivant la nature de la nappe, le choix de la longueur de crépine est un compromis entre la crépine la plus longue possible (où la vitesse d'entrée de l'eau à travers la crépine est minimale : perte de charge minimale) et la plus courte crépine placée à la base de l'aquifère (permettant un rabattement plus important : débit important pour longueur réduite :

Par ailleurs, il est recommandé de ne pas rabattre la nappe au dessous du sommet de la crépine.

2.2.3.2. MISE EN PLACE DU TUBAGE

Pour éviter les risques d'effondrement de terre dans le trou du forage (qui sont de plus en plus importants si la profondeur du forage devient importante), on recommande de placer le tubage le plus rapidement possible.

- Le plan de tubage (longueur et emplacement de tubes pleins et de tubes crépines) s'établit en fonction de la coupe hydrologique et hydrogéologique du forage.
- Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0,5 m bouché à sa base.
- Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage, il est nécessaire de réduire la longueur du tubage de 0,5 à 1 m par rapport à la profondeur réelle forée.
- Le dernier tube doit être au-dessus de la surface de sol d'environ 0,5 m.
- Le tubage doit descendre librement sous son poids propre.
- Il est recommandé parfois de descendre le tube sans bouchant de fond pour pouvoir glisser le long des parois puis on obture le fond du forage par un laitier de ciment. [8]

2.2.3.3. MASSIF FILTRANT (GRAVIER ADDITIONNEL, MASSIF DE GRAVIER)

Le rôle du gravier additionnel est d'augmenter les débits d'exploitation, de diminuer les vitesses d'écoulement et d'éviter le risque d'érosion en évitant l'entée des sables fins.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine. Il doit être uniforme, propre, calibré et siliceux de préférence.

Le gravier descend dans l'espace annulaire le long du tubage. Une remontée de boue par le tube de forage indique une descente correcte du gravier. Lorsque le niveau du gravier atteint le haut des crépines, la boue ne remonte pas par le tube mais par l'espace annulaire : le massif de gravier doit alors dépasser le haut des crépines sur quelques mètres. [8]

Le volume nécessaire du gravier peut être défini théoriquement (volume du trou moins volume de tubage) ou de la manière empirique suivante selon E.Drouart :

$$V = h.0,8.(D^2 - d^2)$$

Où V : le volume de gravier en litre.

h : hauteur du massif de gravier en m.

D : diamètre du trou en pouces.

d : diamètre des tubes en pouces.

2.2.3.4. CIMENTATION

Le rôle de cimentation est de protéger le forage contre les pollutions extérieures. Elle peut être réalisée avec de l'argile ou avec un mélange bentonite- ciment. Dans ce cas, un bouchant d'argile doit être placé entre le massif du gravier et le ciment pour éviter que le laitier de ciment ne colmate pas le massif.

L'opération consiste à remplir avec un mélange d'eau et de ciment (laitier de ciment) l'espace annulaire au dessus du massif filtrant jusqu'à la surface de sol. La cimentation doit être réalisée avant les essais de pompage. Le dosage de laitier de ciment est d'environ 50 l d'eau pour 100 kg de ciment. [8]

2.3. LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINE

2.3.1. INTRODUCTION

Une eau est dite "dure" lorsqu'elle est chargée en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) et, par opposition, "douce" lorsqu'elle contient peu de ces ions. Le corps humain a besoin d'apports quotidiens en calcium et en magnésium, provenant de l'eau de boisson et des aliments. Par contre, si l'eau est trop incrustante (cela peut entraîner des inconvénients : dépôts de calcaire dans les réseaux de distribution, les chaudières et les machines à laver, dépenses supplémentaires en énergie, risque de développement bactérien, risque de dissolution du plomb des canalisations, ...). D'où la nécessité d'adoucir l'eau pour enlever une partie de sa dureté, quand celle-ci est importante. [9]

2.3.2. PRINCIPAUX ELEMENTS RESPONSABLES DE LA DURETE

La dureté d'une eau est due à la présence des ions métalliques bivalents, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} . Les plus abondants étant les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Les ions Fe^{2+} , Mn^{2+} et Sr^{2+} sont facilement oxydables et leurs impacts sur la dureté sont négligeables. [9]

2.3.2.1. LE CALCIUM

Le calcium est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature , Les eaux potables de bonne qualité ayant des teneurs en calcium comprissent entre 100 et 140 mg/l. La directive de l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 200 mg/L. [9]

2.3.2.2. LE MAGNESIUM

Le magnésium est un des éléments aussi très répandus dans la nature, il constitue environ 2,5 % dans l'écorce terrestre. La directive de la communauté européenne recommande un niveau guide de 30 mg/l et l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 85 mg/l. En pratique on considère souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et la dureté magnésienne:

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

On distingue deux types de dureté, carbonatée ou temporaire et non carbonatée ou permanente. L'eau peut être classé suivant son degré de dureté:

- Eau douce, de 0 à 60 mg/l de CaCO_3 .
- Eau modérément dure de 60 à <120 mg/l de CaCO_3 .
- Eau dure, de 120 à <180 mg/l de CaCO_3 .
- Eau très dure, 180 mg/l et plus de CaCO_3 . [9]

2.3.3. NORMES ET RECOMMANDATIONS

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et en outre répondre à des critères organoleptiques essentiels (incolore, insipide, inodore, fraîche) appréciés par le consommateur. L'organisation mondiale de la santé a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson, qui comprennent un exposé

général des normes bactériologiques, physiques, chimiques, biologiques et radiologiques. [9]

2.3.4. IMPACT DE LA DURETE

L'eau dure n'est pas mauvaise pour la santé. Au contraire, il semble que les populations alimentées en eau naturellement dure sont moins sujettes à l'infarctus du myocarde. En revanche, l'eau adoucie peut présenter certains inconvénients tels que pour des localités ayant des anciennes canalisations en plomb induit à la solubilité du Plomb.

L'utilisation domestique des eaux dures pose les principaux problèmes suivants:

- Entartrage des appareils et des canalisations d'eau.
- Consommation d'énergie.
- Consommation de lessive. [9]

2.4. DIFFERENT TYPES DE TRAITEMENT

2.4.1. INTRODUCTION

Ci-dessous on donne tous les étapes nécessaire dans une station de traitement des eaux souterraine, avec spécification des procédés chimiques (précipitation), physico- chimique (coagulation, floculation, adsorption, échange d'ions) et à membranes (électrodialyse, osmose inverse et nanofiltration).

2.4.2. LE PRETRAITEMENT

2.4.2.1. LE DEGRILLAGE ET LE TAMISAGE

Ce sont des procédés physiques. Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.

2.4.2.2. LA PRE-OXYDATION

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse (notamment

pour les eaux souterraines), de la couleur et des algues (essentiellement pour les eaux superficielles).

2.4.2.3. AERATION

L'aération permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs. L'aération suit les lois de l'échange gaz-liquide, c'est-à-dire les lois de Henry, de Dalton et des gaz parfaits ainsi que les théories de Witman et Lewis pour le transfert des solutés à travers une interface air-liquide.

L'aération peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de peroxydation. Cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène et permet alors, soit :

- D'oxyder des éléments réduits, tels les ions ferreux ;
- D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau (améliorer le goût, éviter la corrosion des conduites métalliques en formant une couche protectrice) ;
- D'éliminer des gaz indésirables (H_2S , CO_2 libre, sursaturation en oxygène, composés organiques volatils, etc.).

L'aération peut aussi faire partie intégrante d'une étape de traitement spécifique et se trouver alors au milieu de la chaîne du traitement de l'eau. Enfin, l'aération peut compléter la chaîne de traitement de l'eau afin de la rendre plus agréable au goût. Elle se situe alors avant la réserve d'eau traitée et sa distribution dans le réseau. [10]

2.4.3. LA CLARIFICATION

2.4.3.1. COAGULATION ET FLOCCULATION

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables. Le coagulant peut être introduit dans un bassin de mélange rapide ou dans un

mélangeur statique en ligne, dont tous deux génèrent une violente agitation au point d'injection.

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales (particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement). L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération de ces particules en suspension en agrégats floconneux, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le "floc". Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium.

Chaque réactif coagulant n'étant actif que dans une certaine zone de pH, un ajustement du pH peut s'avérer nécessaire. Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement.

La floculation aide à éliminer les particules colloïdales finement distribuées et difficiles à retirer de l'eau brute. Elle les coagule en agglomérats de plus grande taille permettant leur meilleure élimination par sédimentation, flottation ou filtration. Pour des raisons techniques, la floculation est généralement couplée à une sédimentation ou à une filtration dans la même unité. [10]

2.4.3.2. FILTRATION

La filtration est un procédé qui utilise le passage d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux, celui-ci retient les solides et laisse passer le liquide.

Si la qualité d'eau d'alimentation est inacceptable, la membrane peut s'encrasser et écailler. Par conséquent, avoir une durée de vie réduite.

Le prétraitement est habituellement effectué pour réduire la turbidité, extraire le fer ou le manganèse, stabiliser l'eau pour prévenir l'entartrage, contrôler les microbes, extraire le chlore (certains types de filtres) et ajuster le pH.

Habituellement, des filtres à cartouche deviennent tout fournis pour protéger les membranes contre les particules. Dans tous les cas, des installations d'osmose inverse doivent être protégées par :

- Une filtration à sédiment (rapide) : le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation, les matériaux filtrant sont maintenu en place par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas.



Figure N°21 - Filtre à sédiment

- Une microfiltration sur filtre à cartouche de 05 microns : Le diamètre de ce filtre est 1.25 m et la hauteur est 2 m. lorsque le milieu filtrant est encrassée, on lave le filtre en inversant dans le sens de l'écoulement de l'eau, le milieu est alors en expansion, et les particules d'impuretés beaucoup moins denses que les grains de sables sont décollées vers l'égout à l'aide des goulottes de lavage [11]. Les éléments principaux de filtration à sédiment (rapide) sont : le fond de filtre, le gravier de support et le milieu filtrant. Ces filtres travaillent sous pression (de 4 à 200 bars) et

permettent l'élimination des particules plus en plus fine jusqu'à à 05microns, et permet aussi la prévention de tout part des matériaux filtrants [11]. Il existe deux types de filtres à cartouches : cartouches consommables et cartouches régénérables (par nettoyage).



Figure N°22 - Filtre à cartouche

2.4.4. PAR PRECIPITATION CHIMIQUE

L'objectif de ce type de traitement est d'éliminer par précipitation (en formant un composé insoluble) : (1) la dureté temporaire (liée au bicarbonate) à l'aide de la chaux; (2) la dureté permanente (liée aux sels d'acides forts) à l'aide d'une combinaison de chaux, de carbonate de sodium ou de soude caustique et (3) les ions métalliques indésirables comme le baryum ou le fer et le manganèse.

Les principaux réactifs chimiques utilisés dans le procédé de précipitation :

- La chaux;
- Le carbonate de sodium avec ou sans chaux;
- La soude caustique.

L'adoucissement par précipitation chimique permet de traiter des eaux excessivement dures sans ajout important d'ions de sodium dans l'eau. Il peut adoucir les eaux dont la dureté peut dépasser 500 mg/L en CaCO_3 . Pour la précipitation chimique du baryum, il faut maintenir le pH entre 11

et 11,5 dans le décanteur afin de favoriser la précipitation maximale du carbonate de baryum.[10]

2.4.4.1. DECARBONATATIONS A LA CHAUX

Ce procédé est employé lorsque la dureté carbonatée est due essentiellement aux ions Ca^{2+} . Pratiquement, l'addition de la chaux entraîne la précipitation du $CaCO_3$ (chaux seule) et $Mg(OH)_2$ (chaux en excès), suite à l'augmentation du pH. La cinétique de cette réaction étant relativement lente, le procédé est accéléré soit par une recirculation des boues dans lesquelles se trouvent des germes de cristallisation déjà formés, soit en ajoutant des cristaux sur lesquels le carbonate de calcium s'agglomère (sable par exemple):



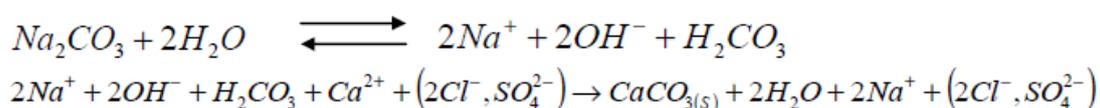
L'addition de la chaux nécessite de prendre plusieurs précautions pour sa mise en œuvre : l'eau ne doit pas contenir de colloïdes en suspension pouvant gêner la cristallisation. Il est donc parfois nécessaire d'ajouter un coagulant. La décarbonatation doit comprendre une zone de clarification appropriée pour séparer les cristaux de $CaCO_3$ de l'eau.

Cette technique présente un inconvénient, à savoir la quantité de boues produites, mais celles-ci sont facilement déshydratées. Cependant, il ne faut pas oublier les avantages de ce procédé : aisé à mettre en œuvre et ne nécessitant pas l'utilisation d'équipements spécifiques.

De plus, il n'est pas contraignant en exploitation, si ce n'est les inconvénients inhérents à l'emploi de la chaux. [9]

2.4.4.2. DECARBONATATION AU CARBONATE DE SODIUM

Le carbonate de sodium a pour objectif de réduire la dureté permanente, c'est-à-dire, précipité le calcium lié aux chlorures et aux sulfates en solution : [9]



2.4.5. OXYDATION CHIMIQUE

Les oxydants chimiques jouent le même rôle que l'aération en ce qui a trait à l'oxydation des éléments réduits comme les ions ferreux. La combinaison avec l'étape d'aération est toutefois intéressante puisque la demande en oxydant chimique peut être abaissée grâce à l'action préalable de l'oxygène de l'air sur les composés réducteurs, volatils ou autres. .[10]

2.4.6. TRAITEMENT PAR MEMBRANE

2.4.6.1. OSMOSE INVERSE

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméabilité à travers des membranes semi sélectives sous l'effet d'un gradient de pression. L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter (débit Q_0) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes.

- Une partie (débit Q_p) passe à travers la membrane (perméat) ;
- Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrât) et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane. [11]

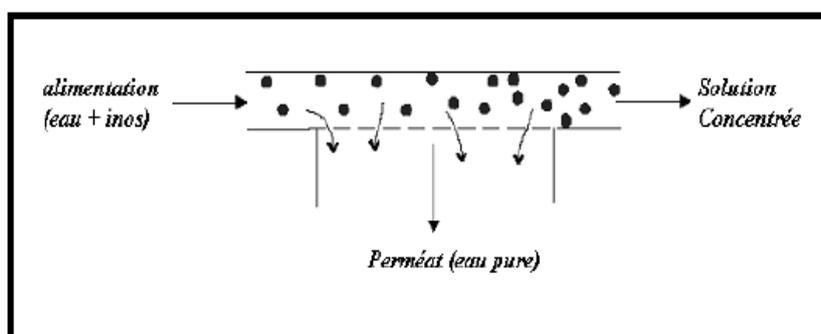


Figure N°23 - Traitement par Osmose Inverse

2.4.6.2. ELECTRODIALYSE

Le procédé permet le transfert des ions métalliques, sous l'effet d'un courant électrique d'une solution à travers une membrane de dialyse. L'électrodialyse est utilisée pour la récupération du Cuivre, Nickel et l'Argent dans des bains de traitement de surface 50. [9]

2.4.6.3. NANOFILTRATION

Les membranes sont de type microporeuse permettant des pressions ne dépassant pas 20 bars. Le domaine d'application de la nanofiltration est compris entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. La sélectivité est à la fois d'origine physique (convection) et chimique (solubilisation–diffusion).

Sous certaines conditions la nanofiltration permet non seulement une décontamination bactérienne totale, mais aussi d'éliminer préférentiellement les ions fluorures et de garder une minéralisation suffisante à l'eau (adoucissement partiel) pour qu'elle soit directement potable et ceci à un coût inférieur à celui de l'osmose inverse. [9]

2.4.7. PAR ECHANGE D'IONS

Les résines échangeuses d'ions captent les ions présents dans l'eau brute (dans l'ordre : radium, baryum, cuivre, calcium, zinc, fer, magnésium, potassium, manganèse) pour les remplacer par du sodium. La qualité minérale de l'eau doit être considérée dans l'adoucissement par échangeurs d'ions, étant donné que ce procédé ne réduit pas les solides totaux présents, mais ne substitue que des ions sodium aux ions présents. Après un certain temps, les résines doivent être régénérées afin de les libérer des ions captés pour les remplacer par le sodium.

Les échangeurs d'ions ne doivent pas être utilisés si la quantité de sodium présent à l'effluent de l'échangeur excède 200 mg/l. La présence de fer et de manganèse doit être surveillée avec attention. Une eau ayant une turbidité de 1 UTN et plus ne doit pas être appliquée directement aux résines. Les résines synthétiques à base de silicates doivent être utilisées pour des eaux dépourvues de fer et d'un pH supérieur à 8,4.

Quand l'eau à adoucir contient du chlore résiduel, les résines devront être résistantes à l'action du chlore. Les résines à base phénolique ne doivent pas être utilisées. Dans la pratique, l'adoucissement n'est pas appliqué à tout le débit d'eau à traiter. Afin d'obtenir une eau équilibrée, on mélange une partie de l'eau brute avec de l'eau adoucie. [10]

2.4.8. PAR ADSORPTION

2.4.8.1. ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF CATALYTIQUE

Il existe sur le marché des charbons actifs qui sont imprégnés soit avec une solution alcaline, soit avec une solution de sel métallique (argent), L'action catalytique du charbon imprégné permet de retenir les sulfures, ce type de charbon s'utilise en général dans des filtres sous pression.

L'eau à traiter doit contenir une concentration minimale d'oxygène dissous de 4 mg/l, ce qui oblige donc à prévoir une pré-aération. Le taux de filtration est d'environ 25 volumes d'eau par volume de matériau filtrant à l'heure. [10]

2.4.8.2. ADSORPTION SUR ALUMINE ACTIVEE

L'alumine activée peut être utilisée en lits filtrants pour éliminer l'arsenic, ainsi que le fluor, le sélénium, la silice et les substances humiques. Elle est composée de grains de 0,3 à 0,6 mm de diamètre de Al_2O_3 obtenus par déshydratation de $Al_2(OH)_3$ à faibles températures (300 à 600°C). Sa surface spécifique varie de 150 et 400 g/m^2 . L'alumine activée en lits peut traiter de l'eau souterraine contenant des concentrations d'arsenic d'environ 100 $\mu g/l$. Le pH optimum étant de 5 ou 6, il est souvent nécessaire d'abaisser le pH de l'eau brute et/ou de l'alumine activée. En outre, l'alumine activée éliminerait aussi l'arsenic, mais dans une moindre proportion.

Enfin, même si la présence de sulfates diminue le rendement d'élimination, des essais pilotes sont nécessaires afin d'optimiser le taux de filtration et le cycle entre les régénérations. [10]

CHAPITRE 03

ETUDE HYDROCHIMIQUE

3.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous étudions les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau. L'interprétation des résultats des analyses des eaux de l'aquifère nous permet de déterminer l'origine de ces eaux et de détecter une éventuelle contamination ou les concentrations élevées.

Pour atteindre cet objectif, nous avons étudié l'évolution des paramètres physico-chimiques, et déterminé le faciès chimique des eaux de forage.

Enfin nous avons classé la qualité des eaux après comparaison avec les normes OMS, afin de trouver le moyen le plus adéquat pour la potabilisation des eaux de forage de Metlili.

3.2. PRISE DES ECHANTILLONS

3.2.1. CHOIX DE LA REGION D'ETUDE

Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères, les plus importants sont :

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant majeur dans la mise en valeur des terres dans les régions sahariennes.
- La présence des exploitations d'alimentation en eau potable.
- La rareté d'études sur la qualité hydrochimique des eaux des forages dans cette région.

3.2.2. ZONE D'ECHANTILLONNAGE

Dans ce travail, nous avons procédé à des analyses physico-chimiques de tous les forages de la région de Metlili, la localisation des points de prélèvement a été mentionnée dans l'annexe.

3.2.3. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Le prélèvement d'eau est manuel, l'échantillon est prélevé dans un flacon en plastique. Avant son remplissage, le flacon est rincé plusieurs fois avec de l'eau de forage, les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro, la date et l'heure de l'échantillon.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau, ont été déterminés au laboratoire du centre ADE de Ghardaïa

3.2.4. MODE DE PRELEVEMENT DANS UN FORAGE

Pour les forages nous suivons les étapes suivant:

- Ouvrir le robinet de l'eau.
- Laisser l'eau couler pendant environ 5mn.
- Laver le flacon 3 fois.
- Déboucher le flacon avec précaution (pendant le prélèvement le col et le bouchon du flacon ne devront pas être touchés à la main).
- Remplir le flacon d'eau au 3/4.
- Reboucher aussitôt le flacon et remettre le papier
- Remplir la fiche d'enseignement.

3.3. LES ANALYSES PHYSIQQO -CHIMIQUE**3.3.1. MESURE DE TEMPERATURE**

La température est l'un des paramètres à mesurer et noter sur place au moment du prélèvement, la mesure de température de l'eau est effectuée avec un thermomètre précis).

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

Celle-ci joue un rôle dans :

- La solubilité des sels et surtout des gaz.
- La dissociation des sels dissous.
- La conductivité électrique.
- La détermination de pH.

3.3.2. LE POTENTIEL HYDRIQUE

Le pH : Est la mesure de l'activité des ions contenus dans une eau : $\text{pH} = - [\log \text{H}^+]$, le PH joue un rôle primordial à la fois:

- Dans les propriétés physico-chimiques.
- Dans les processus biologiques.
- Dans l'efficacité des certains traitement.

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[\text{H}^+]$ présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺. [12]



Figure N°23 - pH Mètre

Pour le mode opératoire :

- Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH. [13]

3.3.3. MESURE DE LA CONDUCTIVITE

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

Pour le mode opératoire :

- On rince plusieurs fois la cellule de mesure avec de l'eau distillée.
- On la plonge dans le récipient de l'échantillon en prenant soit que les électrodes de platine et de mesure soient complètement immergées.
- Introduire le thermomètre dans la cellule.
- On note la valeur donnée par l'appareil qui est la conductivité électrique de l'eau examinée (figure 24) et depuis cette appareil on mesure la salinité et TDS. [13]



Figure N°24 - Conductimètre

3.3.4. LA TURBIDITE

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisée argiles, limons, grains de silice, matière organique.

L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité, celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Pour le mode opératoire [12] :

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU [13]



Figure N°24 - Turbidimètre

3.3.5. DETERMINATION DE RESIDU SEC

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. [13]

Pour le mode opératoire :

- On pèse une capsule vide (E1).
- On ajoute un volume de 25 ml de l'eau à analyser, après évaporation à 105 puis à 525 C°, on le pèse une deuxième fois (E2). [13]

3.3.6. LE TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET

Le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur en eau en alcalis libres carbonates et hydrogènes carbonates.

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minérale dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Prélever dans un erlenmeyer 100 ml d'eau à analyser ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer avec acide chlorhydrique jusqu'à au virage de jaune orange s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration de jaune orange au rosé orange (pH = 4) soit V' le nombre de millilitre d'acide versés d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur . [13]

3.3.7. DURETE TOTALE

Le Degré hydrotimétrique ou TH est l'unité de mesure de la dureté de l'eau, exprimée en degrés français. La dureté de l'eau est principalement due à la quantité de calcaire qu'elle contient. Vous pouvez traiter une eau dure grâce à un adoucisseur d'eau. Pour le mode opératoire :

Prélever dans un bécher 25 ml d'eau et on ajoute 25 ml d'eau distillée, on ajoute 4 ml de solution tampon et en utilisant 3 gouttes pincées de l'indicateur mordant noir et titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à le virage au bleu. [13]

3.3.8. DOSAGE DE CHLORURES

Pour le mode opératoire :

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec $AgNO_3$ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre. [13]

L'expression des résultats est comme suit :

$$F.G : \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl}}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} \times 0,01 \times 35,5 \times F \times 1000}{5}$$

$$F.S : mg/l Cl^- = V_{AgNO_3} \times 71 \times F.$$

V_{AgNO_3} : Volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO_3} : Normalité d' $AgNO_3$

M_{Cl^-} : masse des chlorures.

F : facteur de correction du titre d' $AgNO_3$.

PE : prise d'essai.

Pour le F :

- Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.
- Doser par AgNO₃ à 0,01 N jusqu'au virage.(couleur brun rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{AgNO_3}}$$

3.3.9. DOSAGE DE CALCIUM

La prise d'essai est de 25 ml d'eau et 25 ml d'eau distillée à la quelle on ajoute 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'indicateur coloré de HSN, titrer à l'EDTA, le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleu et persistante. [13]

3.3.10. DETERMINATION DU MAGNESIUM

Pour le mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NH₄OH (10,1).
- Ajouter noir eriochrome.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleue). [13]

3.3.11. DOSAGE DES IONS SULFATES

Les sulfates (SO₄²⁻) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate.

Pour le mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420$ nm. [13]

3.3.12. DOSAGE DU SODIUM ET DU POTASSIUM

Les dosages du sodium et du potassium ont été faits par spectrophotomètre de flamme, l'appareil utilise (le PEP7) est un photomètre à basse température destinée à la détermination du Na, K, Li Ca, Ba à l'aide de filtre interférentiels optionnels lorsque les atomes d'un élément existent par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde détermine dont l'intensité peut être mesure par spectrométrie.

La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée.

Une courbe d'étalonnage donne directement la tenure en sodium et potassium [13].

3.3.13. DETERMINATION DE L'AZOTE AMMONIACAL (NH₄⁺)

Compose de formule NH₄⁺ constituant le premier stade de la décomposition de la matière organique, les ions d'ammonium se trouvent dans les eaux souterraines à partir de l'opération de réduction des nitrates à l'aide des bactéries autotrophes ou à l'aide des sables contenant les ions ferreux qui est capable de réduire les nitrates.

La présence d'azote ammoniacal traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique mais les apports d'origine domestique, industrielle ou agricole ne doivent cependant pas être négligés [12].

L'ammoniaque est un élément de pollution responsable de la dégradation de la qualité des eaux, les composés azotés dans ces eaux sont très faibles et parfois négligeables ce qui rend difficile de conclure sur leur présence.

3.3.14. DOSAGE DES NITRATES

Pour le mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain maré ou à l'étuve 75 - 88° C.
- laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectromètre au 415 nm. [13]

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

3.3.15. DOSAGE DE NITRITE

L'existence d'une grande quantité des ions nitrites dans l'eau potable cause un état d'abaissement de pression chez les adultes et un état de suffocation à cause du manque d'oxygène dans le sang chez les nouveaux nés (El haik 1989).

La concentration des eaux souterraines et superficielles par les nitrites est un problème rencontré de plus en plus fréquemment.

Pour le mode opératoire :

- Prélever 40 ml d'eau à analyser et le témoin
- Ajouter 2 ml de réactifs amino-4-Benzène sulfonamide
- Compléter les deux fioles avec l'eau distillée jusqu'au 50 ml
- Mélanger soigneusement le contenu de la fiole par agitation circulaire
- laisser repos 15 min, l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO²⁻.
- Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde 540 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin, se reporter à la courbe d'étalon. [13]

3.3.16. DOSAGE DE FER

Au niveau de la distribution, le fer provient le plus souvent de l'action de l'eau sur les canalisations. Le fer ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique, c'est un élément essentiel de la nutrition humaine.

Le dosage se fait par spectrométrie moléculaire : Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénanthroline. [12]

3.3.17. PHOSPHATE

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. [14]

Le dosage par méthode spectrométrie moléculaire : en milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrométrique. [12]

3.4. RESULTATS D'ANALYSE

3.4.1. TEMPERATURE

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que la température ne présente pas de grandes variations d'un forage à l'autre, avec un minimum de 14,5°C et maximum de 19,8°C.

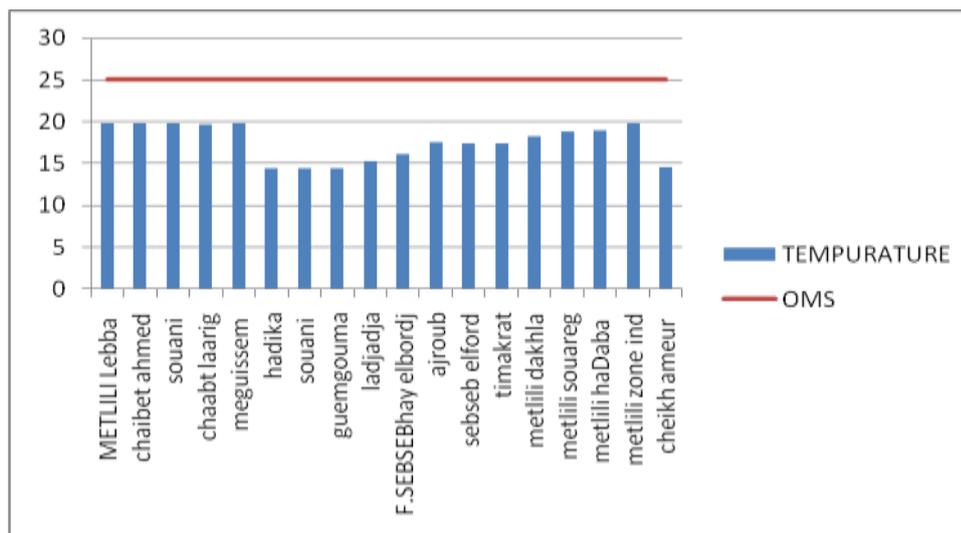


Figure N°24 - Variation de température par rapport a la norme OMS

3.4.2. POTENTIEL HYDRIQUE

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux des forages ne montrent pas des variations notables, avec un minimum de 7,43 et un maximum de 7,8 alors Ces valeurs assez proches à la neutralité, sont acceptables selon les normes d'OMS.

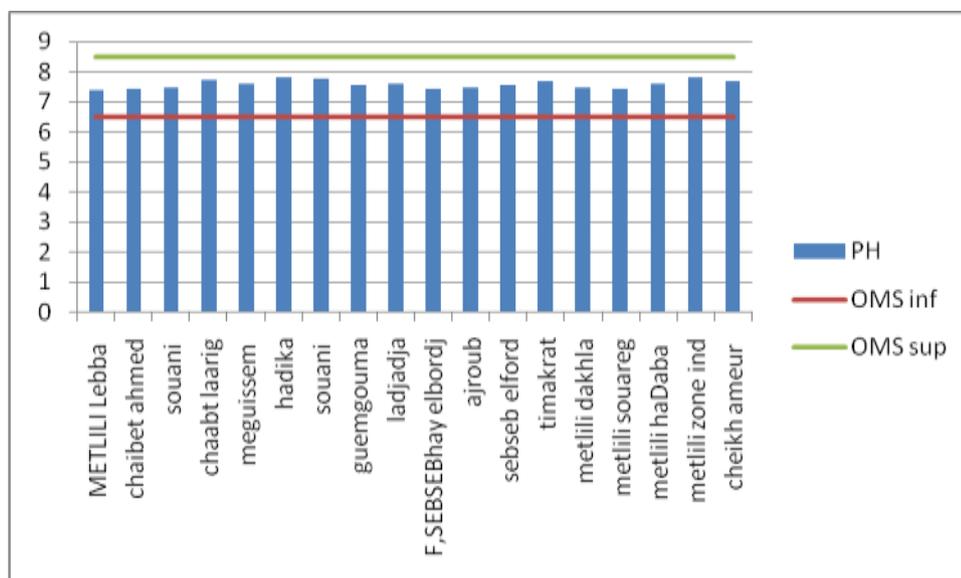


Figure N°25 - Variation spatiale des valeurs moyennes de PH

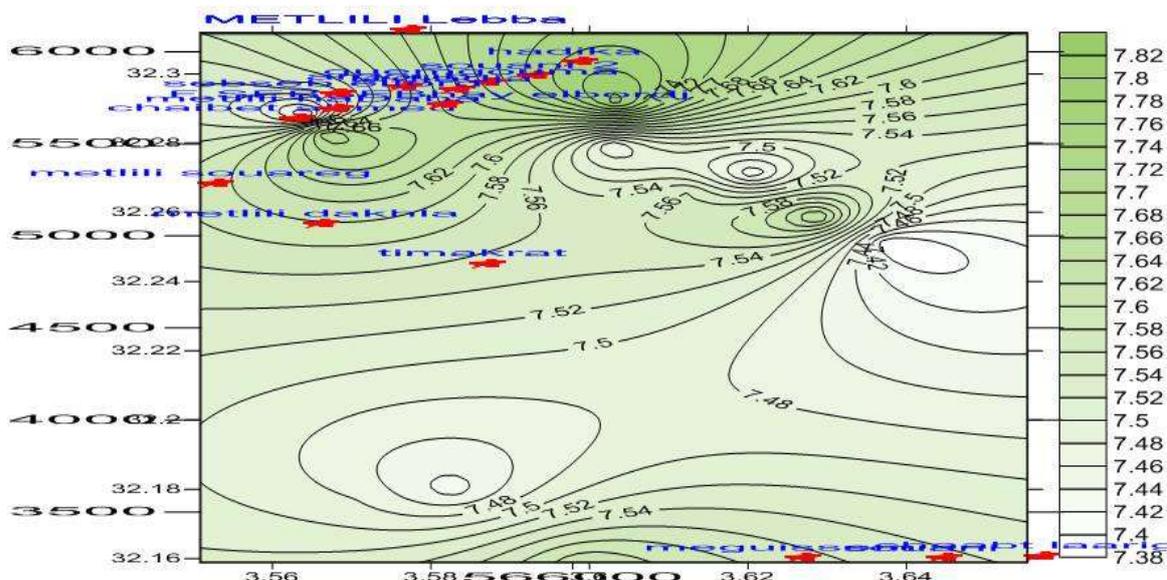


Figure N°26 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de pH

3.4.3. CONDUCTIVITE

Les valeurs enregistrées durant la période d'étude sont variées de 1306 et 1994, le minimum enregistré au forage de Metlili Lebba et le maximum enregistré au forage de Meguissem. La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé, Tous les valeurs sont dépassent les normes OMS.

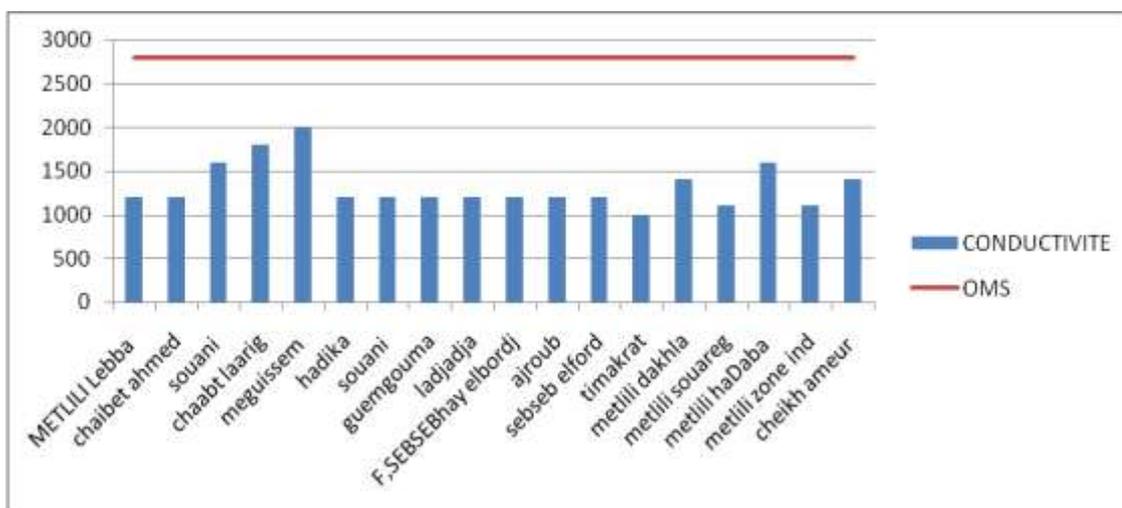


Figure N°27- Variation de conductivité par rapport à la norme OMS

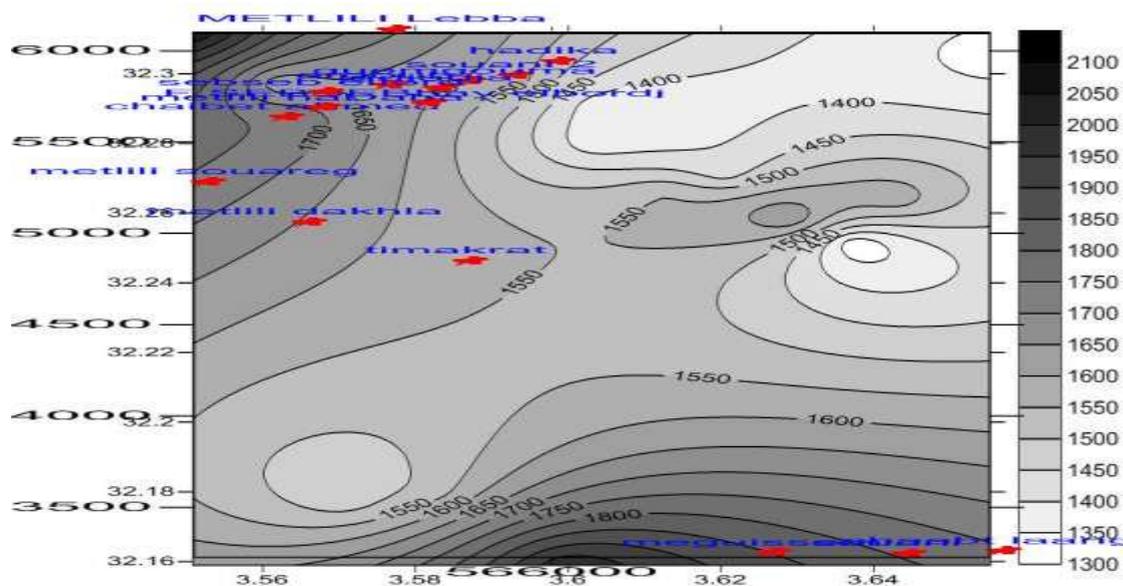


Figure N°28 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de conductivité

3.4.4. TURBIDITE

Tous les point analysés sont respectent les normes d’OMS, Les eaux souterraines ne sont pas turbides.

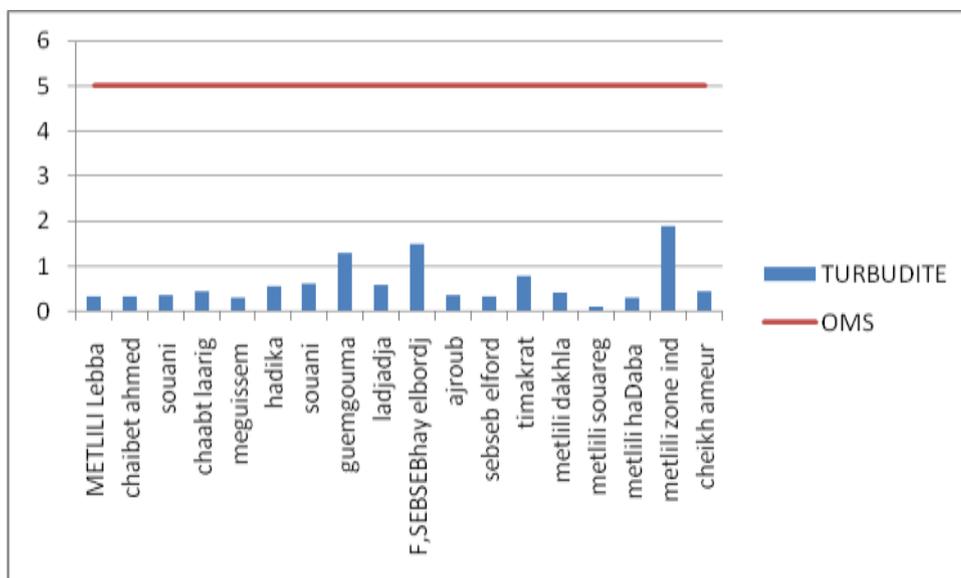


Figure N°29- Variation de turbidité par rapport a la norme OMS

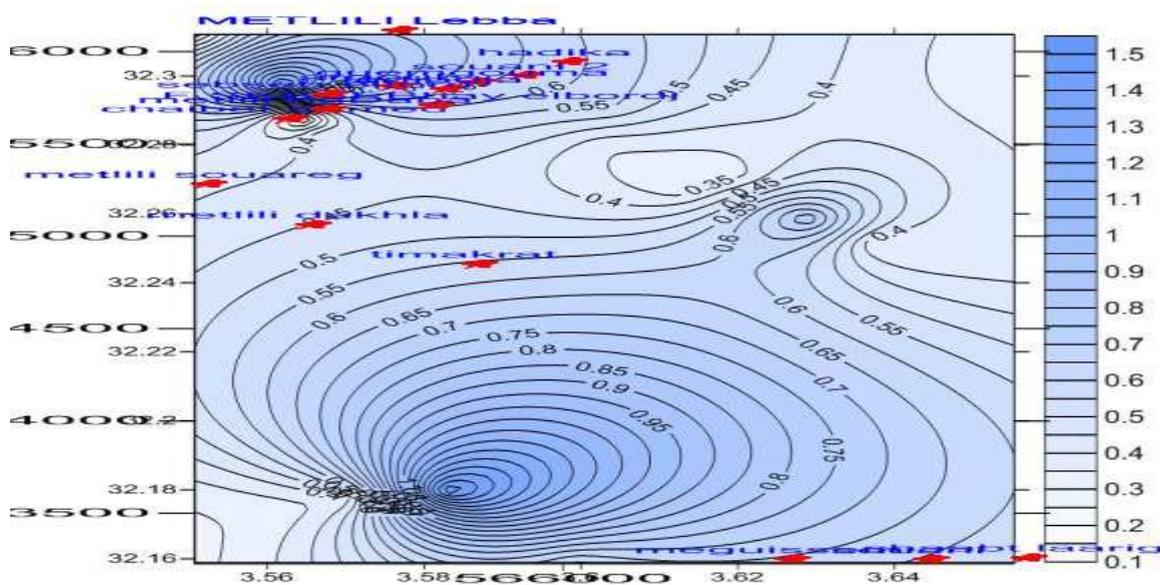


Figure N°30 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de turbidité

3.4.5. TDS

Tous les valeurs de TDS enregistrées sont acceptables sauf les valeurs de forage Meguissem et Ladjadja sont dépassent les valeurs d’OMS.

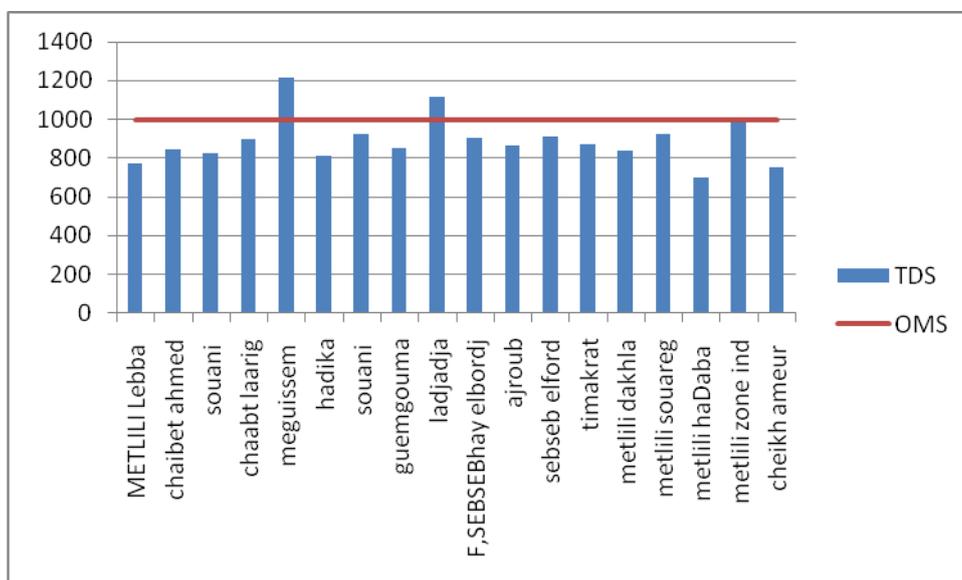


Figure N°31- Variation de TDS par rapport à la norme OMS

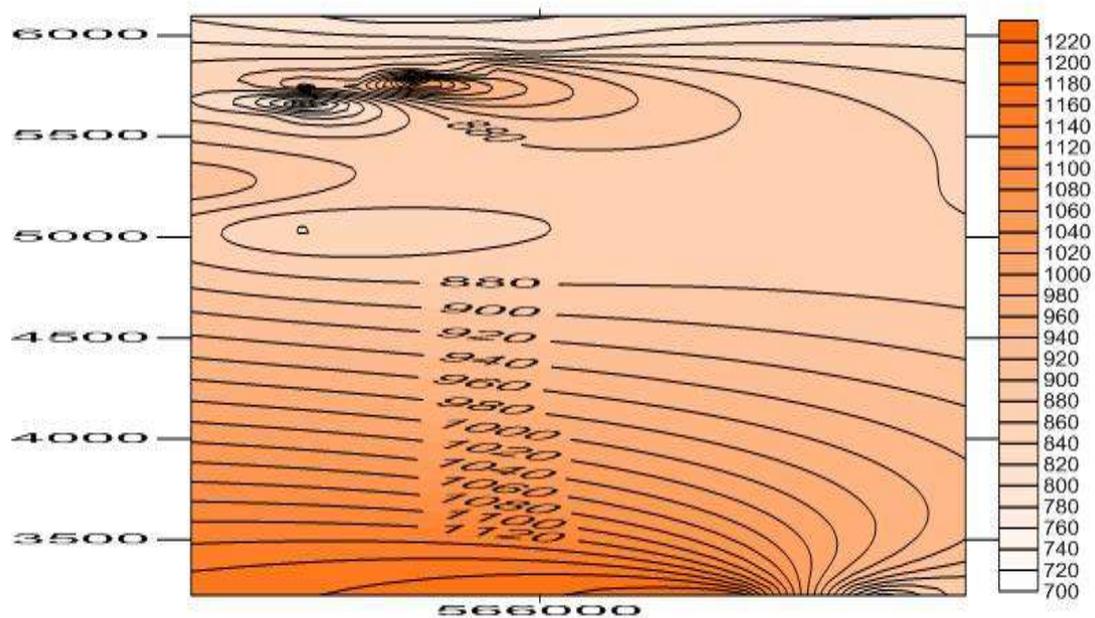


Figure N°32 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de résidu sec

3.4.6. RESIDU SEC

Toutes les valeurs respectent les normes d’OMS et sont inférieure a la norme admissible 2000.

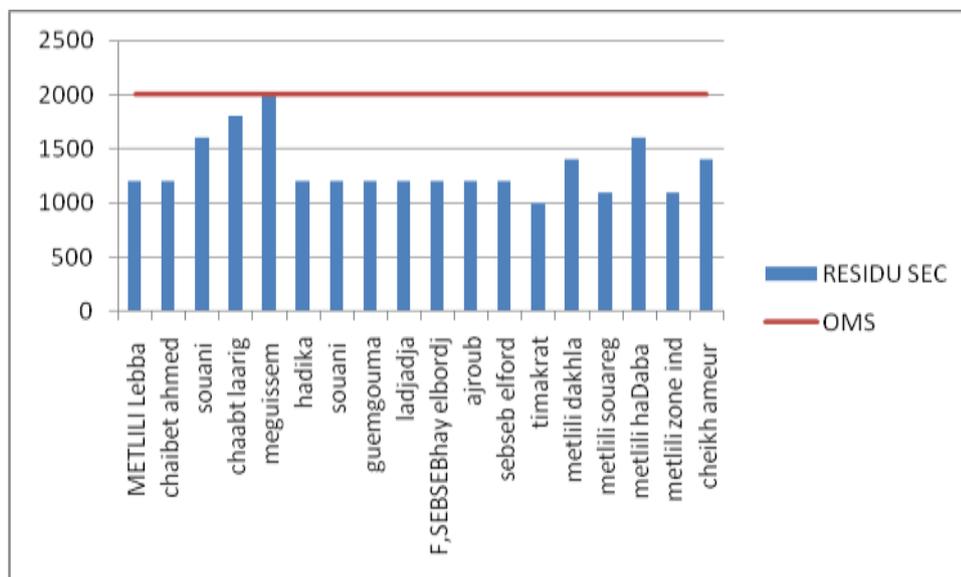


FIGURE N°33 - Variation de Résidu Sec par rapport a la norme OMS

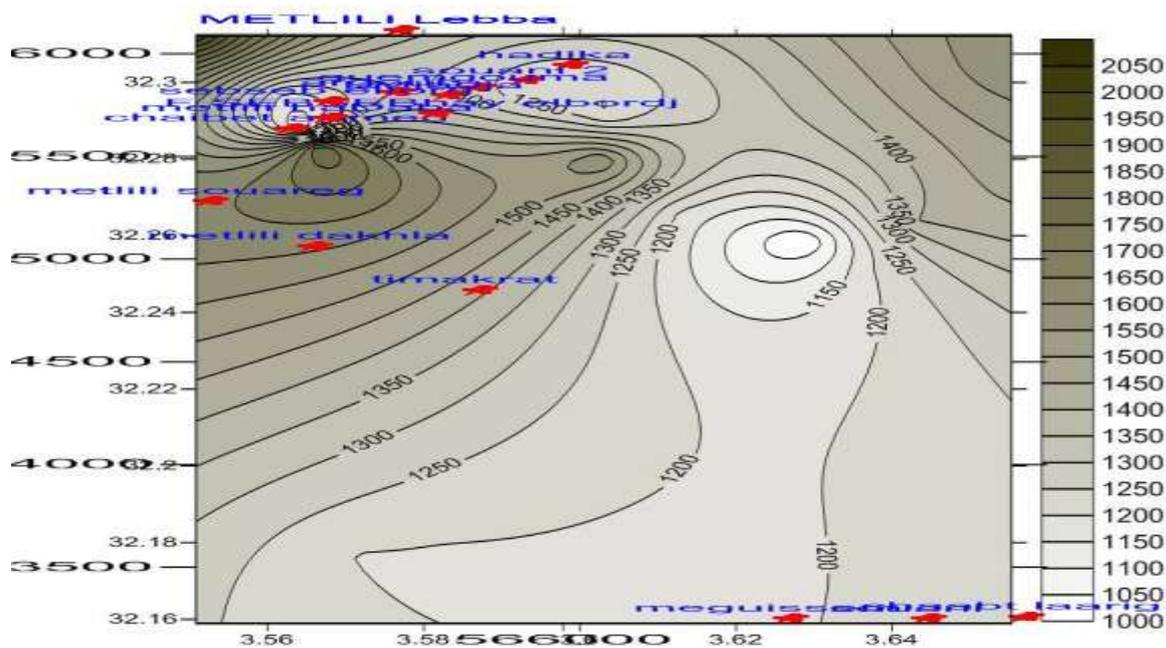


Figure N°34 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de résidu sec

3.4.7. SALINITE

Toutes les valeurs sont acceptables pour les eaux souterraines.

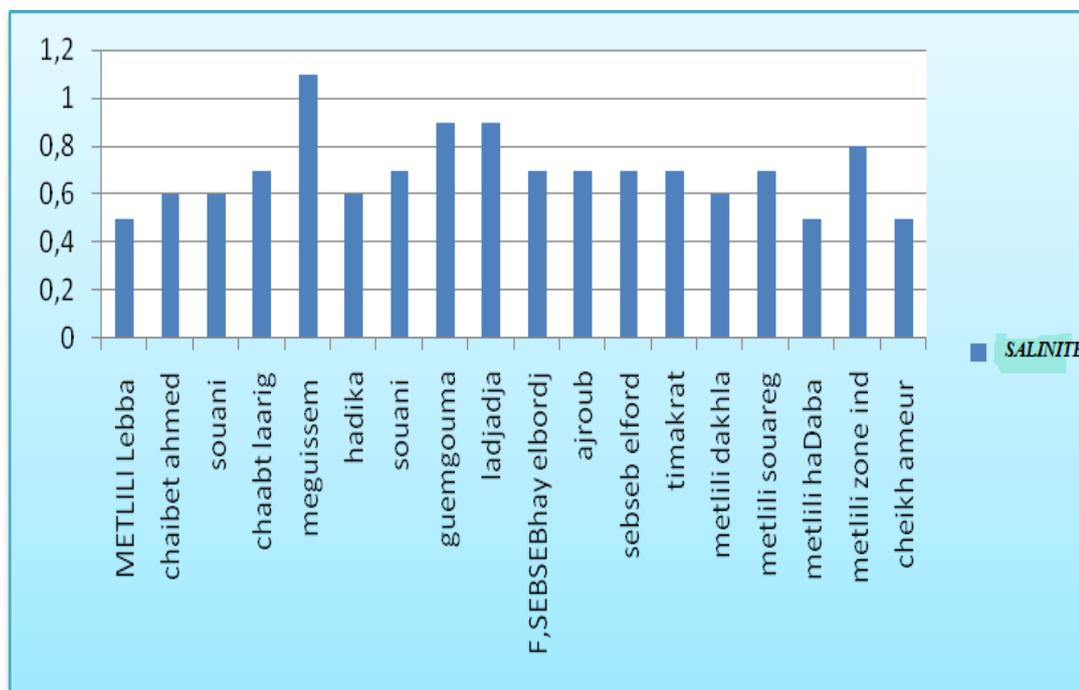


Figure N°35 - Variation de salinité

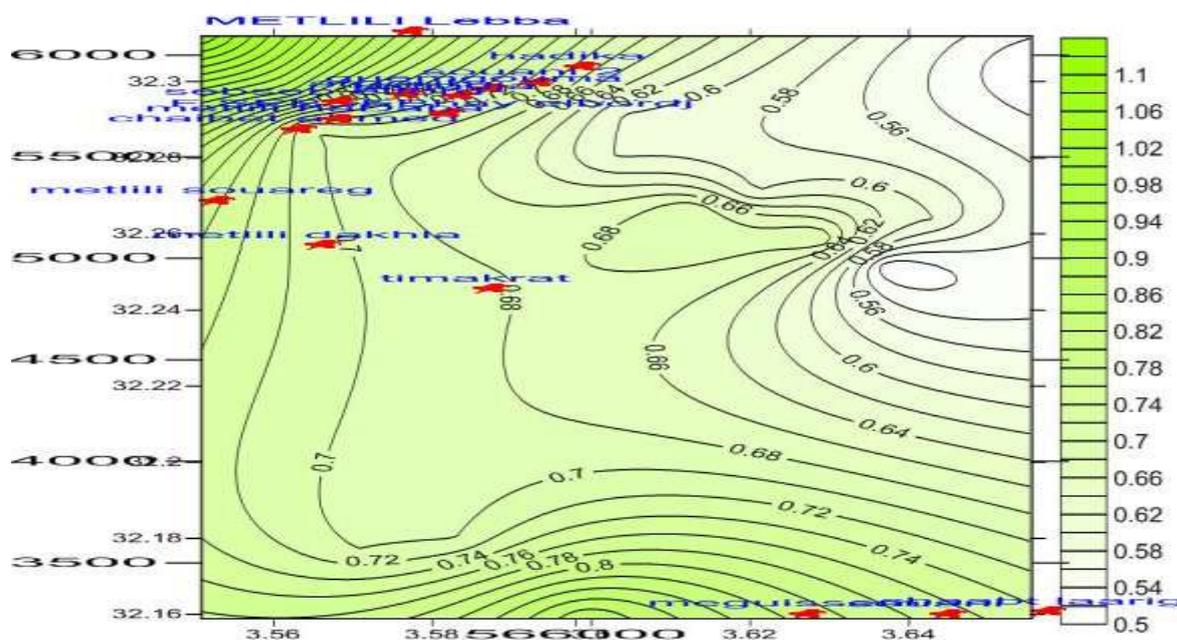


Figure N°36 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Salinité

3.4.8. LES PARAMETRES CHIMIQUES

3.4.8.1. CALCIUM

Les résultats des analyses montrent que toutes les valeurs dépassent la norme OMS sauf le forage de Metlili hadabba.

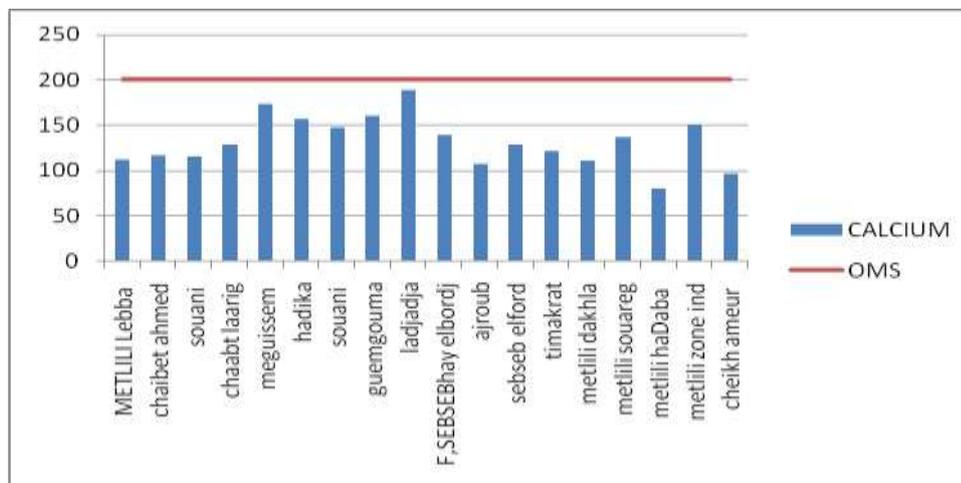


Figure N°37 - Variation de concentration de calcium par rapport à la norme OMS

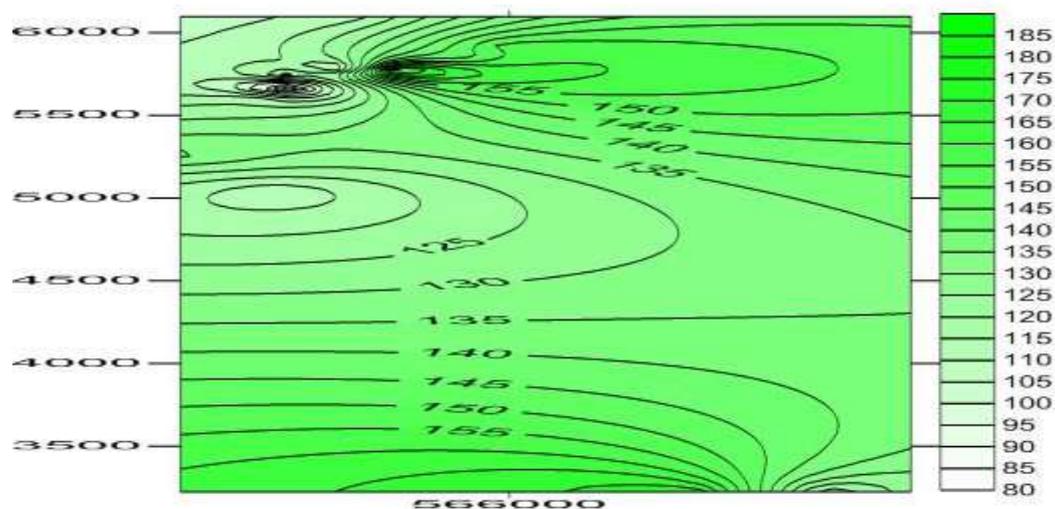


Figure N°38 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de calcium

3.4.8.2. MAGNESIUM

Les résultats obtenues montrent que la concentration de Mg^{2+} varie entre 32,07 mg/ l et 87,48 mg/ l respectent la norme d’OMS pour tous les forages.

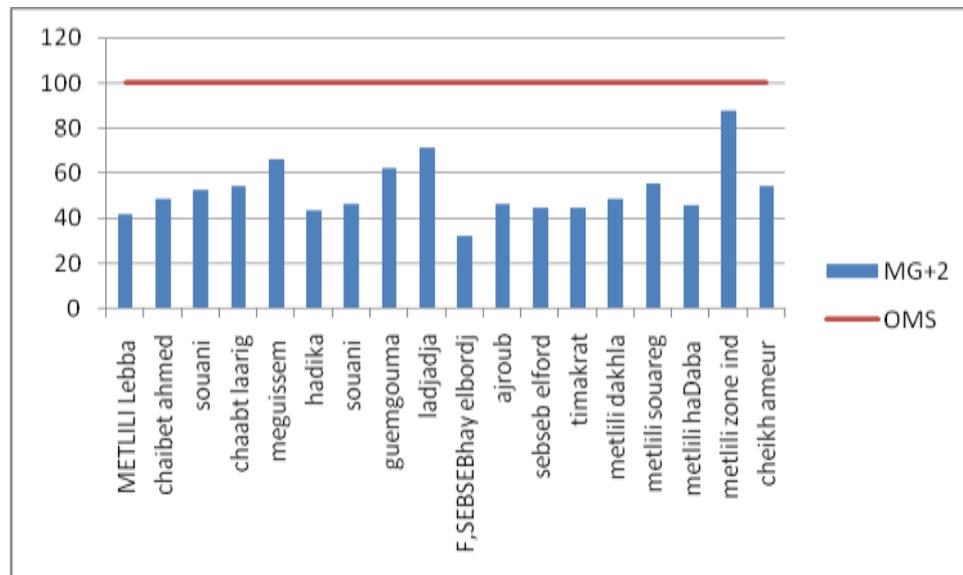


Figure N°39 - Variation de concentration de magnésium par rapport à la norme OMS

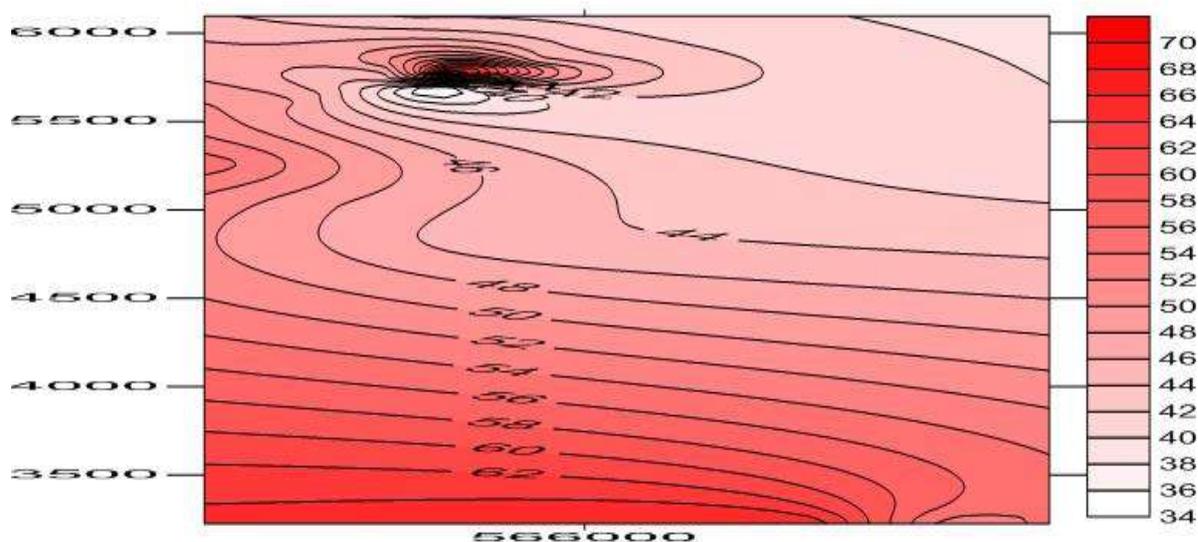


Figure N40 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de magnésium

3.4.8.3. DURETE TOTALE

Les points d'eau analysés sont dépassent la norme admissible, présentant ainsi une eau souterraine très dure par rapport à la norme. Ceci est dû à la nature calcaireuse du terrain, nécessitant une précipitation de la dureté.

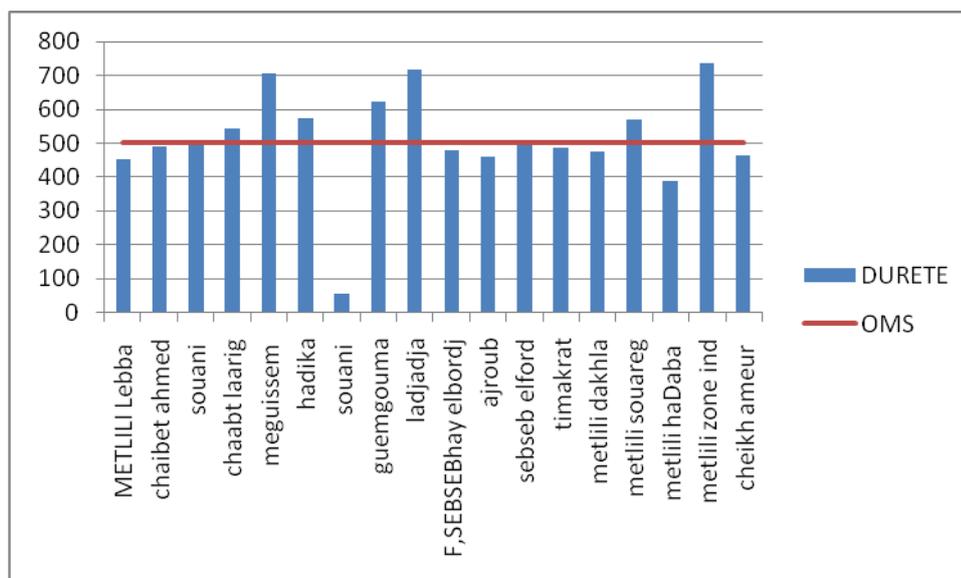


Figure N°38- Variation de concentration de la dureté totale par rapport à la norme OMS

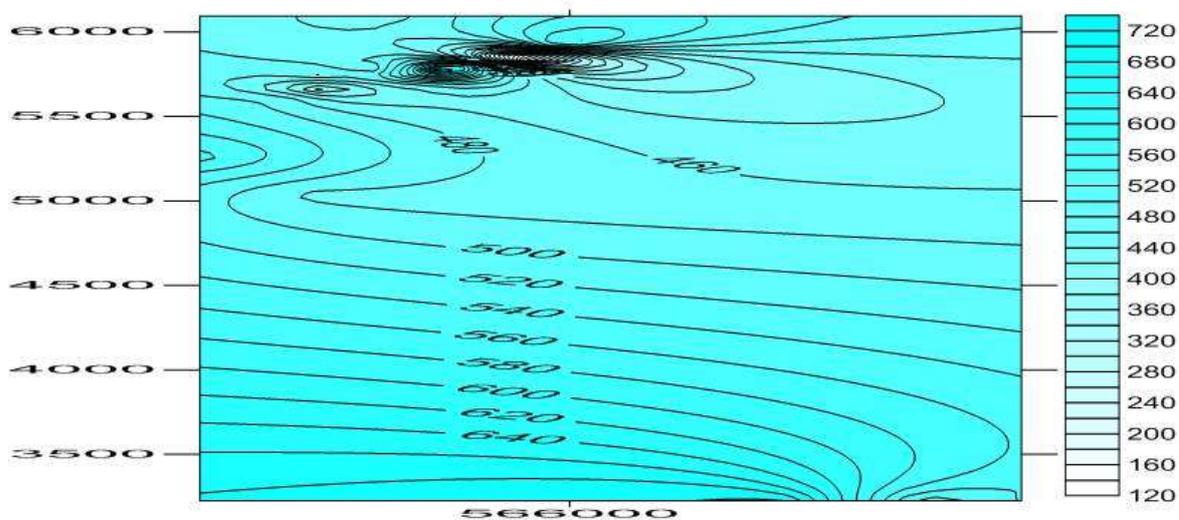


Figure N°39 - Carte hydro-chimique de la variation de la dureté totale

3.4.8.4. FER

Toutes les valeurs de Fe^{+2} sont très faibles et respectent les normes d'OMS.

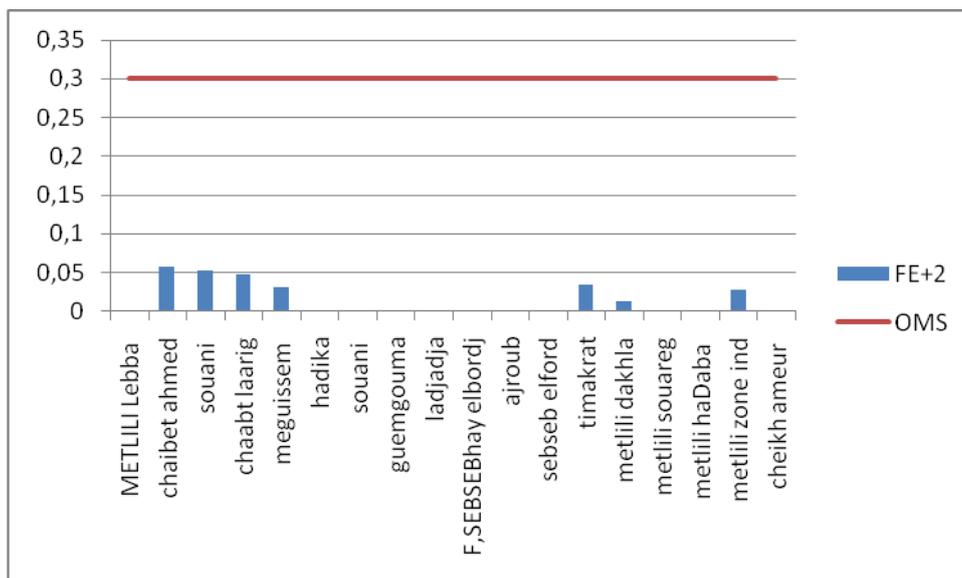


Figure N°40 - Variation de concentration de fer par rapport à la norme OMS

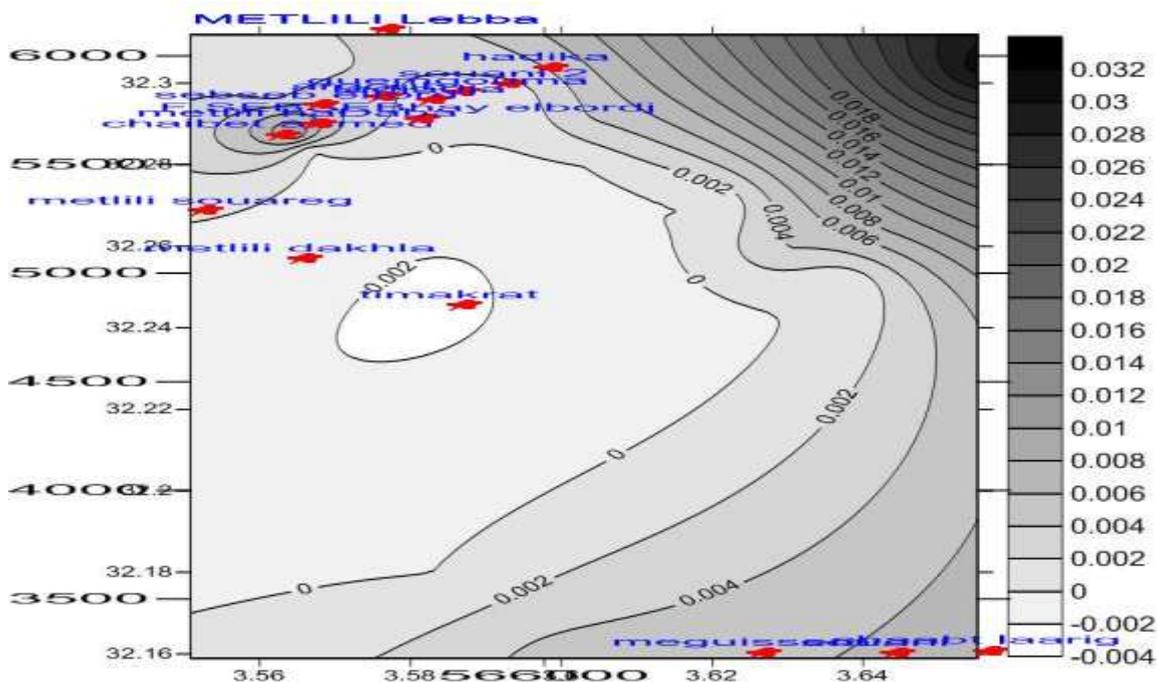


Figure N°41- Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Fer

3.4.8.5. TAC

Toutes les valeurs de titre alcalimétrique complet respectent les normes OMS.

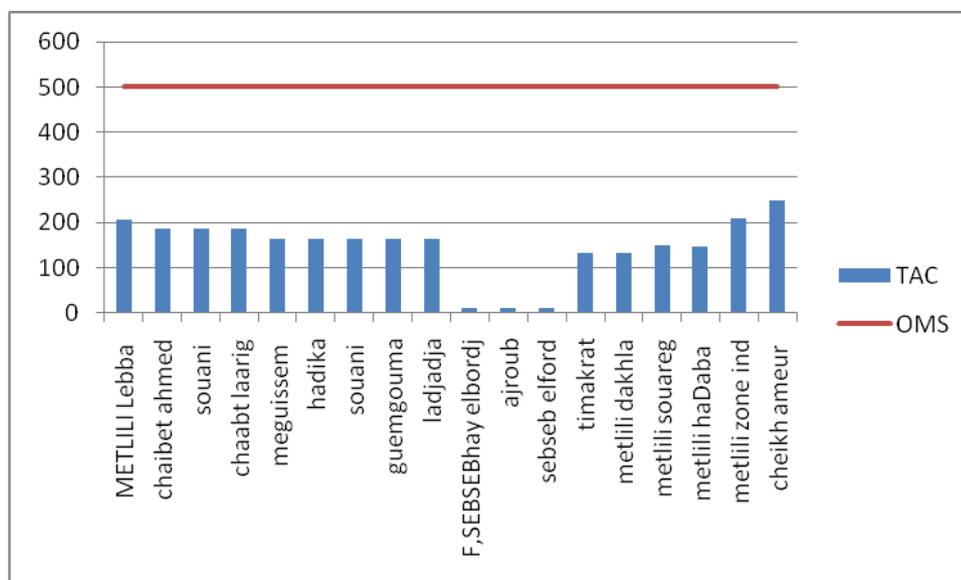


Figure N°42- Variation de TAC par rapport a la norme OMS

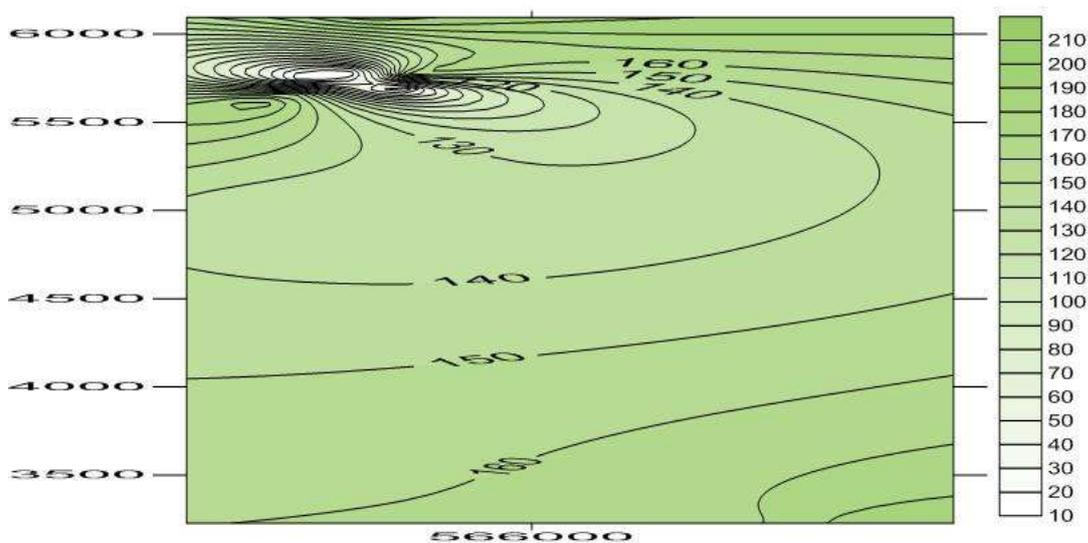


Figure N°43 - Carte hydro-chimique de la variation de TAC

3.4.8.6. SODIUM

Les concentrations en sodium enregistrées au niveau des sources étudiées sont comprises entre 128,57 (Metlili hadaba) et 600 mg/l (guemgouma).

Tous des forages de Metlili lebba, chaibet ahmed, chaibet laarig, souani, hadika, souani 2, elbordj, aient une concentration supérieure à la limite admissible du sodium et surtout le forage de guemgouma qui a une concentration très élevée.

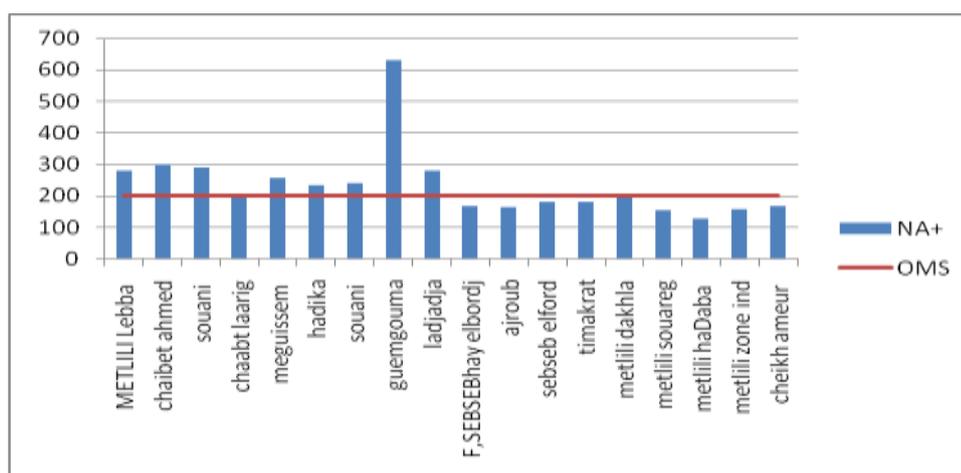


Figure N°44 - Variation de concentration du sodium par rapport à la norme OMS

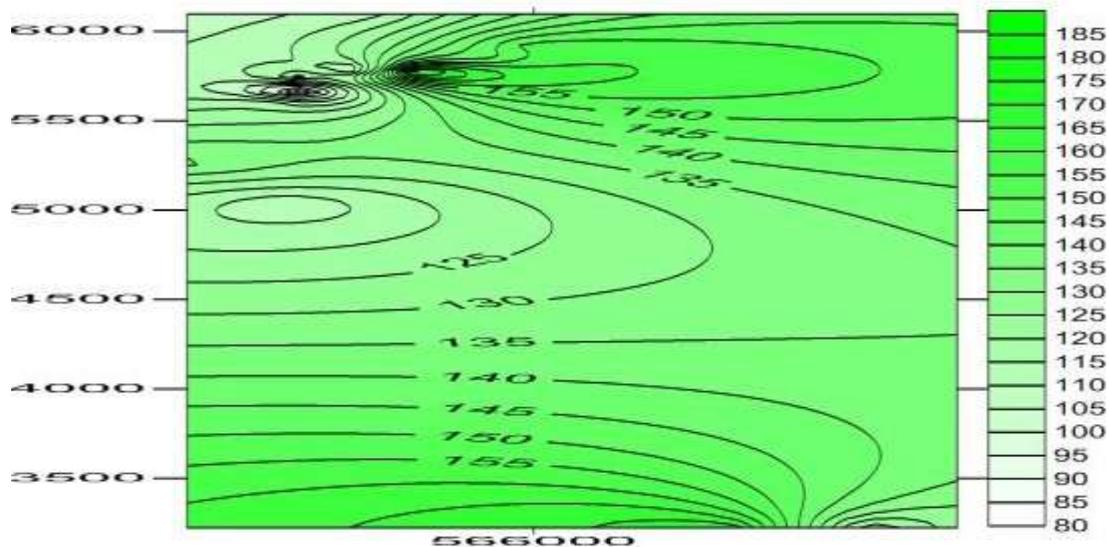


Figure N°45 - Carte hydro-chimique de la variation de sodium

3.4.8.7. SULFATES

D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées dépassent la norme OMS sauf le forage de Metlili hadaba et le forage de cheikh ameur.

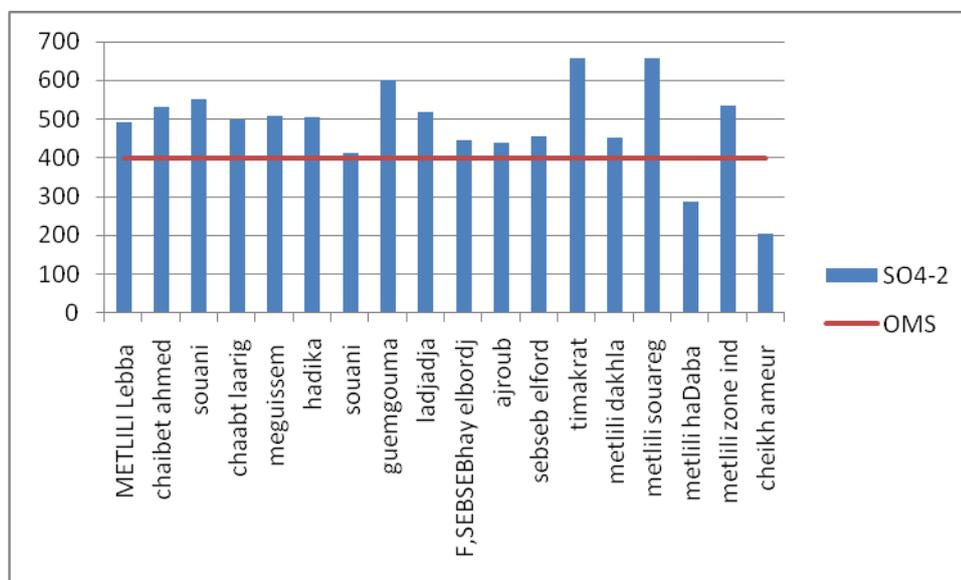


Figure N°46 - Variation de concentration du sulfates par rapport à la norme OMS

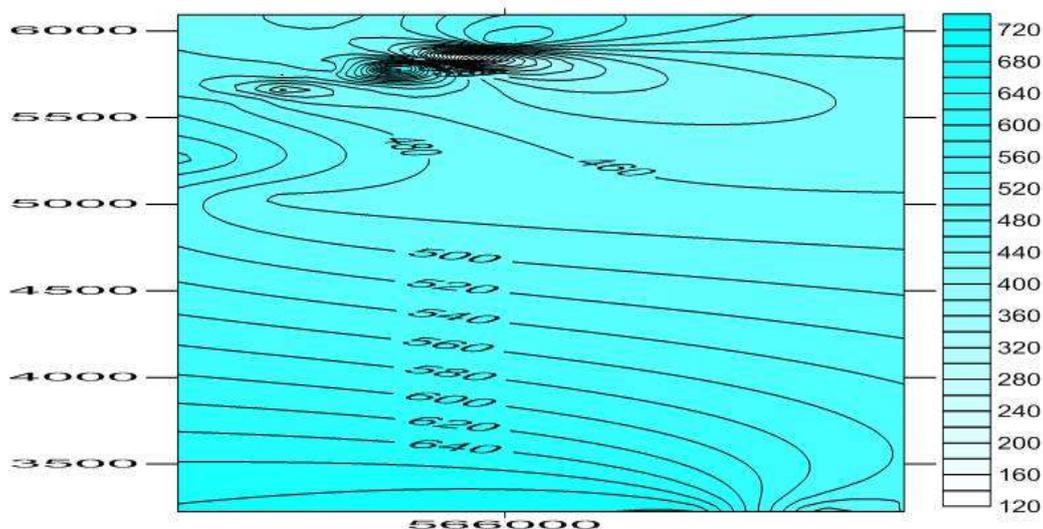


Figure N°47 - Carte hydro-chimique de la variation des sulfates

3.4.8.8. POTASSIUM

Les concentrations en K^+ enregistrées sont faibles, sauf pour Metlili souareg et zone industrielle elles sont élevées et dépassent largement la norme (20 mg/l).

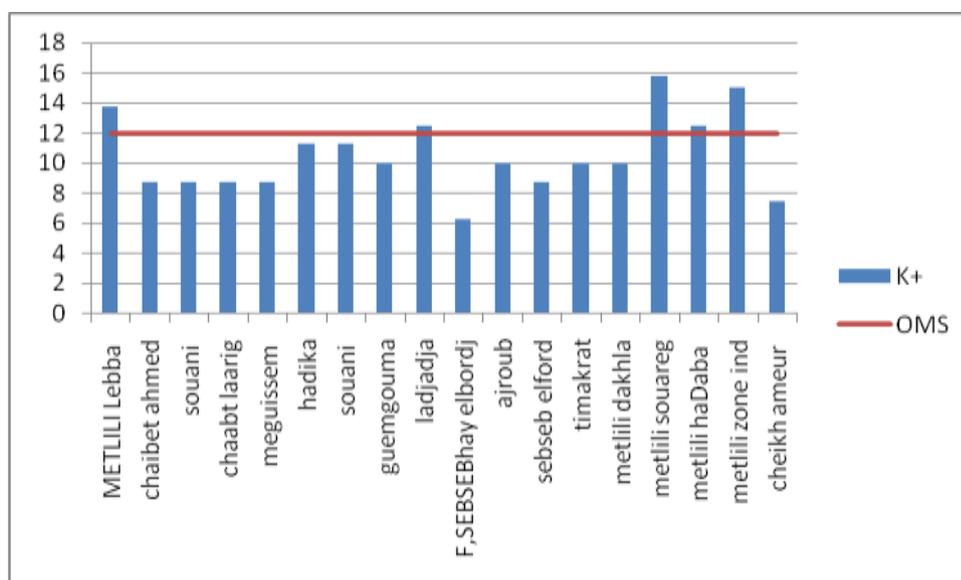


Figure N°48 - Variation de concentration du potassium par rapport à la norme OMS

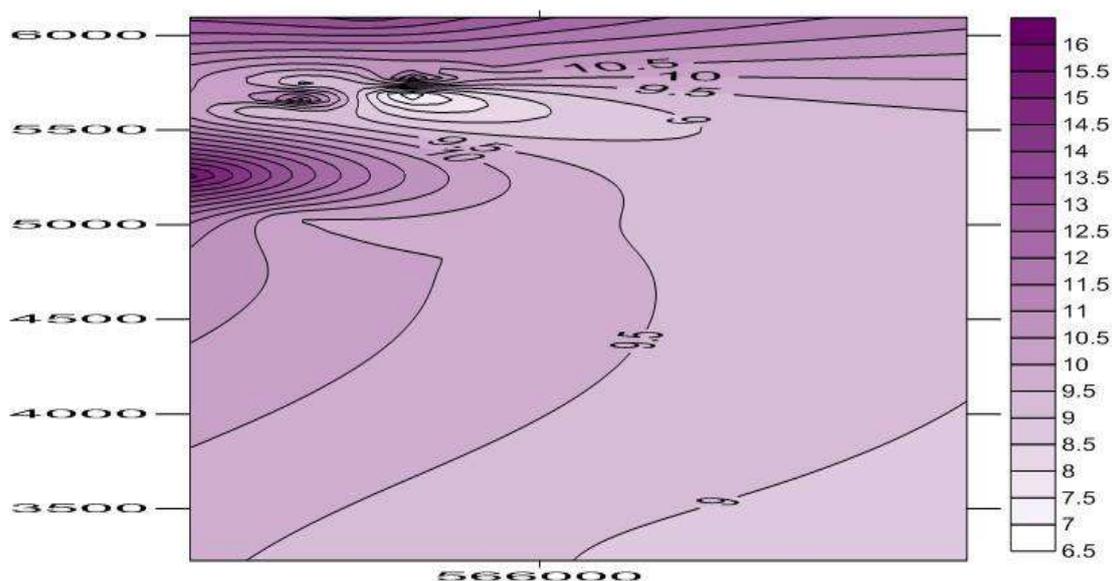


Figure N°49 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de potassium

3.4.8.9. CHLORURES

Au niveau de la région d'étude, les teneurs en chlorures sont inférieures à 500 mg/l. Selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration en chlorure maximale recommandée (CMR) est de 218,79mg/l alors que le maximum admissible (CMA) est de 462,3 mg/l. de ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

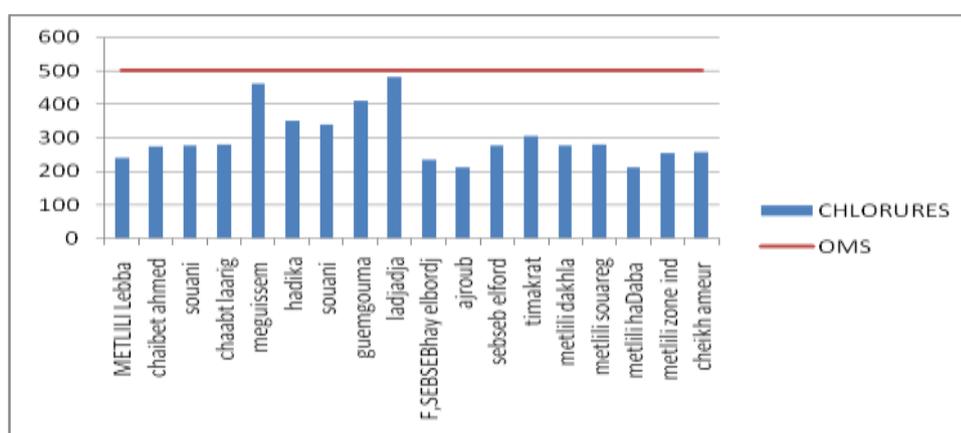


Figure N°50 - Variation de concentration des chlorures par rapport à la norme OMS

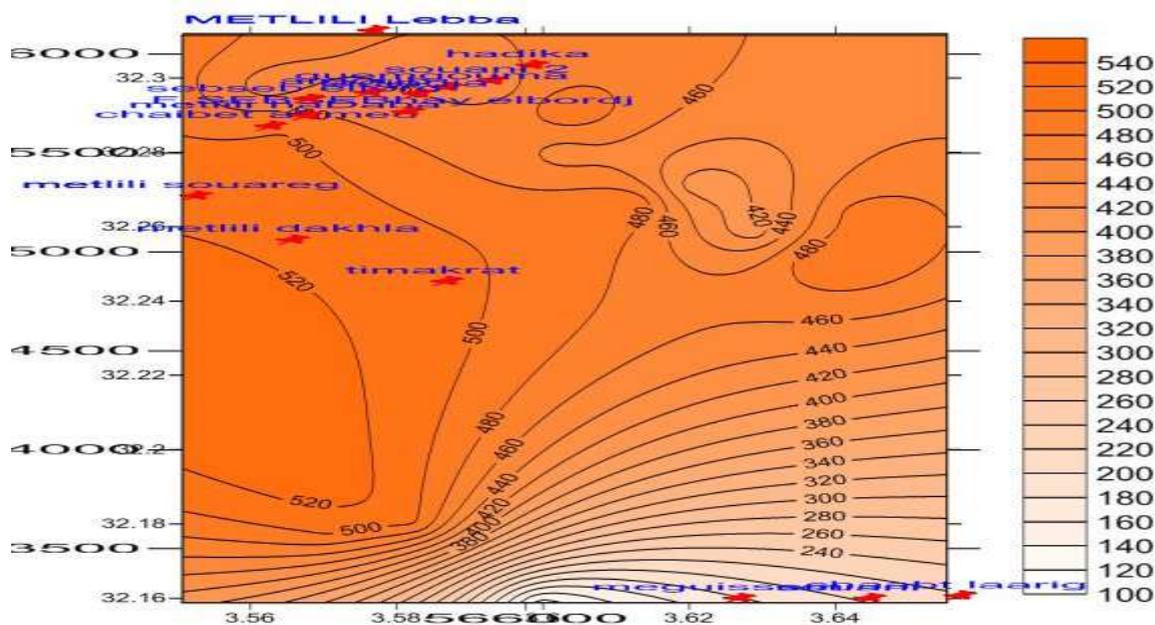


Figure N°51 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des chlorures

3.4.8.10. PHOSPHORE

La concentration de phosphore dans tous les forages est très faible par rapport a la norme OMS, on peut concéderez comme négligeable

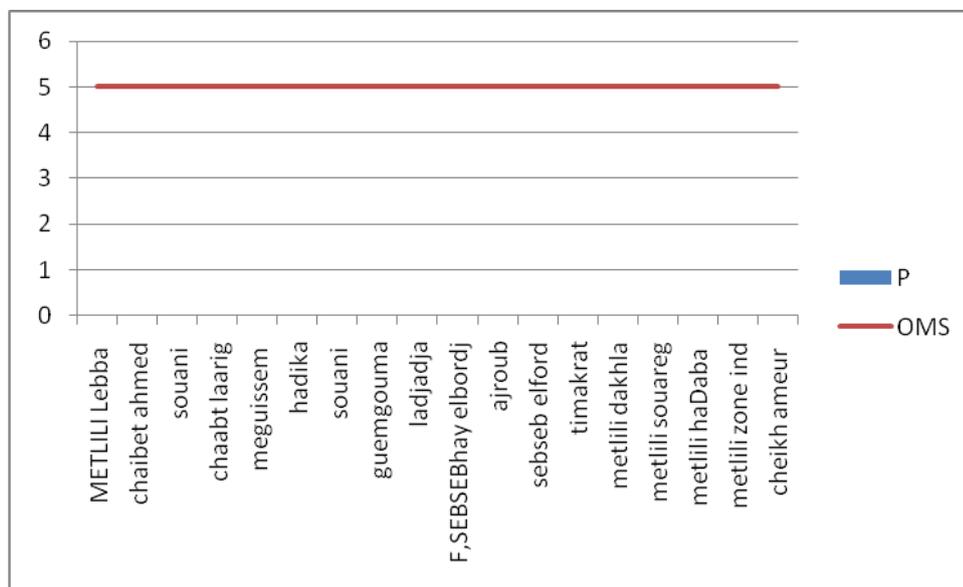


Figure N°52- Variation de concentration de phosphore par rapport a la norme OMS

3.4.9. LES PARAMETRES DE POLLUTION

3.4.9.1. AMMONIUM

L'Ammonium est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée à une contamination urbaine ou industrielle, les teneurs en ammonium dans les eaux du forage sont très faible ou bien négligeable.

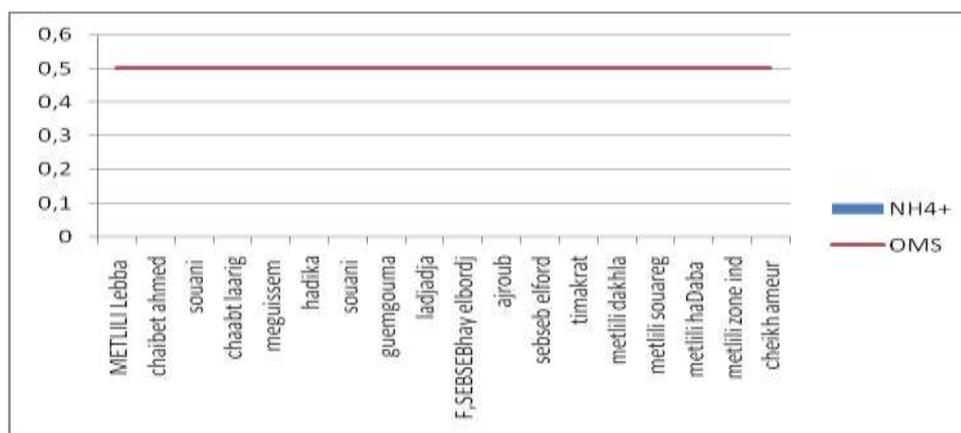


Figure N°53 - Variation de concentration d'ammonium par rapport a la norme OMS

3.4.9.2. NITRITE

Les nitrites représentent la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique, dans l'ensemble, les teneurs en nitrites de la nappe sont inférieures à 0.2 mg/l .

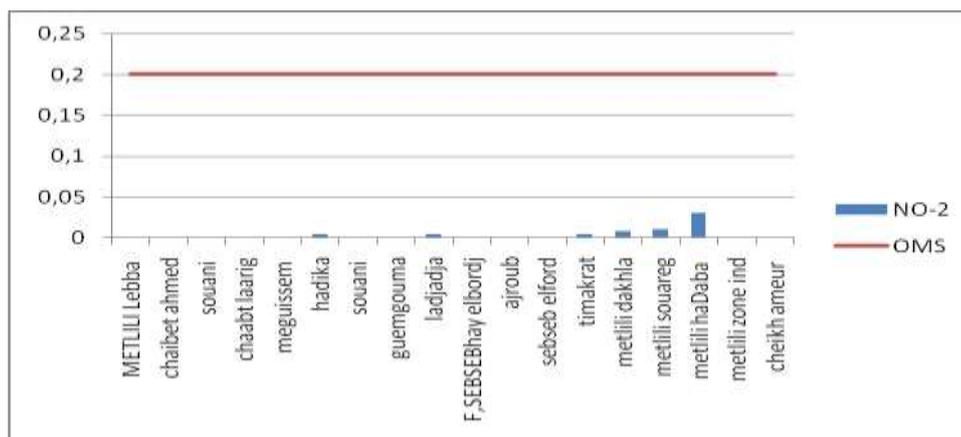


Figure N°54 - Variation de concentration des nitrites par rapport a la norme OMS

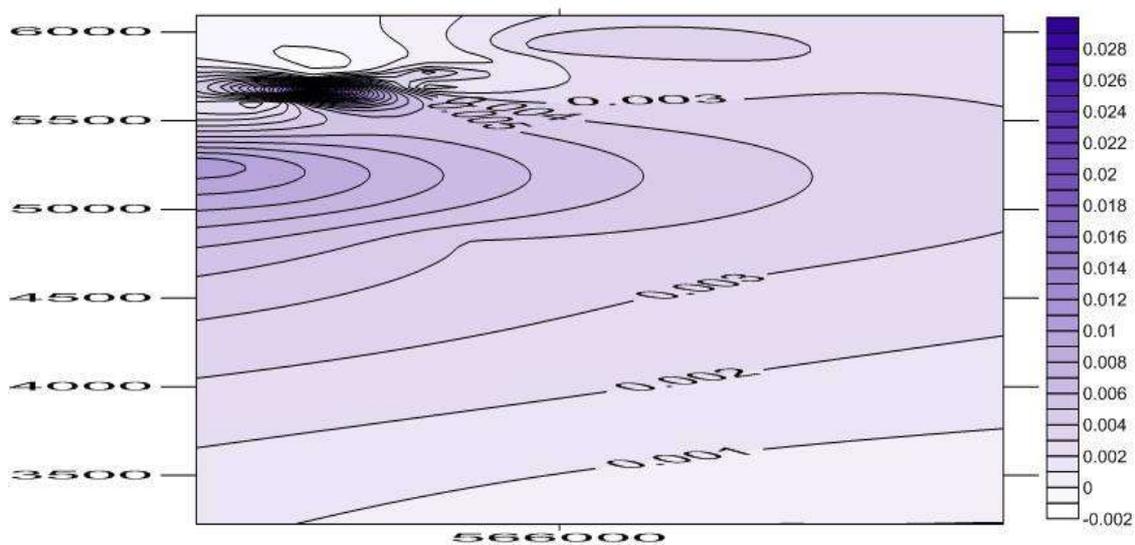


Figure N°55 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des nitrates

3.4.9.3. NITRATE

La concentration des nitrates dans les eaux du forage sont faibles, elle varie de 0,15 mg /l aux forages chaibet ahmed à 17,67 mg/l au forage metlili souareg, toutes ces valeurs respectent les normes de l’OMS.

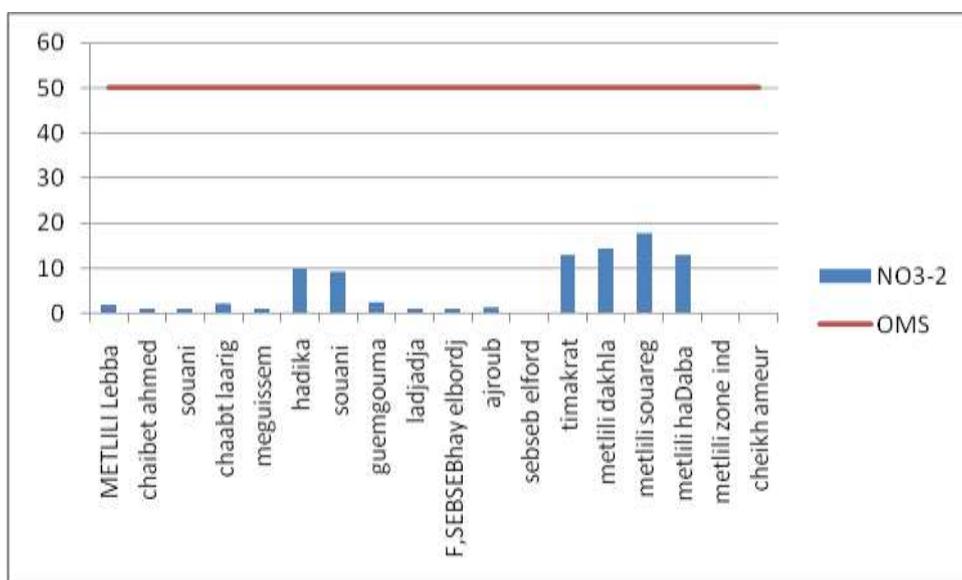


Figure N°56 - Variation de concentration des nitrates par rapport à la norme OMS

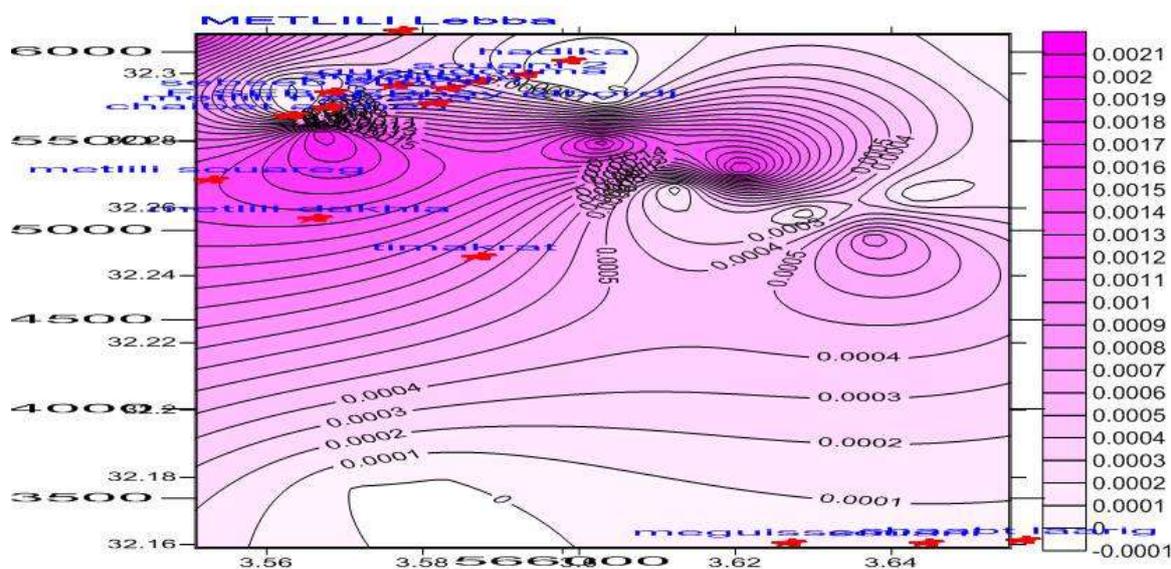


Figure N°57 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale des nitrates

3.4.9.4. PHOSPHATE

L'origine des phosphates dans les eaux est liée aux rejets urbains ou à la dissolution des engrais chimiques, les teneurs en phosphates des eaux de la nappe sont inférieures à 0,096 mg/l.

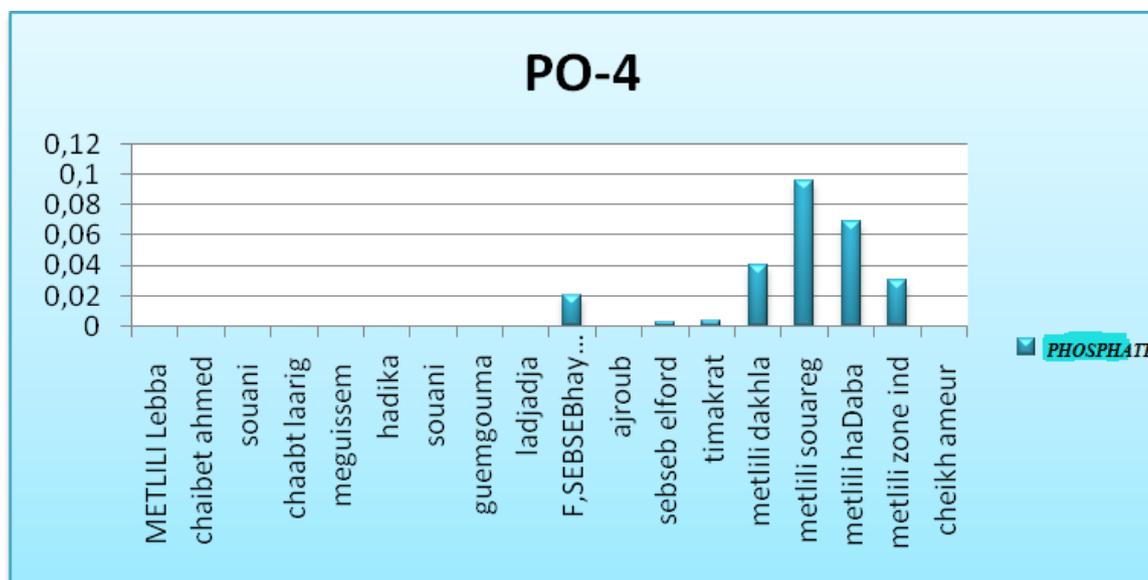


Figure N°58 - Variation de concentration des phosphates par rapport à la norme OMS

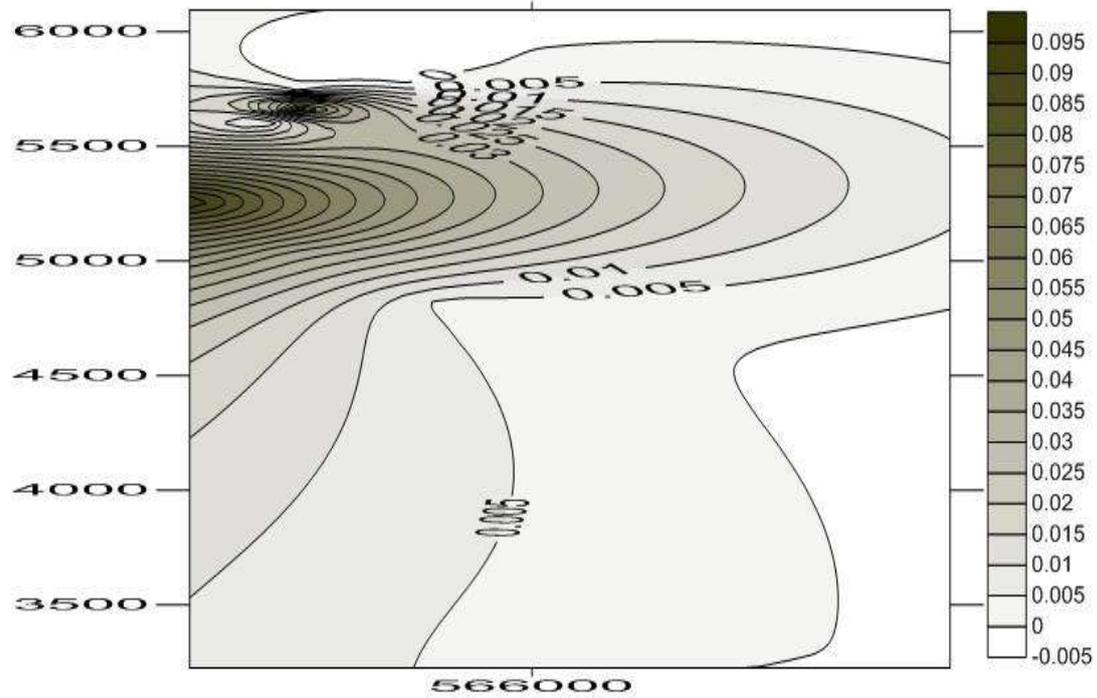


Figure N°59 - Carte hydro-chimique de la variation spatiale de phosphate

Remarque : le tableau des normes d’OMS et les résultats d’analyses dans l’annexe.

3.5. CLASSIFICATION CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

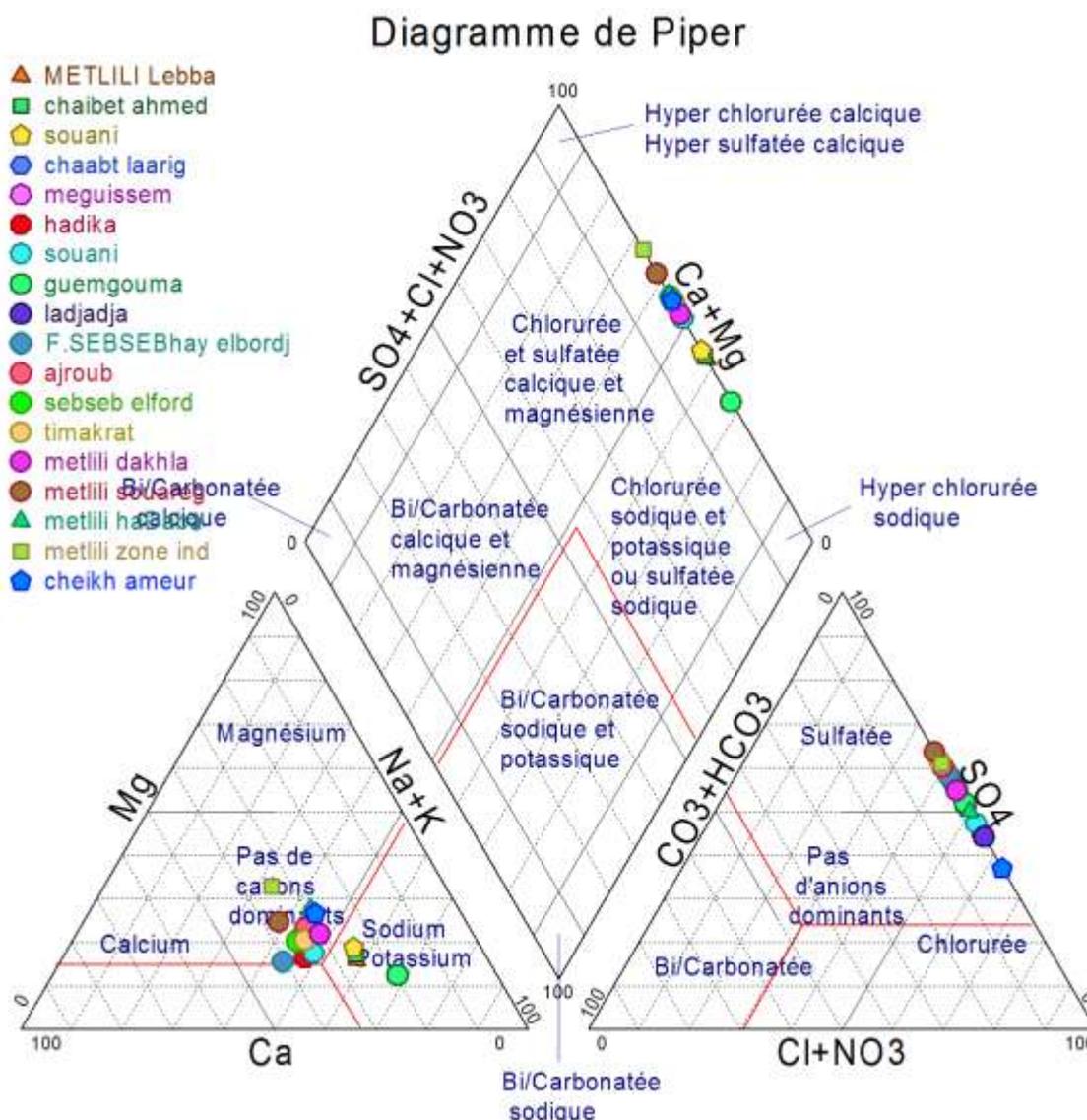


Figure N°60 - Diagramme de piper des eaux des forages de Metlili

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet de différencier les familles d’eaux, l’examen du diagramme obtenu permet de déduire les observations suivantes :

- Le faciès chimique dominant dans la plus part des forages est le faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne, avec un faciès chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique dans les forges de souani, chaibet ahmed et guemgouma.

- Le faciès sulfaté dominant dans la plus part des forages de Metlili avec un faciès chlorurée dans les forages de cheikh ameur et ladjadja et souani et metlili hadika.
- Pas de cations dominants dans la plus part des forages de Metlili avec un faciès de sodium potassium dans guemgouma et souani et metlili lebba.

3.6. SUIVIE D'EVALUATION DE QUALITE DES EAUX ETUDIEES

Le SEQ des eaux souterraines a été conçu pour répondre aux besoins des différents acteurs de l'eau : gestionnaires, administrations, techniciens, usagers ou élus.

Il permet de définir l'aptitude d'une eau à satisfaire différents usages et donne une indication sur son état d'altération (écart par rapport à un état naturel).

Il offre également une description de la qualité de l'eau par classes de qualité pour permettre de constituer des indicateurs de suivi d'action mais aussi permettre à des personnes non averties d'obtenir une information simple et globale sur la qualité.

TABLEAU N°02 - QUALITE DES EAUX FORAGE DE METLILI

FORAGE CLASIFICATION	TB	B	MOY	MV	TM	classe
METLILI Lebba	6	0	2	1	2	TB
chaibet ahmed	7	0	1	0	3	TB
souani	7	0	1	0	3	TB
chaabt laarig	7	0	1	1	2	TB
meguissem	6	1	1	0	3	TB
hadika	6	1	1	0	3	TB
souani 2	6	1	2	0	2	TB
guemgouma	6	1	0	0	4	B
ladjadja	5	2	0	1	3	TB
F.SEBSEB hay el bordj	7	1	1	0	2	TB
ajroub	6	2	2	0	1	TB
sebseb elford	7	1	1	0	2	TB
timakrat	6	2	0	0	3	TB
METLILI dakhla	6	2	2	0	1	TB
METLILI souareg	7	0	0	1	3	TB
METLILI hadaba	8	1	0	0	2	TB
METLILI zone.ind	6	1	1		3	TB
cheikh ameur	8	0	0	0	1	TB

D'après l'évaluation de qualité des eaux des forages de la région de Metlili, on conclut que ces eaux sont bonnes à la consommation.

3.7. SYNTHÈSE GÉNÉRALE

L'étude hydro-chimique des eaux des forages de Metlili montre que ces eaux sont caractérisées par un pH neutre et une conductivité élevée avec une grande augmentation de concentration de quelques éléments chimiques tels que : (SO_4 , Na , Ca) et une concentration très élevée de la dureté totale et d'autres éléments presque nuls (NH^{+3} , NH^{2+} ,).

Les eaux de forage de Metlili caractérisent par un faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

Après avoir examiné les résultats des analyses et le système d'évaluation de la qualité des eaux des forages de la région, nous concluons que ces eaux sont bonnes à la consommation humaine.

Toutefois, pour que ces eaux soient potables et ne nuisent pas à la santé, il faut faire un traitement de la dureté et de quelques paramètres élevés.

CONCLUSION

CONCLUSION

L'objectif de cette étude est la connaissance de la potabilisation des eaux de forage de la région de Metlili.

Nous avons commencé notre étude par une description du milieu physique de la région.

Nous avons également donné un résumé bibliographique contenant tous ce qui concerne la réalisation des forages, la qualité des eaux souterraines et une série des différents procédés de traitement des eaux potables.

Egalement, nous avons décrit les différents procédés des analyses physico-chimiques des eaux des forages de la ville de Metlili, effectuées au laboratoire de l'ADE de Ghardaïa après des prélèvements manuels des eaux de forages.

Suite à la comparaison des résultats d'analyses, aux normes préconisées de l'OMS, l'évaluation hydro-chimique du point de vue potabilité des forages de Metlili a indiqué que l'ensemble de nos eaux sont point de vu physico-chimique pratiquement potable et acceptable à la consommation.

Nous avons remarqué aussi que nos eaux sont également très dures suivant la nature de leur séjour géologique, ce qui demande un traitement permettant la précipitation de la dureté pour améliorer la qualité de ses eaux.

Point de vu minéralisation et faciès chimique, les eaux analysées ne sont pas minérales, elles sont dure, sulfatée calcique et chlorurées.

Enfin, ce travail à indiquer que les eaux très profondes sont bonnes à la consommation et ces eaux soient potable après minéralisation et amélioration par traitement de la dureté.

ANNEXE

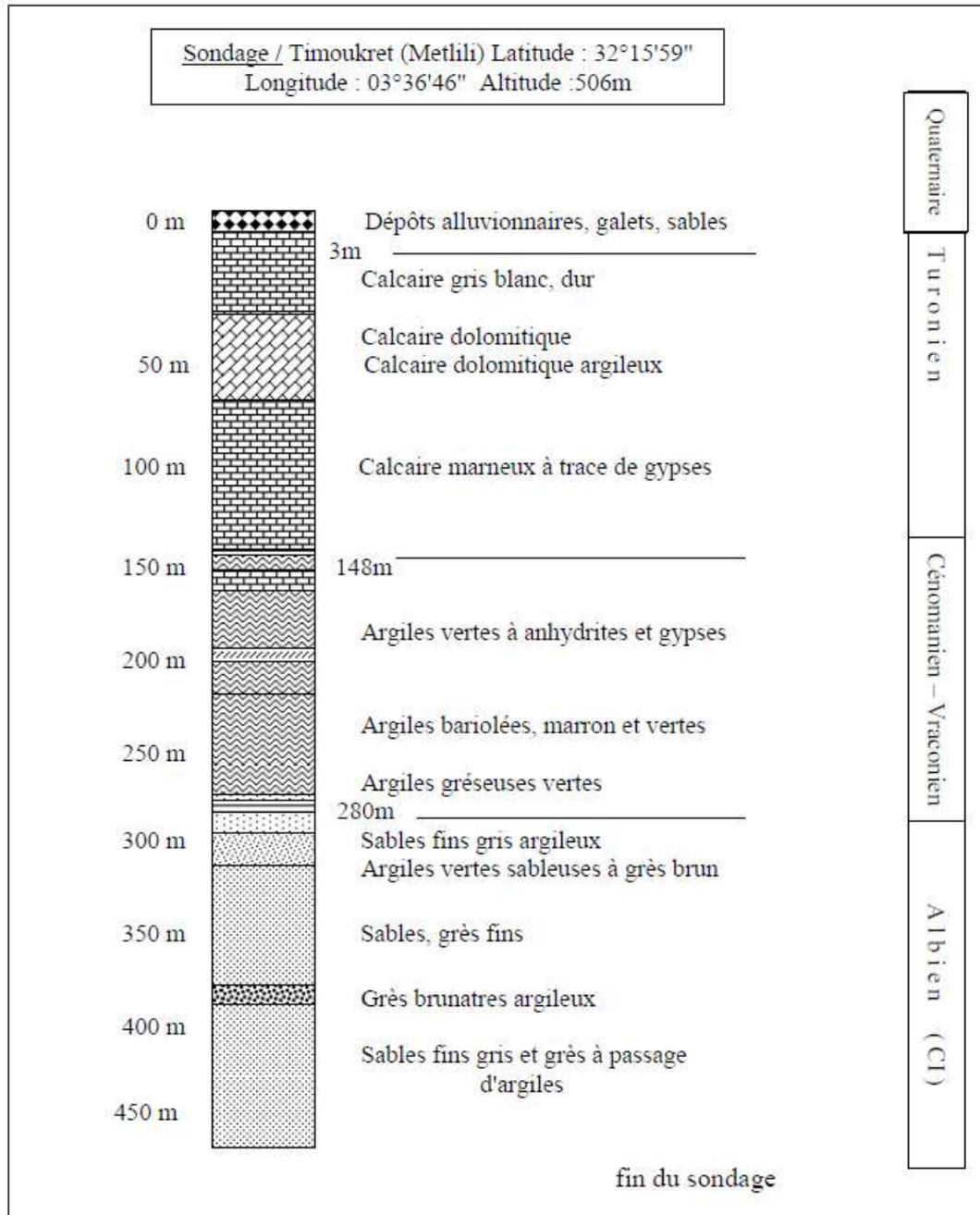
1. Tableau des coordonnées géographiques des forages de Metlili

lieu	les cordonnées (m)			PROFONDEUR (m)
	X	Y	Z	
METLILI Lebba	03 38 15	32 15 05	489	500
chaibet ahmed	03 37 14	32 16 16	495	407
souani	03 36 10	32 16 47	517	450
chaabt laarig	03 34 00	32 17 00	579	500
meguissem	03 33 03	32 18 43	538	500
hadika	03 36 13	32 17 29	525	500
guemgouma	03 35 38	32 17 51	529	450
ladjadja	03 33 43	32 17 50	529	450
F,SEBSEBhay elbordj	03 35 58	32 09 32	471	110
argoub	03 34 58	32 10 47	474	500
sebseb elford	03 34 14	32 10 38	481	500
timakrat	03 36 45	32 15 59	506	500
metlili dakhla	03 37 44	32 15 31	496	407
metlili souareg	03 38 35	32 15 50	482	490
metlili haDaba	03 33 52	32 17 16	578	497
metlili zone ind	03 39 19	32 18 14	567	450

2. RESERVOIR DE LA COMMUNE DE METLILI

N°	Lieu de réservoir	Etat de réservoir	Année de réalisation	Capacité M3	Affectation
01	Souareg	M	1949	1200	AEP
02	El hadika	B	1957	1500	Mixte
03	Chaabetahmed	B	1960	1500	Mixte
04	El houissi	F	1966	750	Mixte
05	Dakhla	B	1977	1000	AEP
06	Chaabetlagfoul	B	1985	1500	Mixte
07	Guemgoma	B	1986	1500	Mixte
08	Souani	B	1987	750	Mixte
09	M'guissem	B	1987	750	Mixte
10	Laadjaja	B	1990	1500	Mixte
11	Noumérat	B	1992	1500	AEP
12	La zone	B	1995	750	AEP

3. FIGURE TIMOUKRET



4. COMPARAISON ENTRE LES NORMES D'OMS ET LES NORMES UE.

Comparaison entre l'OMS et UE

	Norme de l'OMS	Normes de l'UE
Matières en suspension	Pas de lignes directrices	Non mentionées
DCO	Pas de lignes directrices	Non mentionée
DBO	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Pouvoir oxydant		5.0 mg/l O ₂
Graisse/huiles	Pas de lignes directrices	Non mentionées
Turbidité	Pas de lignes directrices ⁽¹⁾	Non mentionée
pH	Pas de lignes directrices ⁽²⁾	Non mentionée
Conductivité	250 microS/cm	250 microS/cm
Couleur	Pas de lignes directrices ⁽³⁾	Non mentionée
oxygene dissous	Pas de lignes directrices ⁽⁴⁾	Non mentionée
Dureté	Pas de lignes directrices ⁽⁵⁾	Non mentionée
Conductivité électrique	Pas de lignes directrices	Non mentionée
cations		
Aluminium (Al)	0.2 mg/l	0.2 mg/l
Ammoniac (NH ₄)	Pas de lignes directrices	0.50 mg/l
Antimoine (Sb)	0.005 mg/l	0.005 mg/l
Arsenic (As)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Baryum (Ba)	0.3 mg/l	Non mentionée
Beryllium (Be)	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Bore (B)	0.3 mg/l	0.001 mg/l
Brome (Br)	Pas de lignes directrices	0.01 mg/l
Cadmium (Cd)	0.003 mg/l	0.005 mg/l
Chrome (Cr)	0.05 mg/l	0.05 mg/l
Cuivre (Cu)	2 mg/l	2.0 mg/l
Fer (Fe)	Pas de lignes directrices ⁽⁶⁾	0.2mg/l
Plomb (Pb)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Manganèse (Mn)	0.5 mg/l	0.05 mg/l
Mercure (Hg)	0.001 mg/l	0.001 mg/l
Molybdène (Mo)	0.07 mg/l	Non mentionée
Nickel (Ni)	0.02 mg/l	0.02 mg/l
Azote (total N)	50 mg/l	Non mentionée
Sélénium (Se)	0.01 mg/l	0.01 mg/l
Argent (Ag)	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Sodium (Na)	200 mg/l	200 mg/l
Etain (Sn) inorganique	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Uranium (U)	1.4 mg/l	Non mentionée
Zinc (Zn)	3 mg/l	Non mentionée
anions		
(ions négatifs)		
Chlore (Cl)	250 mg/l	250 mg/l
Cyanure (CN)	0.07 mg/l	0.05 mg/l
Fluor (F)	1.5 mg/l	1.5 mg/l
Sulfate (SO ₄)	500 mg/l	250 mg/l
Nitrate (NO ₃)	(Voir azote)	50 mg/l
Nitrite (NO ₂)	(voir azote)	0.50 mg/l

5. TABLEAU DES RESULTATS D'ANALYSES

lieu	t(C°)	ph	cond(s)	salinité	tds	turbidité	NH4+	RS	NO-2	NO-3	po4-	fe+2	TH	CA	MG	TAC	CL-	SO4-4	NA+	K+	P
						NTU	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)									
METLILI Lebba	19.8	7.38	1306	0.5	772	0.35	0.001	1200	0.000	1.9	0.000	0.000	452	112.22	41.79	207.4	241.08	490.99	280.7	13.75	0
chaibet ahmed	19.8	7.42	1425	0.6	843	0.34	0.002	1200	0.000	0.9	0.000	0.057	492	117.03	48.6	187.88	273.69	530.99	300	8.75	0
souani	19.8	7.46	1373	0.6	824	0.36	0.002	1600	0.000	1.09	0.000	0.052	504	115.43	52.48	185.44	277.95	550.32	290.61	8.75	0
chaabt laarig	19.7	7.72	1715	0.7	897	0.44	0.002	1800	0.000	2.04	0.000	0.048	544	128.25	54.5	185.44	279.36	499.32	205	8.75	0
meguisssem	19.8	7.58	2060	1.1	1216	0.32	0.002	2000	0.000	0.9	0.000	0.031	704	173.14	66.09	165.04	462.3	509.9	256.25	8.75	0
hadika	14.5	7.81	1370	0.6	811	0.56	0.000	1200	0.004	9.76	0.000	0	572	157.11	43.74	163.48	351.79	504.31	235	11.25	0
souani	14.5	7.75	1562	0.7	923	0.62	0.000	1200	0.001	9.30	0.000	0	56	147.49	46.65	163.48	340.34	411.55	240	11.25	0
guemgouma	14.5	7.56	1610	0.9	853	1.3	0.00	1200	0.001	2.3	0.000	0	624	160.32	62.4	163.48	409.83	599.6	630	10	0
ladjadja	15.3	7.62	1994	0.9	1117	0.59	0.000	1200	0.005	1.05	0.000	0	716	189.17	71.6	163.48	482.16	517.32	280.5	12.5	0
F.SEBSEBhay elbordj	16.2	7.43	1529	0.7	904	1.5	0.000	1200	0	1	0.02	0.000	480	139.47	32.07	11.8	236.3	445.3	168.18	6.25	0
ajroub	17.5	7.48	1465	0.7	866	0.38	0.000	1200	0	1.3	0.000	0.000	460	107.41	46.65	11.4	213.5	439.26	163.63	10	0
sebseb elford	17.4	7.56	1545	0.7	914	0.33	0.000	1200	0	0.15	0.003	0.000	504	128.25	44.71	10.8	276.53	454.35	180	8.75	0
timakrat	17.4	7.67	1655	0.7	872	0.8	0.000	1000	0.004	12.9	0.004	0.034	488	121.84	44.71	134.2	304.89	658.48	181.81	10	0.012
metlili dakhla	18.2	7.49	1584	0.6	836	0.43	0.000	1400	0.008	14.32	0.04	0.012	476	110.62	48.6	131.76	276.53	452.705	195.45	10	0.036
metlili souareg	18.8	7.43	1745	0.7	922	0.11	0.000	1100	0.011	17.67	0.096	0.001	568	136.27	55.4	151.28	279.36	658.48	154.54	15.83	0.003
metlili haDaba	18.9	7.6	1326	0.5	701	0.3	0.000	1600	0.031	12.79	0.069	0.000	388	80.06	45.68	146.4	212.79	288.08	128.57	12.5	0.000
metlili Z. ind	19.8	7.8	1671	0.8	992	1.89	0.000	1100	0.000	_	0.03	0.027	736	150.7	87.48	209.83	255	535.015	158.461	15	0.010
cheikh ameur	14.6	7.67	1128	0.5	752	0.45	0.000	1400	0.000	_	0.000	0.000	464	96.192	54.43	248.88	258.10	205.775	168.181	7.5	0.007

6. TABLEAU DES DIFFERENTS SYSTEME DE TRAITEMENT PROPOSE POUR UNE STATION DE TRAITEMENT DES EAUX DE FORAGE DE LA REGION DE METLILI

PROCEDE		COULEUR	GOUT ET ODEUR	PH	TURBIDITE	TDS	Mg et fer	TH	SULFATE	CHLORURE	PARAMETRE DE POLLUTION
ELEMENTS											
PRETRAITEMENT	DEGRILLAGE ET TAMISAGE										
	PEROXYDATION			X							
CLARIFICATION	COAGULATION ET FLOCCULATION		X			X	X				
	DECANTATION		X								
	FILTRATION	A SEDIMENT				X	X				
		MICRO FILTRATION									
PRÉCIPITATION CHIMIQUE	ADOUCCISSEMENT				X	X		X			
	OXYDATION CHIMIQUE		X	X							
PROCEDE PAR MEMBRANE	NANOFILTRATION		X			X		X	X		X
	OSMOSE INVERSE		X			X	X		X	X	X

**REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [6] Achour, OuaiSSI et Sekouti, 2003, Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la vallee Metlili (Ghardaïa). Rapport, ANRH.
- [1] Documentation DPAT, 2010. Direction de planification et l'aménagement de territoire.
- [2] documentation Djouin et Ouledmire, 2000.
- [11] Documentation station de traitement d'Ouargla.
- [13] Documentation ADE les analyse physique chimique.
- [15] Documentation ANRH.
- [4] Helal et Ourihane, 2003. étude hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal de la région de Touggourt .aspect hydro chimique et problèmes technique posés. Mémoire .d'ing. Uni haouri boumadiene Alger pp7.8.
- [10] Guide de conception des installations de production d'eau potable
- [7] Mémoire Achour, 2014, Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa rapport, ANRH.
- [8] Mémoire Dr Mehdi Metaïche maître de conférences forage techniques et procédés.
- [9] Mémoire Medfouni Samir Adoucissement des eaux géothermales de l'oued R'hir. Etude comparative de deux types de chaux (CAO et ca (OH)₂) 2007.
- [14] Mémoire Ladjel et Todeft, 2002.
- [3] Mayer m, 1954. Les terrains perméables .Ed DUNOD PARIS.
- [5] Mémoire Ouledmire, 2000.
- [12] Rodier et al, (1996), L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. eaux de mer.8eme .ed .Du Rod. Paris pp 748 45.

ملخص

الغرض من هذا العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الحفر بمتليلي لاستخدامها في توفير مياه الشرب، من أجل ذلك قسمنا العمل إلى ثلاثة أقسام، في القسم الأول نعطي تعريف لخصوصية المنطقة المدروسة، في القسم الثاني قمنا بدراسة تقنية حول الآبار الجوفية، طرق معالجة المياه الصالحة للشرب و كيفية القيام بالتحاليل اللازمة. أما القسم الأخير، فقمنا بدراسة مخبرية حول المياه الجوفية للآبار المستعملة للشرب بمتليلي، استنتجنا من خلالها أن المياه الجوفية تصلح للشرب غير أنها تحتوي على كمية كبيرة من درجة الصلابة. من أجل ذلك اقترحنا القيام بتحلية المياه الجوفية قبل توزيعها للشرب. الكلمات المفتاحية : التحاليل الفيزيو كيميائية , متليلي, الصلابة, معالجة المياه.

Résumé

L'objet de ce travail, est de déterminer les caractéristiques physique-chimique des eaux du forage, de Metlili, en vue de leur utilisation dans l'alimentation en eau potable. Ainsi, notre travail est subdivisé en trois partie, dans la première partie, on discute la partie théorique de réalisation des forages, les méthodes de traitement des eaux potables, et sur les différentes techniques d'analyse des paramètres physico-chimiques. A la dernière partie, nous avons procédé à des expérimentations pour retirer la qualité des eaux, qui sont dure, et dont il faut les adoucir avant distribution à la population.

Mots clés : analyse physico-chimique, Metlili, Dureté, traitement des eaux.

Abstract

The purpose of this work is to determine the physical-chemical characteristics of water drilling, Metlili, for use in the drinking water supply. Thus, our work is divided into three parts, the first part, we discuss the theoretical part of borehole drilling, methods of treatment of drinking water, and the different techniques for analyzing physical and chemical parameters. At the last part, we conducted experiments to remove the water quality, which are hard, and that must soften before distribution to the population.

Key words: physico-chemical analysis, Metlili, hardness, water treatment.