

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 TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

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

LICENCE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

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

THEME:

***EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE
DES EAUX SOUTERRAINES SUPERFICIELLES ET
PROFONDES DE LA VILLE DE METLILI***

PAR :

M^{elle}: BENABDERRAHMANE Hadjer

Jury:

M. BENADDA Lotfi

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Encadreur

M. HADJ SEYD Abdelkader

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2012/2013

Dédicace

Je dédie ce travail à :

* *En premier lieu, à mes parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

* *A mes frères et sœurs.*

* *A toutes les familles BENABDERRAHMANE & BENAMAR sans exception.*

* *A toutes mes amies, particulièrement : (Wafaa, Intessar, Asma Hadjer, Latifa, et Dalila).*

* *A tous mes collègues de spécialité Hydraulique.*

« BENABDERRAHMANE Hadjer »



Remerciements

Au nom d'Allah le Clément et le Miséricordieux Je remercie DIEU tout puissant, de m'avoir donné la santé, la volonté, la patience et les moyens afin que je puisse accomplir ce modeste travail :

« Merci Dieu ».

Je tiens à remercier sincèrement mon promoteur

Mr. BENADDA Lotfi de m'avoir dirigé, il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Je remercie Mr. OULED BELKHIR Cheikh pour ses conseils, et sa gentillesse.

Je remercie vivement Mr. ACHOUR pour son aide et ses précieux conseils.

Mes vifs remerciements vont à l'égard du personnel de l'A.D.E. ainsi qu'à tous les techniciens de labo qui m'ont facilité le travail.

Je tiens à remercier tous les enseignants du département Sciences et technologies.

Je remercie très chaleureusement toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

✍ Hadjer

Table des matières

Introduction.....	01
PROBLEMATIQUE.....	03
Chapitre I : Etude bibliographique	
1.1. SOURCE EN EAU.....	5
1.1.1.EAUX DE SURFACE.....	5
1.1.2. EAUX SOUTERRAINES.....	5
1.2. RESERVES EN EAU DANS LE MONDE.....	6
1.3. RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE.....	6
1.4. RESSOURCES EN EAU DANS LE SAHARA ALGERIEN.....	8
1.4.1.EAUX SUPERFICIELLES.....	8
1.4.2.EAUX SOUTERRAINES.....	8
1.5. RESSOURCES EN EAU DE WILAYA DE GHARDAÏA.....	10
1.5.1.NAPPE PHREATIQUES.....	10
1.5.2.NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE.....	10
1.6.RESSOURCES EN EAUX DE LA COMMUNE DE METLILI.....	11
1.6.1.EAUX DE SURFACE.....	11
1.6.2.EAUX SOUTERRAINES.....	11
1.7.REMEDIATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	11
1.7.1.TRAITEMENTS IN SITU.....	11
1.7.1.1.PROCEDES CHIMIQUES.....	11
1.7.1.2.PROCEDES PHYSIQUES.....	17
1.7.1.3.PROCEDES BIOLOGIQUES.....	19
1.7.1.4.LE BIOSPARGING.....	19
1.7.1.5.LES BIO BARRIERES ET ECRANS BIOLOGIQUES.....	20

1.7.2.TRAITEMENTS EX SITU.....	21
1.7.2.1. PROCEDES BIOLOGIQUES.....	21

Chapitre II : Etude du milieu physique

2.1.PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE.....	24
2.2.ASPECT CLIMATIQUES DE LA REGION	26
2.2.1.TEMPERATURE.....	26
2.2.2.PRECIPITATION.....	27
2.2.3.L'HUMIDITE.....	27
2.2.4.LES VENTS.....	28
2.2.5.SYNTHESE CLIMATIQUE.....	28
2.2.5.1.DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN	28
2.2.5.2.CLIMAGRAMME D'EMBERGER.....	29
2.3.ASPECT GEOLOGIQUE ET RELIEF.....	30
2.3.1.IDENTIFICATION HYDRAULIQUE.....	30
2.3.1.1.LES EAUX SUPERFICIELLES	30
2.3.1.2.LES EAUX SOUTERRAINES.....	31
A.LA NAPPE PHREATIQUE	31
B.LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE (CI).....	32

Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1.CHOIX DE LA REGION D'ETUDE	37
3.1.1.ZONE D'ECHANTILLONNAGE.....	37
3.1.2.EXECUTION DES PRELEVEMENTS.....	38
3.1.3.STOCKAGE DES ECHANTILLONS.....	38
3.2.ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.....	38
3.2.1.MESURE DU pH	38
3.2.2.NITRITE.....	39

3.2.3.NITRATE.....	39
3.2.4.AMMONIAQUE.....	40
3.2.5.PHOSPHATE.....	40
3.2.6.DOSAGE DES SULFATES.....	40
3.2.7.DOSAGE DES CHLORURES.....	41
3.2.8.TURBIDITE.....	41
3.2.9.DOSAGE DE TH (DURETE TOTALE).....	42
3.2.10.TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC).....	42
3.2.11.DOSAGE DE CALCIUM.....	42
3.2.12.DOSAGE DU MAGNESIUM.....	43
3.2.13.DOSAGE DE SODIUM.....	43
3.2.14.DOSAGE DE POTASSIUM.....	44
3.2.15.DOSAGE DE FER.....	45
3.2.16.MESURE DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	45
3.3.SYNTHESES SUR LES MATERIAUX ET LES METHODES UTILISES.....	46

Chapitre VI : Résultats et discussion

4.1.INTRODUCTION.....	50
4.2.RESULTATS ET DISCUSSION DES ANALYSESEFFECTUES	50
4.2.1.POTENTIEL HYDROGENE (pH).....	50
4.2.2.NITRITE.....	52
4.2.3.NITRATE.....	53
4.2.4.AMMONIUM.....	55
4.2.5.PHOSPHATE.....	56
4.2.6.SULFATE.....	58
4.2.7.CHLORURE.....	59
4.2.8.TURBIDITE.....	61

4.2.9.DURETE.....	62
4.2.10.TAC.....	63
4.2.11.CALCIUM.....	64
4.2.12.MAGNESIUM.....	65
4.2.13.SODIUM.....	66
4.2.14.POTASSIUM.....	68
4.2.15.FER.....	69
4.2.16.CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	70
4.3.CLASSIFICATION CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINE	71
4.3.1.CLASSIFICATION DES EAUX SELON PIPER.....	71
Conclusion	75
Références bibliographiques	78
Annexes	80

Liste des tableaux

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Tableau 01	Types d'eau	5
Tableau02	Potentiels d'oxydation des principaux oxydants utilisés en oxydation in situ	14

Tableau03	Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire (Albien)	31
------------------	---	----

Liste des figures

<i>N° Figure</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
Figure 01	Aquifères du Sahara Algérien	9
Figure 02	Principe de la réduction	13
Figure03	Principe des barrières réactives	15
Figure 04	Schéma d'un dispositif de traitement par oxydation in situ	17
Figure 05	Principe du rabattement-écrémage	18
Figure 06	Principe du pump and treat	22
Figure 07	Image satellitaire de la commune de Metlili	24
Figure 08	Localisation géographiques de la commun	25
Figure 09	Moyenne mensuelle de la température (2001 -2012)	26
Figure 10	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles	27
Figure 11	Évolution des moyennes mensuelles de l'humidité relative (Période : 2002 – 2012).	28
Figure 12	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa 2002-2012	29
Figure 13	Diagramme d'EMBERGER de la région de Ghardaïa .	30
Figure 14	Niveau statique de la nappe phréatique de Metlili	32
Figure 15	Ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal).	33
Figure 16	Coupe hydrogéologie transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI	34
Figure 17	Profondeur des forages et le toit de l'aquifère Albien	35
Figure 18	Variation de pH par rapport à la norme OMS	51

Figure 19	Variation de Nitrite (NO^{2-}) par rapport à la norme OMS	52
Figure20	Variation de Nitrate (NO^{3-}) par rapport à la norme OMS	54
Figure 21	Variation d'Ammonium (NH^+) par rapport à la norme OMS	55
Figure 22	Variation de Phosphate (PO^{-4}) par rapport à la norme OMS	57
Figure 23	Variation de Sulfate par rapport à la norme OMS	58
Figure 24	Variation de Chlorure par rapport à la norme OMS	60
Figure 25	Variation de Turbidité par rapport à la norme OMS	61
Figure 26	Variation de dureté par rapport à la norme OMS	62
Figure 27	Variation de TAC par rapport à la norme OMS	63
Figure 28	Variation de Calcium par rapport à la norme OMS	64
Figure 29	Variation de Magnésium par rapport à la norme OMS	65
Figure 30	Variation de Sodium par rapport à la norme OMS	67
Figure 31	Variation de Potassium par rapport à la norme OMS	68
Figure 32	Variation de Fer par rapport à la norme OMS	69
Figure 33	Variation de CE par rapport à la norme OMS	70
Figure 34	Représentation du diagramme de Piper	72
Figure 35	Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER	73

Liste des cartes

N°	Titre	Page
Carte 01	Localisation des points de prélèvement.	37
Carte 02	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de pH	51
Carte 03	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Nitrite	53
Carte 04	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Nitrate	54
Carte 05	Carte hydro-chimique de la variation spatiale d'Ammonium	56
Carte 06	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Phosphate	57
Carte 07	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Sulfate	59
Carte 08	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Chlorure	60
Carte 09	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Turbidité	61
Carte 10	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de dureté	62
Carte 11	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TAC	63
Carte 12	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Calcium	64
Carte 13	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Magnésium	66
Carte 14	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Sodium	67
Carte 15	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Potassium	68
Carte 16	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Fer	69
Carte 17	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de CE	71

Liste des abréviations

ADE	: Algérienne des eaux
AEP	: Approvisionnement en eau potable
ANRH	: Agence National Ressources hydraulique
CE	: Conductivité électrique
°C	: Degré Celsius
CI	: Continental Intercalaire.
CT	: Complexe Terminal.
DPAT	: Direction de planification et d'aménagement des territoires
EDTA	: Ethylène Diamine Tétra Acétique
F	: Forage
°F	: Degré Français
HSN	: Acide Calcons Carboxylique
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONM	: Office National Météorologique
P	: Puits
pH	: Potentiel Hydrogène
TH	: Titre Hydrométrie
UV	: Ultra-Violet
Méq	: Milliéquivalent
TAC	: Titre alcalimétrique complet
TH	: Titre hydrométrique
UNT	: Unité néphélométrique
µS/cm	: Micro Siemens par centimètre

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenue progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, et plus particulièrement au Sahara, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de l'aridité du climat et l'exploitation relativement facile de cette ressource souterraine.

L'eau d'une nappe souterraine à une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place d'un système de captage et des équipements hydrauliques de distribution souvent importants.

Le captage des nappes aquifères se fait par des puits simple ou avec galeries drainantes, à l'exutoire de sources, ou encore par réalisation de profonds forages dans le sous-sol. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterrain. Une nappe peut être libre ou captive ; elle est donc respectivement soit à l'air libre ou, dans le second cas, maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

La qualité physico-chimique des eaux souterraines dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent l'eau, ainsi de la concentration en certains éléments chimiques (**KHADRAOUI et TALEB, 2008**).

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolue, ni d'une manière inconditionnelle l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson, qui comprennent un exposé général de valeurs guide bactériologiques et physico-chimiques.

L'alimentation en eau potable de Sahara septentrional est accessible à partir d'important aquifère ; la nappe Complexe Terminal (CT) et celle de la nappe de Continental Intercalaire (CI) ; C'est cette dernière eau qu'est distribuée à la population de la Wilaya de Ghardaïa.

Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux potable des forages (nappe albiennne) et des puits (nappe phréatique) à travers la ville de METLILI wilaya de Ghardaïa.

Pour cela, nous l'avons structuré sous quatre chapitres, en l'occurrence:

- ❖ Chapitre 1: Etude bibliographique.
- ❖ Chapitre 2: Etude du milieu physique.
- ❖ Chapitre 3: Matériels et méthodes.
- ❖ Chapitre 4 : Résultats et discussion.

Et nous terminons par une conclusion générale suivie de quelques recommandations.

PROBLEMATIQUE

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, qui sont destinés à la consommation de la population, du cheptel et à l'irrigation des périmètres agricoles.

Ces points d'eau ont des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques divers et différents des unes aux autres.

D'autre part le risque de pollution existe à chaque étape du parcours de l'eau soit de la source jusqu'au consommateur par de polluant de surface modifié d'avantage les caractéristiques précédant.

Ces eaux sont de qualité peu connu, pour cela notre rôle est de spécifier la qualité physico-chimique par rapport aux normes ; afin de donner l'indice de potabilité pour les servitudes de ces points d'eau souterraines dans les domaines suscités.

Pour cela nous avons mis en place un protocole expérimental pour donnés:

- Une appréciation des eaux souterraines en générale.
- Probable infection par des polluantes de surface.
- Comparaison entre les caractéristiques des eaux de la nappe phréatique (celle des puits) et la nappe profond (celle des forages).

L'objectif de cette problématique est d'atteindre une synthèse sur la qualité des eaux souterraines destiné à divers consommations.

CHAPITRE 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. SOURCE EN EAU

1.1.1. EAUX DE SURFACE

Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs (**AROUA, 1977**).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en pollution toxiques (**BOUZIANI, 2000**).

1.1.2. EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement.

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales : ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau (**DEGREMOT, 1989**).

1.2. RESERVES EN EAU DANS LE MONDE

On estime qu'il y a sur la planète environ 1.4 milliards de Km^3 d'eau (REMINI ,2005).

Cependant, la majeure partie (97%) de cette eau se présente sous forme d'eau salée dans les mers et les océans, elle est difficilement valorisable pour les activités humaines. Des 3% restants (36millions de Km^3), plus de 3 /4 constituent les glaciers très peu accessibles. Le 1 /4 restant comprend essentiellement des eaux souterraines (inférieurs à 1% de l'eau totale du globe) et une faible partie sous forme d'eaux de surface contenues dans les lacs et les rivières (soit 0 .01 % de l'eau de la planète) (REMINI ,2005).

Tableau 01 : Types d'eau (REMINI ,2005)

Types d'eau	Volume (millions de Km^3)
Glaciers	27.5
Eaux souterraines	8.2
Humidité des sols	0.007
Lacs d'eau douce	0.1
Rivières	0.017
Mers intérieures	0.105
Atmosphère	0.013
Biosphère	0.0013

1.3. RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE

L'Algérie avec sa superficie de 2, 381,741 K m^2 est divisée en 48 Wilaya, dont près de 80 % du territoire représente une zone désertique (KETTAB, 2000).

Le ministère des ressources en eau coordonne l'ensemble des activités liées à l'eau au niveau national, chaque Wilaya à une direction de l'hydraulique. Il existe aussi des sociétés nationales telles ANB (Agence Nationale des Barrage), AGEP (Agence Générale de l'Eau Potable), des entreprises de Wilaya et depuis 1996, existe un nouveau découpage par bassin hydrographique.

Ainsi cinq régions de bassins hydrographiques et cinq comités de bassins ont été définis (1-Oranie-Chott Chergui ; 2- Cheliff Zahrez ; 3 –Algerois – Hodna – Soummam ; 4 – Constantinois –Seybousse –Mellegue ; 5 –Sahara) afin d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. Des agences de bassin sont donc créés avec mise en place progressive de dispositifs et d'outil réglementaires pour la gestion quantitative et qualitative de l'eau .Le statut de ces agences de bassins hydrographiques est : établissement publié à caractère industriel et commercial (EPIC) (**KETTAB, 2000**).

La concentration est assurée par un comité de bassin composé à parts égales, de représentants de l'administration, des élus locaux, et des usagers. Il peut discuter de toutes les questions d'eau au sein du bassin hydrographique (**KETTAB, 2000**).

Il est à noter qu'un fond national de gestion intégrée des ressources en eau a été créé et ses recettes proviennent entre autres des taxes prélevées à savoir la taxe d'économie d'eau et la taxe de qualité d'eau (8% pour le nord et 4% pour le sud pour les usagers raccordés à un réseau d'eau potable).Cette organisation répond à des normes internationales afin de promouvoir la gestion des ressources en eau ,la collecte de l'information ,et l'information des usagers (**KETTAB ,2000**).

1.4. RESSOURCES EN EAU DANS LE SAHARA ALGERIEN

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le Tassili .Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie aliment directement les nappes phréatiques et parfois par l'intermédiaire de barrages de l'inféro-flux (Laghouat et Tamanrasset) (**KHADRAOUI et TALEB, 2008**).

1.4.1. EAUX SUPERFICIELLES

Les eaux superficielles sont localisées dans les piedmonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili. Les crues sont généralement rares et proviennent du grands Atlas marocain (Oued Guir) et du versant des Aurès (Nememchas). Les barrages sont d'une importance stratégique pour la région, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution régulière et planifiée de la ressource. Le Sahara se distingue par cinq principaux réservoirs : Biskra (F. Gherza – 47hm³, F Gazelles -55hms) Bechar (D. Torba -350 hm³ Brézina : 122hm³) et Khenchela (Bachar 41 hm³) (**KHADRAOUI et TALEB, 2008**).

1.4.2. EAUX SOUTERRAINES

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro –flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Bechar – Tindouf à l'Ouest.

Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire.

Il est à remarquer que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatiques) et ce, contrairement aux eaux fossiles au faiblement renouvelables du bas Sahara. Le Continentale Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grés, de sable, de grés argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes (KHADRAOUI et TALEB 2008).

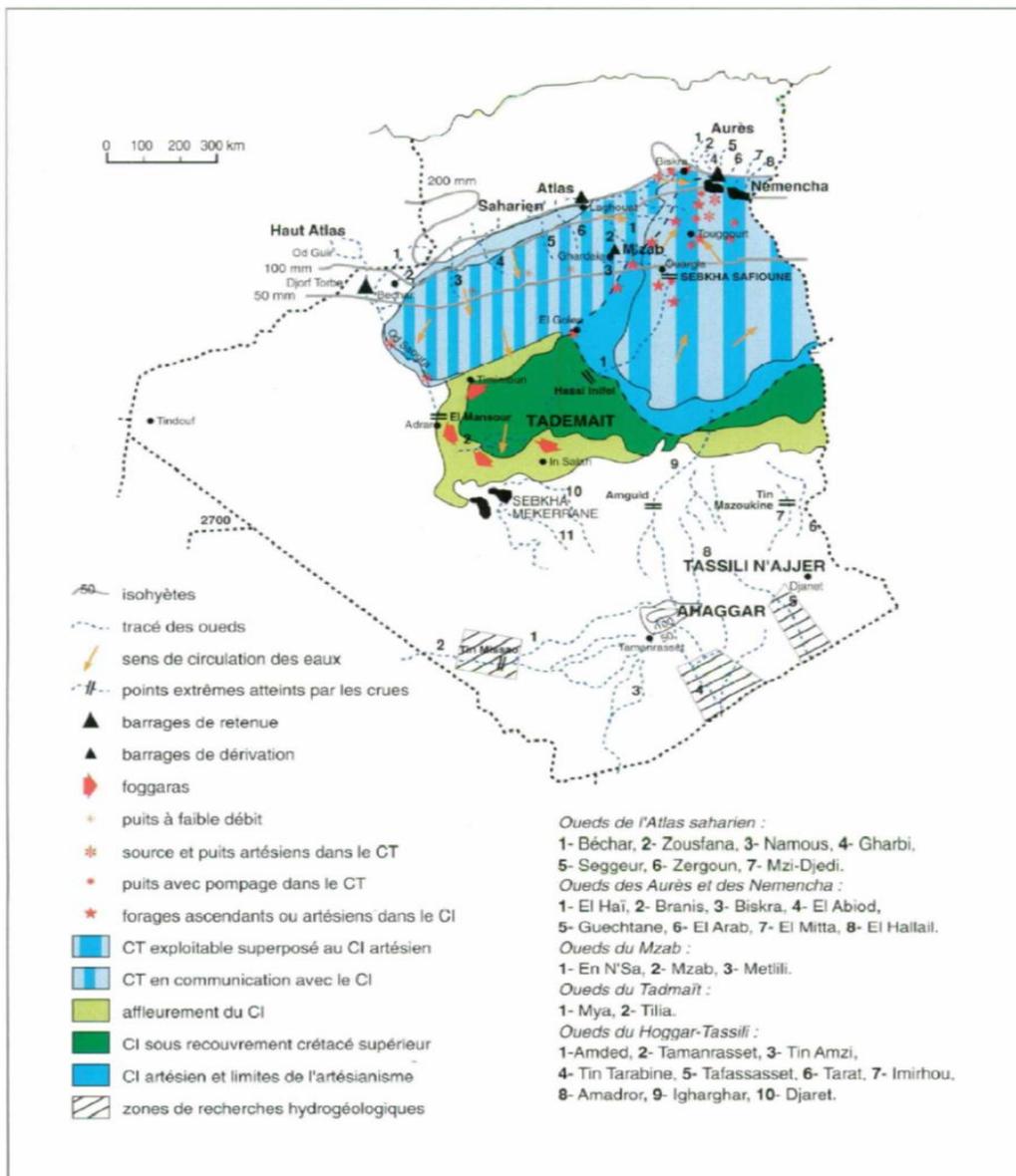


Figure 1 : Aquifères du Sahara Algérien (Mellak, 2009).

1.5. RESSOURCES EN EAU DE WILAYA DE GHARDAÏA

Les ressources en eaux de la Wilaya sont essentiellement souterraines. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant ainsi la région de Ghardaïa. Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat- Ghardaïa. Et les ressources en eaux souterraines ont pour l'origine deux nappes principales.

1.5.1. NAPPE PHREATIQUES

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappe phréatique. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement au pluviomètre. La qualité chimique des eaux est comme suite :

A l'amont, elle est bonne à la consommation ;

A l'aval ; elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (ANRH, 2007).

1.5.2. NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

La nappe du Continental Intercalaire drain, d'une façon générale, les formations gréseuses et grésos-argileuse du Barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Oued en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'atlas saharien en faveur de l'accident Sud atlasique. La nappe du CI, selon l'altitude de la zone de la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est ;

Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara, certaines régions de Menia).

Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (ANRH, 2007)

1.6. RESSOURCES EN EAUX DE LA COMMUNE DE METLILI

1.6.1. EAUX DE SURFACE

Les inondations créées par les crées des Oueds alimentent les nappes inféro-flux et irriguent les palmeraies par des digues.

1.6.2. EAUX SOUTERRAINES

Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales :

- ❖ Nappe du complexe terminal (C.T).
- ❖ Nappe du continental intercalaire (C.I).

1.7. REMEDIATION DES EAUX SOUTERRAINES

Le traitement des eaux souterraines peut être réalisé suivant deux méthodes, selon que le traitement se fasse directement dans le sol (les traitements in situ), ou que l'eau soit pompée pour être traitée sur site ou hors site (les traitements ex situ).

1.7.1. TRAITEMENTS IN SITU

1.7.1.1. PROCÉDES CHIMIQUES

A. BARRIERES REACTIVES

Ce procédé, développé il y a une quinzaine d'années aux États-Unis, est actuellement commercialisé, et consiste à implanter une barrière perméable depuis la surface du sol jusqu'à la base de l'aquifère pour intercepter un panache de pollution. La barrière est remplie d'un réactif permettant la dégradation des polluants dissous dans l'eau. Le principe actif doit toujours avoir une perméabilité très supérieure à celle du sol. La longueur de la barrière doit être suffisante pour permettre le traitement de tout le panache de pollution. Le volume de réactif et la vitesse d'écoulement de la nappe fixent le temps de séjour de l'eau dans la barrière. Ce temps de séjour est un paramètre important pour le procédé de traitement, quel qu'il soit.

Ce panache, qui passe à travers le principe actif de traitement est ainsi dépollué.

Les dimensions de la barrière sont ajustées de façon à intercepter la totalité du panache de pollution (longueur de la barrière) et à assurer un temps de contact suffisant entre l'eau à traiter et le principe actif de traitement (largeur de la barrière). Le gros avantage de ce procédé est qu'il s'agit d'un traitement qui ne nécessite pas de pompage. De plus, il peut être installé pour de nombreuses années avec une maintenance réduite.

Les barrières réactives permettent le traitement de nombreux polluants organiques et de certains métaux (**ROUDIER,2004**). Toutefois, dans la majorité des cas, les polluants traités sont des solvants chlorés. En effet, ces polluants, plus denses que l'eau et peu solubles, s'accumulent sur des lentilles de terrain imperméables difficiles à localiser, puis se dissolvent très lentement en formant un panache de pollution. Ils sont difficiles à traiter par les techniques classiques de pompage. En revanche, les barrières réactives permettent l'interception de la totalité du panache de pollution. Dans le cas des solvants chlorés, le principe actif de traitement consiste en une réduction, qu'elle soit catalysée ou non.

Les techniques de réduction sont des procédés chimiques permettant la destruction de certains polluants dissous dans les eaux de nappe. Ces techniques sont appliquées aux solvants chlorés (éthylène chlorés, éthanes chlorés, méthanes chlorés, et le TCE (trichloréthylène), le PCE (perchloréthylène), le chloroforme, le tétrachlorure de carbone...) et basées sur l'utilisation de fer, seul ou en présence de catalyseurs (figure2). Les procédés de réduction, classique et catalysée, sont utilisés comme système de traitement dans les barrières réactives. Le procédé de réduction classique est particulièrement adapté aux barrières perméables classiques (volume de réactif mis en jeu plus important et débit d'eau plus faible) tandis que le procédé de réduction catalysée est utilisé avec les barrières «système porte » (volume de réactif réduit et débit d'eau plus élevé).

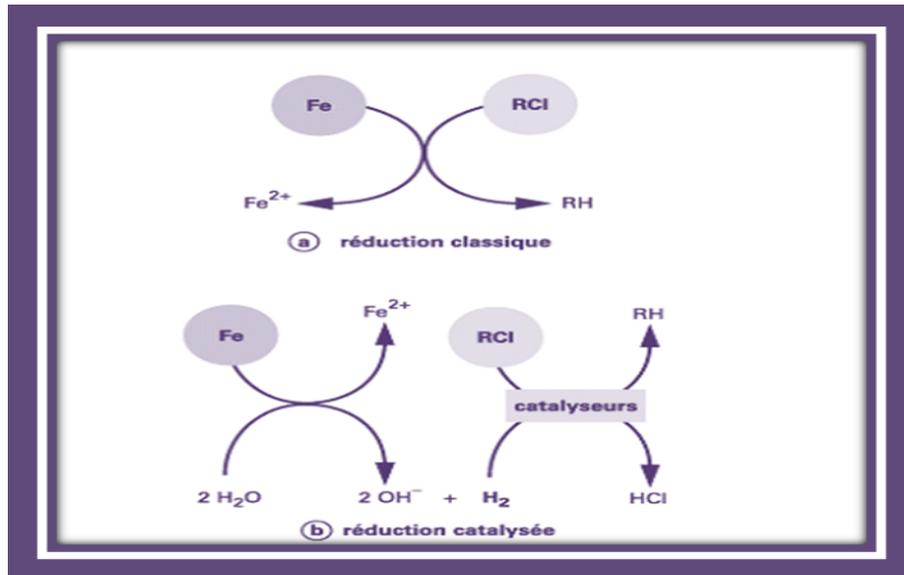
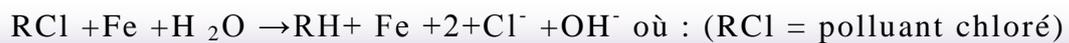


Figure2 : Principe de la réduction (ROUDIER ,2004).

La réaction d'oxydoréduction classique :



La réaction d'oxydoréduction est très lente, et trouve une application soit pour le traitement d'un débit d'eau très faible, soit avec des volumes de fer très importants (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de m³)(ROUDIER, 2004).

La réduction catalysée consiste à utiliser le fer zéro valent pour sa propriété à produire de l'hydrogène au contact de l'eau (1) et à hydrogéner les solvants chlorés grâce à des catalyseurs d'hydrogénation (2) :

(1)



(2)



La réduction catalysée présente le gros avantage d'être beaucoup plus rapide que la réduction classique. Toutefois, le coût en réactif de traitement est nettement plus élevé du fait de l'utilisation de catalyseurs.

On trouve deux types de barrières réactives: les barrières perméables classiques et les barrières « système porte » (figure3).

❖ LES BARRIERES PERMEABLES CLASSIQUES

Ce type de barrière peut être installé à faible profondeur par des techniques de terrassement classiques (trancheuse, pelle mécanique). La largeur de la barrière varie généralement de 20 cm à 1 m. Ce type de barrière est inapplicable à grande profondeur, il nécessite de très gros volumes de réactif, et l'intervention est très complexe sur le réactif (**ROUDIER, 2004**) .

❖ LES BARRIERES « SYSTEME PORTE »

Elles consistent à canaliser la nappe à traiter à l'aide de parois étanches et à la diriger vers une porte de traitement. La porte consiste en un puits inox (d'un diamètre de l'ordre de 1 m) (**ROUDIER, 2004**) implantée dans la paroi étanche. Le réactif est placé dans une cartouche inox amovible que l'on descend dans le puits et qui se connecte de façon étanche au fond de l'ouvrage. Cette cartouche amovible permet d'intervenir facilement sur le réactif. Toutefois, la quantité de réactif utilisée est limitée à quelques m³ maximum (**ROUDIER, 2004**) et on concentre au niveau de la porte le débit de toute une tranche d'aquifère. Les temps de contact eau / réactif sont donc beaucoup plus faibles que pour une barrière perméable classique et il faut utiliser des réactifs beaucoup plus performants.

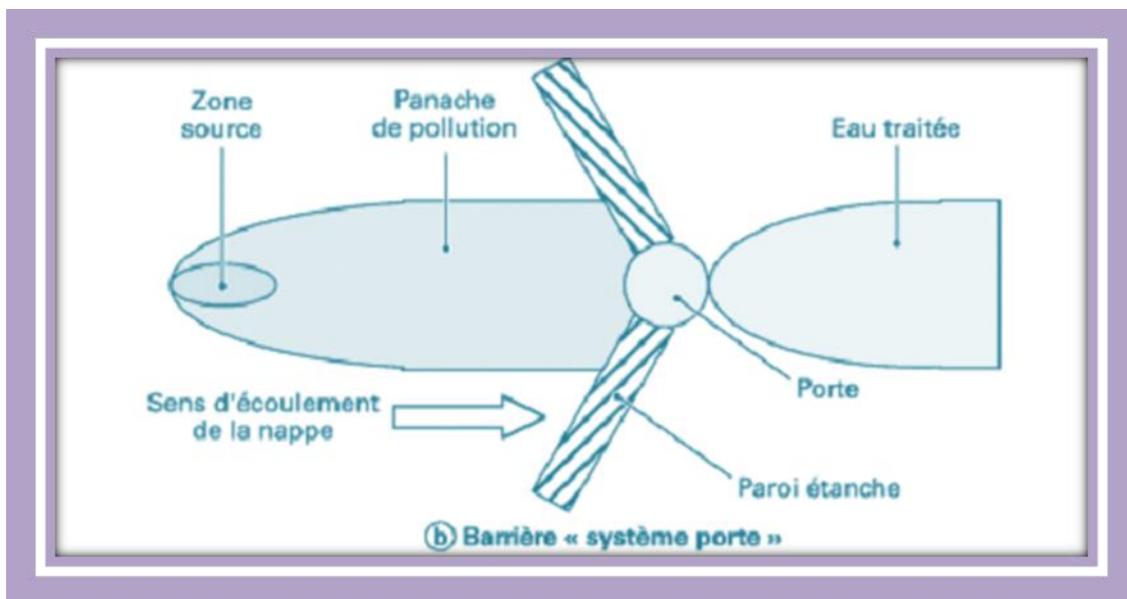
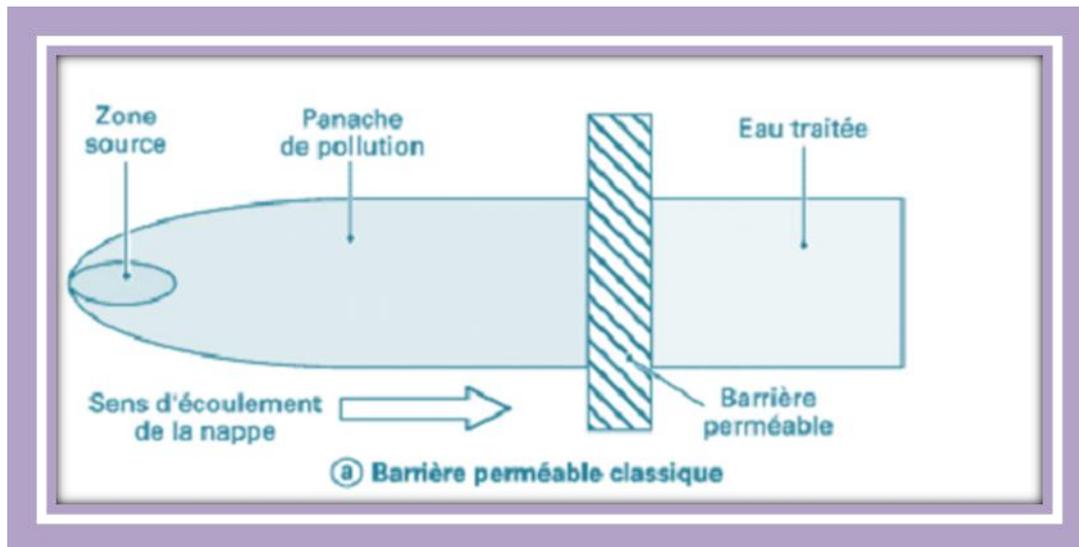


Figure 3 : Principe des barrières réactives.

B. OXYDATION IN SITU

L'oxydation in situ consiste en une injection dans la zone saturée du sol d'un oxydant qui va détruire les polluants présents dans le milieu. Cette oxydation peut aboutir à une destruction totale du polluant ou à une transformation en un composé moins toxique et/ou plus facilement biodégradable. Différents types d'oxydants, adaptés à la pollution à traiter, sont disponibles sur le marché. Cette technique est actuellement commercialisée.

Les deux grands types de pollution traités sont les zones sources et les panaches de pollution.

L'oxydation in situ présente le gros avantage d'être efficace sur un large spectre de polluants organiques : hydrocarbures, solvants chlorés, pesticides... **(ROUDIER, 2004)** De plus, c'est un procédé destructif. Toutefois, les oxydants utilisés sont parfois peu sélectifs et réagissent sur toutes les espèces oxydables qu'ils rencontrent (matière organique du sol, composés inorganiques oxydables...), ce qui impose l'utilisation d'une plus grande quantité d'oxydant.

Les principaux oxydants utilisés sont : le permanganate (MnO_4^-), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), le réactif de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2 / \text{Fe}^{2+}$) et l'ozone (O_3). Chacun de ces oxydants est caractérisé par un potentiel d'oxydation (Tableau2). Plus le potentiel d'oxydation d'un composé est élevé, plus il s'agit d'un oxydant puissant, capable d'agir sur un grand nombre de composés oxydables.

Tableau 2 : Potentiels d'oxydation des principaux oxydants utilisés en oxydation in situ :

Oxydant	Potentiel d'oxydation (V)
Réactif de fenton	2,8
Ozone (O_3)	2,07
Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)	1,78
Permanganate (MnO_4^-)	1,68

Des pompes d'injection et d'extraction (figure 4) sont nécessaires pour la mise en œuvre d'un tel procédé. De nombreux designs existent concernant les points d'injection et d'extraction, dépendant principalement des données du site (ROUDIER, 2004). On trouve des puits verticaux, horizontaux, des tranchées, des galeries d'infiltration, etc.

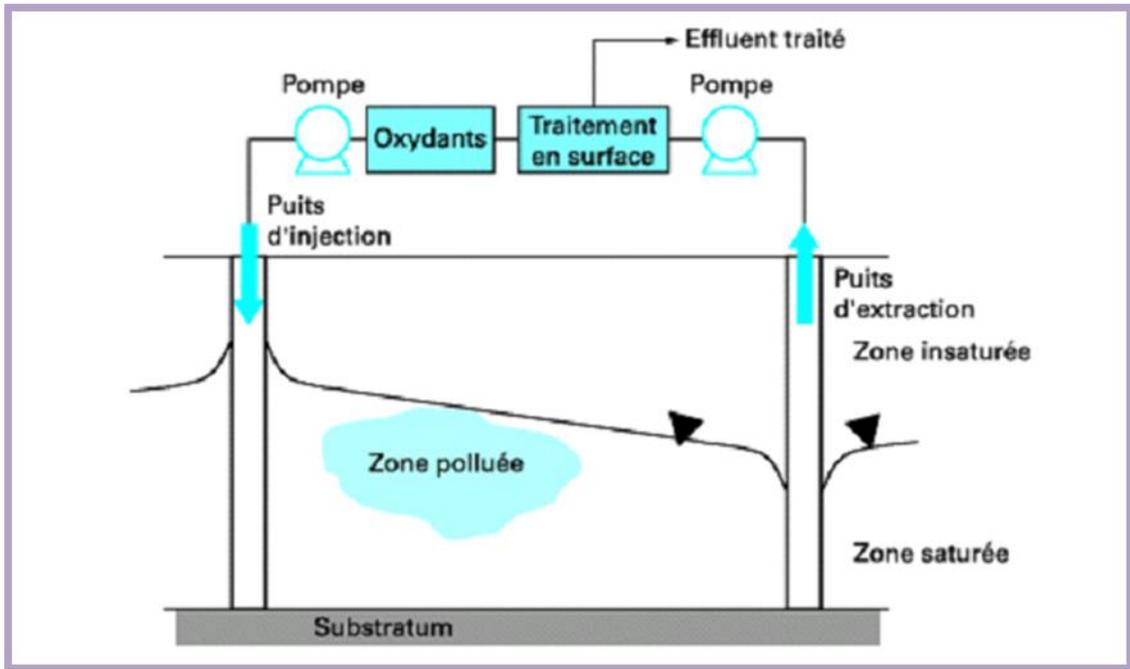


Figure 4 : Schéma d'un dispositif de traitement par oxydation in situ (ROUDIER, 2004).

1.7.1.2. PROCÉDES PHYSIQUES

Cette technique est utilisée pour l'extraction de composés organiques purs flottant sur la nappe phréatique. Ce procédé s'applique de façon optimale sur des phases libres en surface de la nappe, contenant peu de composés solubles et volatils (gasoil, fuels...). Une application peut être envisagée sur des hydrocarbures légers (essence, supercarburant...).

Le rabattement-écrémage est un procédé in situ permettant de récupérer les composés organiques, de densité inférieure à 1, présents sous forme pure au-dessus de la frange capillaire.

Le principe de base de ce procédé consiste à créer une dépression localement à la surface de la nappe (opération de rabattement) pour que les substances pures

s'écoulent, par gravité, le long du cône de dépression, vers le puits de rabattement (le cône de dépression étant défini par le rayon d'action du rabattement). Une fois dans le puits, le polluant est extrait (figure 5) par des moyens mécaniques (écrémage) vers des unités de stockage en surface.

Bien que cette technique concerne des molécules dites insolubles, la dissolution en phase aqueuse n'est cependant pas nulle (**ROUDIER, 2004**). Il se crée alors un équilibre entre la phase pure et la phase aqueuse engendrant un horizon de pollution dissoute. Cette pollution dissoute peut être extraite par la pompe de rabattement et traitée si la concentration l'exige.

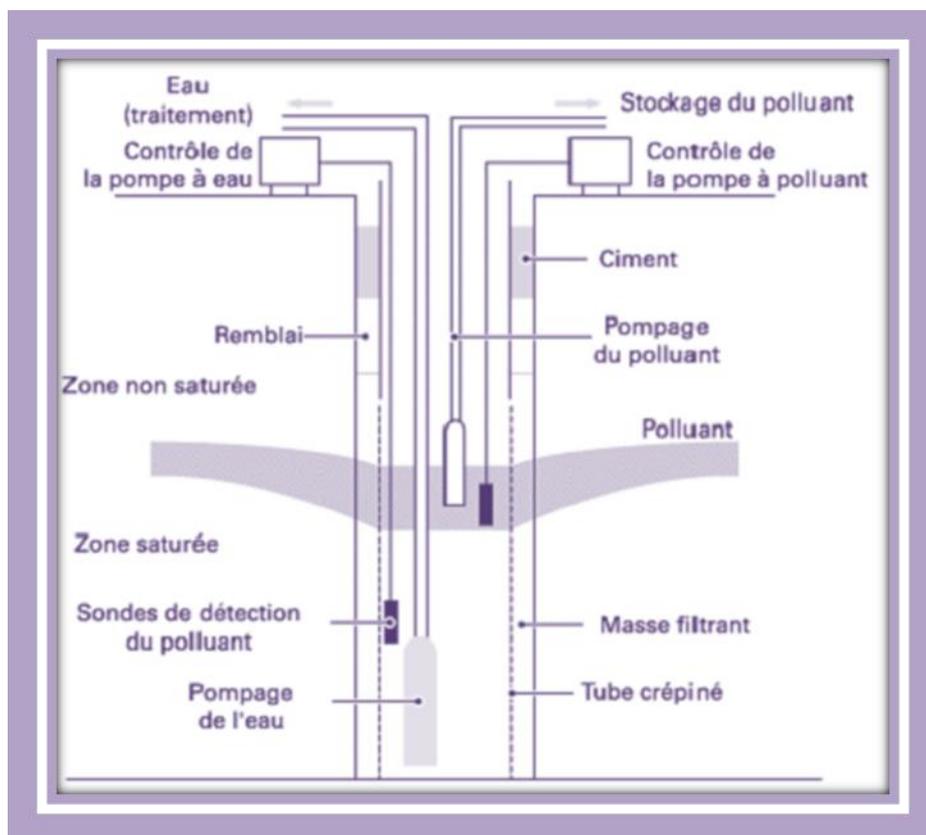


Figure5: Principe du rabattement-écrémage (**ROUDIER, 2004**).

1.7.1.3. PROCÉDES BIOLOGIQUES

Les traitements biologiques in situ du sous-sol consistent à réaliser une opération de bio décontamination en place, en prenant en compte à la fois le sol et l'eau souterraine.

Comme dans n'importe quelle technologie utilisée in situ, on s'affranchit ainsi de l'excavation du sol et du pompage de l'eau.

Le procédé dans un traitement biologique in situ consiste à introduire au sein de la zone contaminée les apports nécessaires en nutriments et en accepteur d'électrons; la voie classiquement suivie est l'injection d'eau dans le sous-sol, dans laquelle sont dissous le phosphore, l'azote et l'oxygène, la réaction aérobie étant la plus largement utilisée. Les proportions ont été calculées au préalable en fonction de la source de carbone présente et en fonction des débits et des temps d'injection qui sont souhaités.

Deux schémas d'utilisation peuvent être mis en place:

- ❖ La solution est injectée dans la nappe (au sommet de la nappe si le polluant est flottant), en amont de la zone à traiter; elle est alors emportée vers l'aval par l'écoulement de la nappe et traverse la zone contaminée qu'elle traite, c'est un système passif.
- ❖ la solution est injectée en amont comme dans le cas précédent mais en plus, à l'aval de la zone, l'eau est pompée et recyclée pour être **réintroduite dans le circuit, système actif.**

1.7.1.4. LE BIOSPARGING

Cette technique, lors de laquelle, l'air est injecté directement dans la nappe phréatique de traitement in situ allie deux principes de décontamination, la biodégradation et la ventilation.

Cet apport d'oxygène favorise le développement de la biomasse, comme pour une bio décontamination classique, en provoquant la consommation du carbone des composés organiques présents dans le sol et donc leur dégradation.

Dans le biosparging, l'air injecté mobilise, en les vaporisant, les contaminants dissous dans l'eau ou piégés par capillarité dans les pores.

Cette phase vaporisée est emportée vers le haut par la remontée des bulles d'air et sera biologiquement dégradé dans le sol non saturé.

Le flux d'air injecté dans le sous-sol va être récupéré par aspiration. Cependant, le débit d'injection /aspiration sera maintenu suffisamment faible pour laisser le temps à la flore microbienne du sol de dégrader les composés polluants volatilisés et entraînés par le courant d'air. Cette technique permet ainsi de supprimer (ou de réduire) la nécessité de traiter l'effluent gazeux extrait du sol avant son rejet dans l'atmosphère.

Ce type de procédé s'applique:

- ❖ À différents types de polluants organiques, biodégradables en condition aérobie,
- ❖ Volatiles ou non, dont principalement les hydrocarbures (essences,
- ❖ A des sols dont la perméabilité est supérieure à 0,1 darcy (JANKOVIC, 1974).
- ❖ Lorsque la microflore du milieu poreux pollué est majoritairement composée de micro-organismes adaptés à la dégradation des polluants du site.

1.7.1.5. LES BIO BARRIERES ET ECRANS BIOLOGIQUES

Cette technologie est assez récente et est développée pour traiter la nappe in situ. Elle consiste à mettre en place en aval de la pollution (et sur le passage de la nappe) une zone riche en micro-organismes adaptés au contaminant à traiter. Cette zone où il y a une grande activité bactérienne va constituer une véritable barrière biologique, faisant écran à la propagation de pollution. Au passage de la nappe, le contaminant dissous dans l'eau sera dégradé par la biomasse.

Plusieurs types de dispositifs sont possibles. Dans un premier cas, la barrière biologique est installée dans l'aquifère dont la perméabilité pourra être augmentée par fracturation pour créer des niches écologiques. L'augmentation de biomasse est favorisée par l'injection régulière d'une solution nutritive. La zone polluée pourra être isolée physiquement en amont de la barrière ou dirigée vers la barrière biologique.

Un second type de dispositif consiste à réaliser, perpendiculairement au sens de l'écoulement de la nappe et en aval de la zone polluée, une tranchée. On remplit cette tranchée d'un support inerte biologiquement tel que du charbon actif, du sable, de la tourbe qui favorisera le développement des bio films bactériens. L'introduction de micro-organismes sur ce support évite leur dispersion. Ce second dispositif est utilisé lorsque le sous-sol présente une perméabilité insuffisante.

1.7.2. TRAITEMENTS EX SITU

Les traitements ex situ peuvent être biologiques ou physiques, et peuvent aussi être entrepris de deux manières, selon que le traitement se fait sur site ou hors site.

1.7.2.1. PROCÉDES BIOLOGIQUES

A. LE TRAITEMENT EN BIO REACTEUR

Le principe du bioréacteur consiste à réaliser la biodégradation du polluant dans un contenant installé sur le site (cuve fermée, bassin, colonne...) (**ROUDIER, 2004**) ; en ajoutant au matériel à traiter, les ingrédients nécessaires à la réaction.

Dans la plupart des cas, deux dispositifs sont envisageables pour le traitement de l'eau.

Le premier dispositif est la technique « en colonne », dans lequel l'eau à dépolluer est envoyée dans une colonne (une ou plusieurs en série), où elle va suivre un chemin en chicanes le long duquel elle sera mise en contact avec un matériau neutre (polyéthylène ou de PVC par exemple). Ce dernier, va servir de support à une biomasse fixée. Au long de ce périple, les polluants organiques présents dans l'eau vont être biodégradés par les micro-organismes fixés.

Dans le second dispositif, l'eau injectée dans une cuve, ouverte ou fermée, et mélangée à une poudre support où est fixée la biomasse (zéolites, algues calcaires...) (**JANKOVIC, 1974**) ; le mélange est maintenu en agitation pendant le temps nécessaire à la biodégradation des polluants présents dans l'eau. Après le temps de réaction nécessaire, l'eau traitée est ensuite évacuée et séparée de la biomasse.

B. PROCÉDES PHYSIQUES (PUMP AND TREAT)

Le pump and treat est un procédé in situ (pour la partie pompage) et ex-situ (pour la partie traitement) (figure6). La traduction littérale du pump and treat est le pompage de l'eau souterraine (la nappe phréatique) et le traitement en surface du sol. En réalité, il s'agit simplement d'un moyen de pompage qui permet d'extraire l'eau polluée. Le traitement n'est pas spécifié et peut varier du simple rejet dans les égouts jusqu'à l'incinération. Le pump and treat a été beaucoup utilisé avant que les techniques in situ ne soient devenues plus performantes. Cette technique est souvent longue (parfois plusieurs années) du fait des interactions entre le polluant et l'aquifère.

Ce procédé s'utilise en cas de pollution organique ou minérale, libre ou dissoute qui altère la qualité physico-chimique d'une nappe. La phase « libre », non miscible à l'eau n'est généralement pas traitée par ce type de procédé, mais plutôt par le procédé Rabattement-écrémage(ROUDIER, 2004).

La zone saturée est traitée à partir des points d'extraction, ces points d'extraction peuvent être des puits verticaux ou des drains horizontaux. Les traitements des eaux en surface sont spécifiques de la nature des polluants et de la physico-chimie des eaux. Des mesures de concentration dans l'eau extraite du sol permettent de suivre l'évolution de l'efficacité du procédé et la masse totale de contaminant extraite.

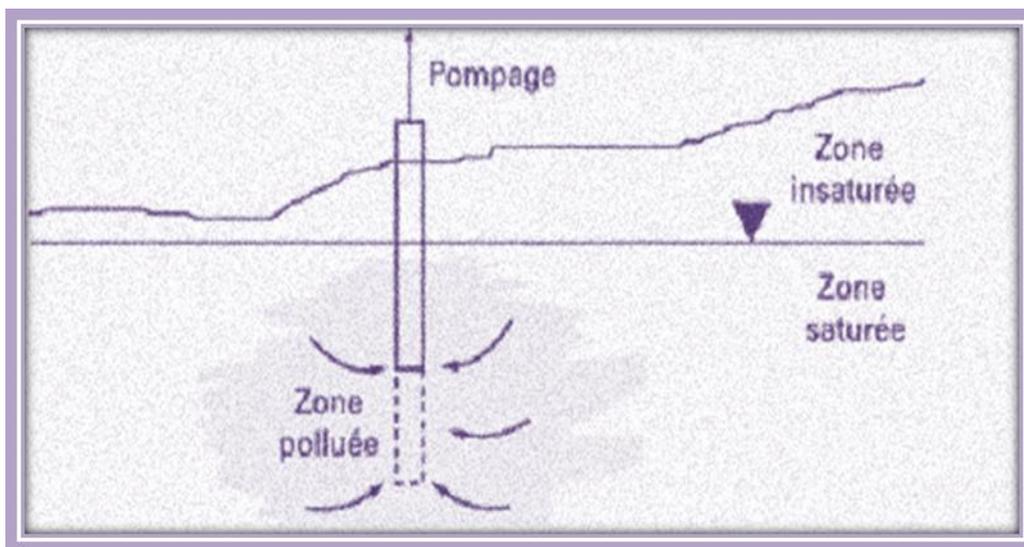


Figure6: Principe du pump and treat.

CHAPITRE 02

ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE

2.1. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE

La commune de Metlili est située au Sud de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km, elle couvre une superficie de 7200 Km². Ces derniers temps a connu une évolution très rapide en matière de population et d'espace d'origine Oasisienne. Elle abrite une population de 43.030 habitants.

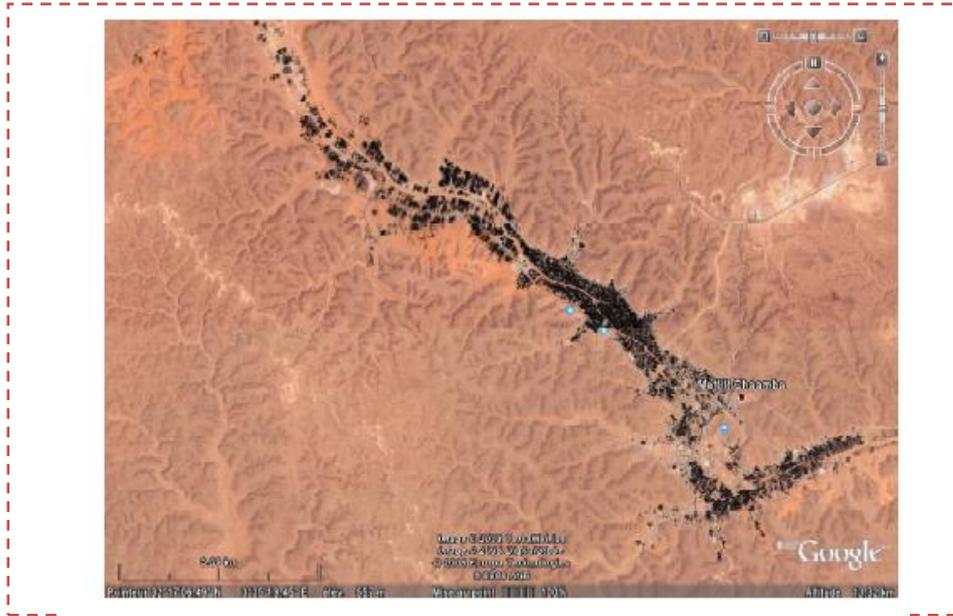


Figure 07 : Image satellitaire de la commune de Metlili

Elle se situe entre le 32° 16' de l'altitude Nord et 3° 38' de longitude Est. Le tissu urbain de la ville est constitué par des pôles d'évolution ou la vallée de METLILI est et en voie de saturation .Sur une altitude 455 m du niveau marin

Ces limites communales sont :

- ✓ Au Nord de la wilaya d'EL BAYADH et les communes de DAYA, BOUNOURA, EL ATTEUF et ZELFANA.
- ✓ Au sud la commune de SEBSEB.
- ✓ A l'Est la wilyad'OURGLA.
- ✓ A l'ouest la wilaya d'EL BAYADH.

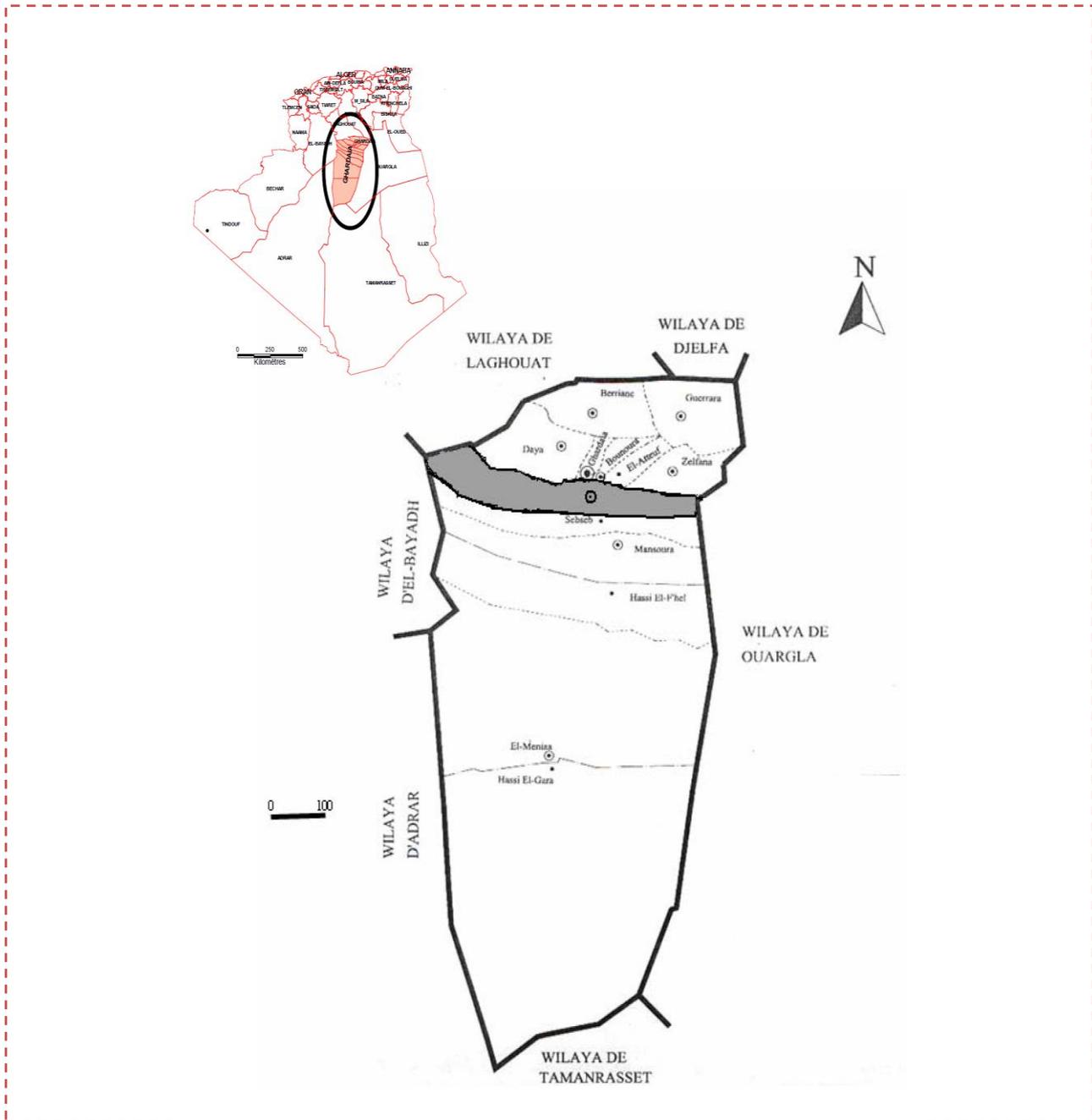


Figure 08 : localisation géographiques de la commune

2.2. ASPECT CLIMATIQUES DE LA REGION

Le climat de la région est de type saharien, caractérisé par un écart élevé entre la température de l'été et celle de l'hiver, une faible précipitation et une évaporation intense.

Le climat de la région est de type Saharien, se caractérise par deux saisons: Une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) (A.N.R.H., 2003).

L'étude climatique est très importante, elle permet de déterminer les caractéristiques du climat de notre région et de mettre en évidence la contribution des différents facteurs à la variation des ressources en eaux souterraines (température, humidité, précipitation, vents et évaporation).

2.2.1. TEMPERATURE

La température moyenne annuelle est de 22,58°C, avec 33,63°C pour le mois le plus chaud, et 12,34°C pour le mois le plus froid.

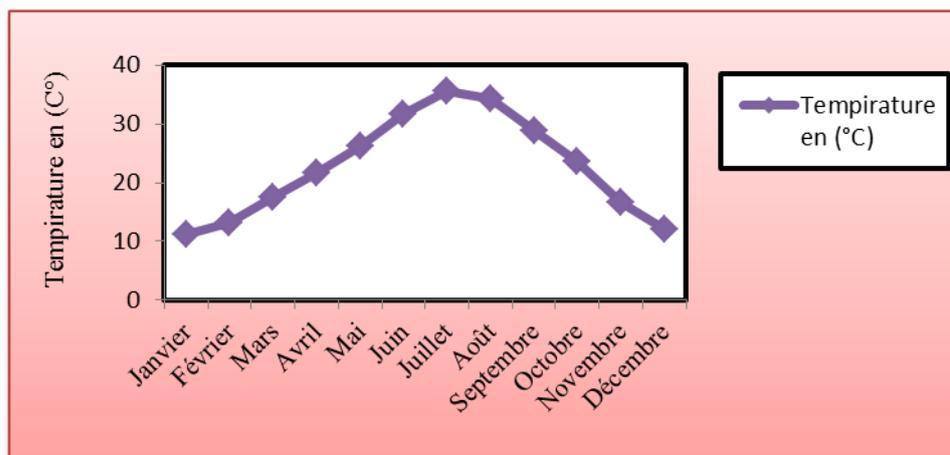


Figure 09 : moyenne mensuelle de la température

2.2.2. PRECIPITATION

Dans la région, les précipitations sont très rares et irrégulières entre les mois et les années. Les mois de février, mai, juin, juillet novembre présentent une précipitation moyenne qui est inférieure à 5mm pour une période de 10 ans (2002 – 2012). Les mois de janvier, mars, aout, octobre et décembre ont des précipitations qui se situent entre 5 et 10 mm. Les mois de avril et septembre ont des valeurs qui dépassent les 10 mm mais sans atteindre les 16mm (Figure 10).

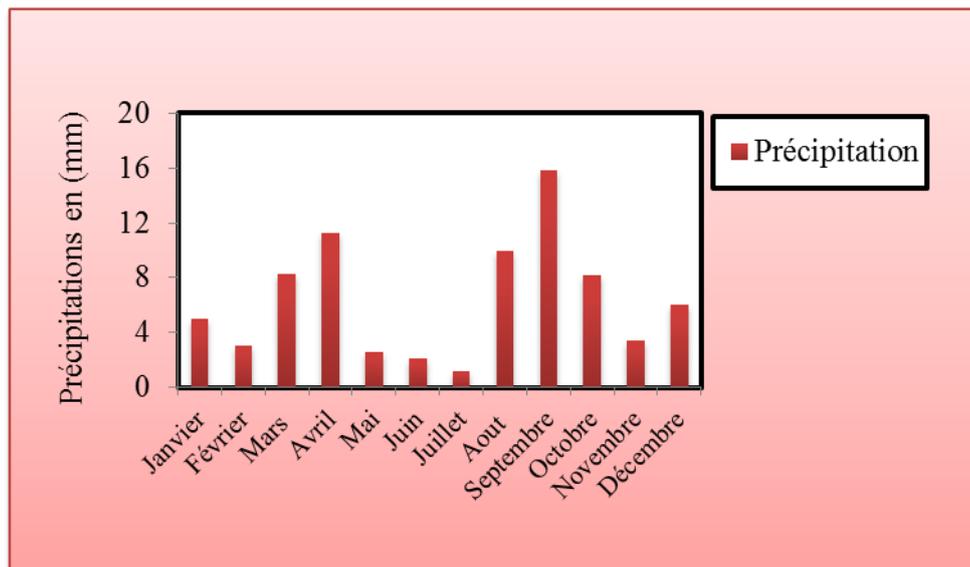


Figure10: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période 2002-2012) (O.N.M., 2012).

2.2.3. L'HUMIDITE

L'humidité relative dans la région est très faible Elle n'est supérieure à 50% que pour les mois de janvier et décembre. Le reste de l'année, elle est très faible et oscille entre 20 et 40 % (figure 11).

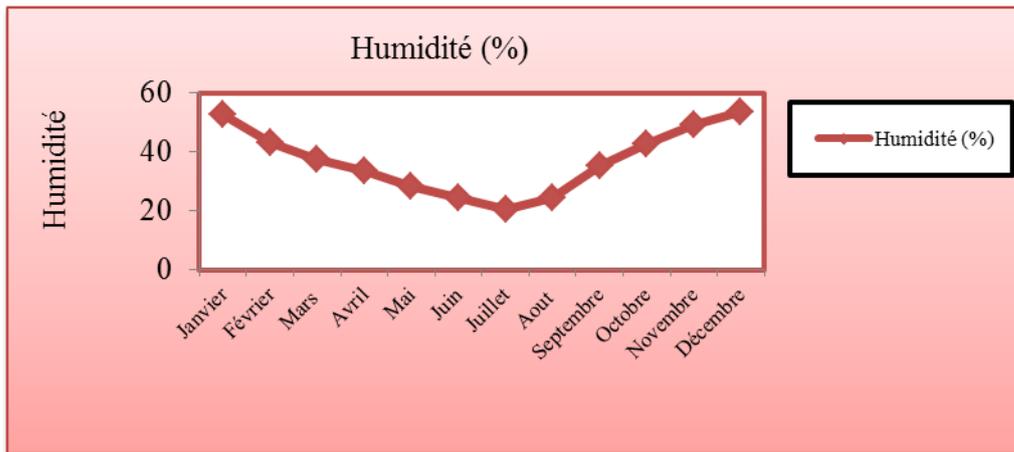


Figure 11: Évolution des moyennes mensuelles de l'humidité relative (Période : 2002 – 2012) (O.N.M., 2012)

2.2.4. LES VENTS

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut.

2.2.5. SYNTHÈSE CLIMATIQUE

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée. Les périodes humides et sèches sont mises en évidence grâce au diagramme ombrothermique de Gauss alors que l'étage bioclimatique est déterminé par le climagramme pluviométrique d'Emberger.

2.2.5.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de Gauss permet de définir les mois secs. La représentation selon le diagramme ombrothermique de Gauss de la région d'étude montre que la courbe thermique est entièrement positive par rapport à celle de la courbe ombrique, ce qui montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur dix mois de l'année et une courte période humide entre le mois de novembre et le mois de décembre.

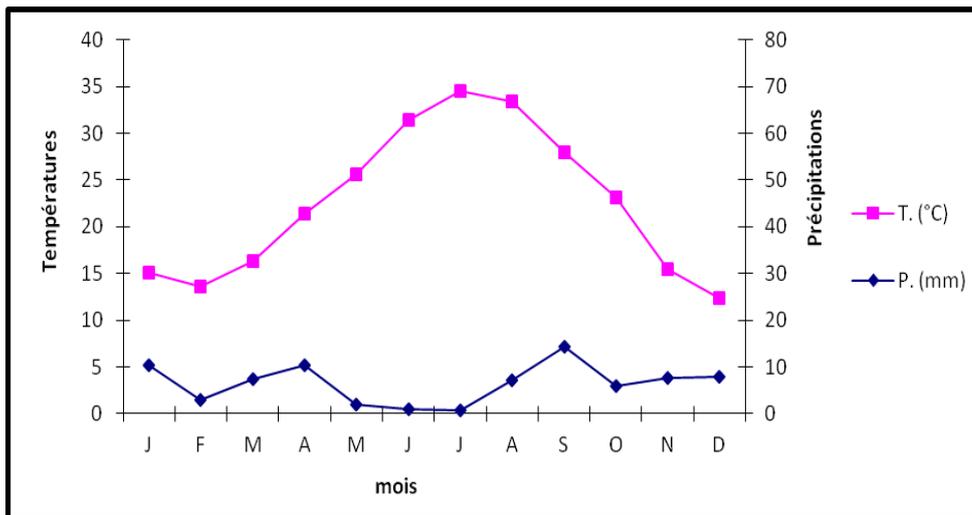


Figure 12: Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 2001-2012.

2.2.5.2. CLIMAGRAMME D'EMBERGER

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (**Dajoz, 1982**). Le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante:

$$Q2 = \frac{3,43 P}{M - m}$$

Où :

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.

Une fois que cette valeur du quotient est portée sur le climagramme d'Emberger, elle situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré et son quotient pluviométrique (Q2) est de 7,3 (figure 13)

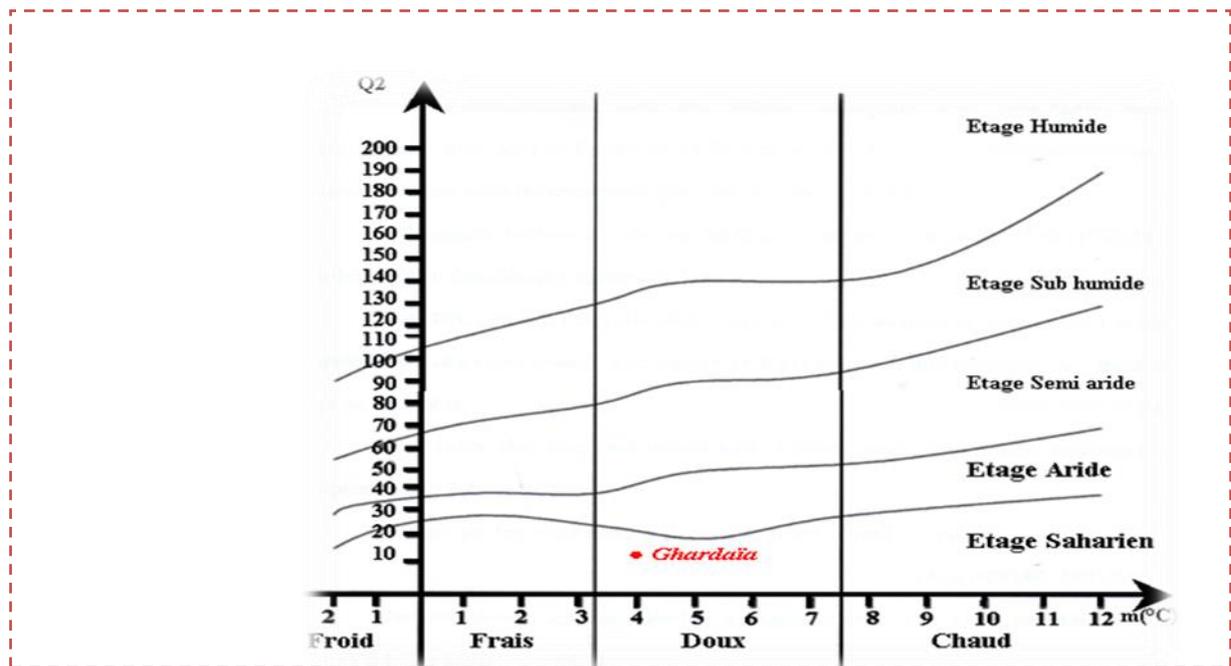


Figure 13: Diagramme d'EMBERGER de la région de Ghardaïa.

2.3. ASPECT GEOLOGIQUE ET RELIEF

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 236m, c'est un mélange d'argile sableux, Argile, sable et calcaire sableux (DPAT, 2010).

2.3.1. IDENTIFICATION HYDRAULIQUE

2.3.1.1. LES EAUX SUPERFICIELLES

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

Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 400 km². L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; El Botma et Gaa au méridien 03° 25' Est et la parallèle 32° 23' Nord à une altitude de 650 m, il parcourt environ 270 km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre la dépression de sabkhet safioune à une altitude de 120 m dans la région de Ouargla.

Comme tous les oueds de la dorsale, l'écoulement est sporadique se manifestant à la suite de grandes averses orageuses. Pour une fréquence cinquantenaire le débit peut atteindre 500 m³/s (**ACHOUR et OUAISSI SEKOUTI, 2003**).

2.3.1.2. LES 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 albiennaise.

A. 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 (**MAYER M, 1954**).

Dans la région de Metlili, elle est 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.

Selon la carte de niveau piézométrique, en amont de la vallée le niveau statique est élevé, 35 à 30 mètres au niveau de Timedakssine, il diminue progressivement vers l'Est, de 29 à 27 mètres à El Hadika, et de 20 à 15m à Rezigui et Souani. En aval il atteint 10 à 6 mètres (figure 14).

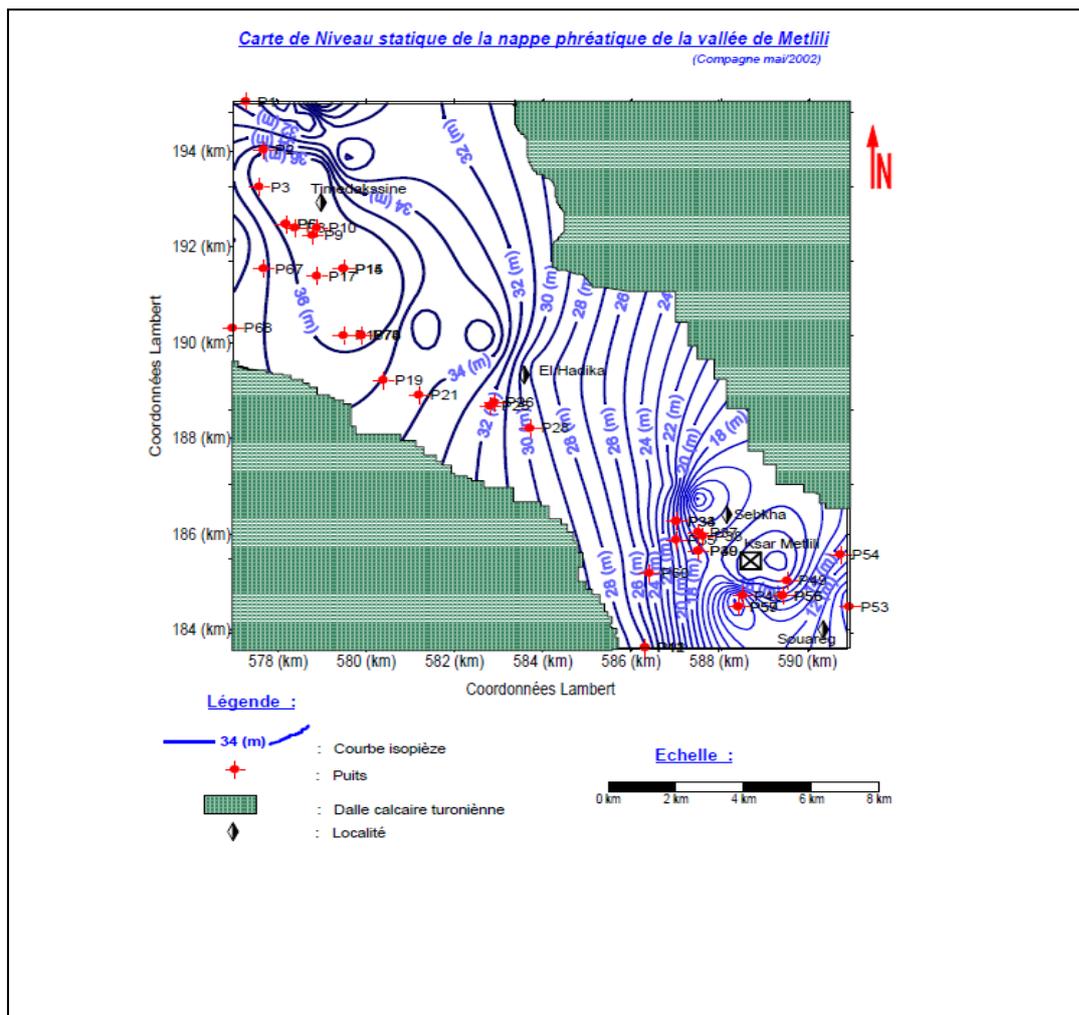


Figure 14 : Carte de niveau statique de la nappe phréatique de Metlili

B. LA NAPPE DU 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 15 et 16). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d' « Albien », (HELAL et OURIHANE, 2004).

Tableau3: Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire (Albien) :

<i>Caractéristiques</i>	<i>Valeurs</i>
Etendue	600 000km ²
Epaisseur totale (m)	50 à 1 000
Profondeur (m)	60 à 2 400
Profondeur au toit (m)	20 à 2 000
Epaisseur de couche utile productrice (m)	150 à 200
Débit (l/s)	50 à 400
Alimentation moyenne (Hm ³ /an)	270
Réserve théorique calculée (m ³)	50 000x 10 ⁹
Température (°C)	25 à 70
Salinité des eaux	0.5 à 6 g/l

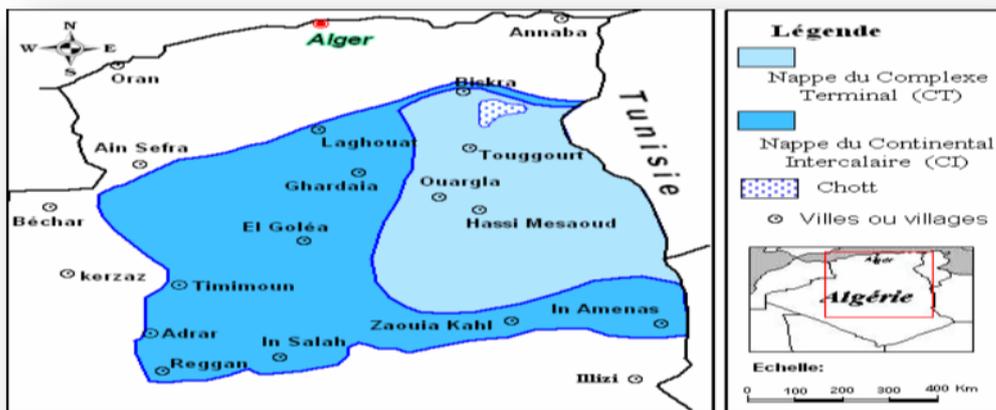


Figure15 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (HELAL et OURIHANE, 2004)

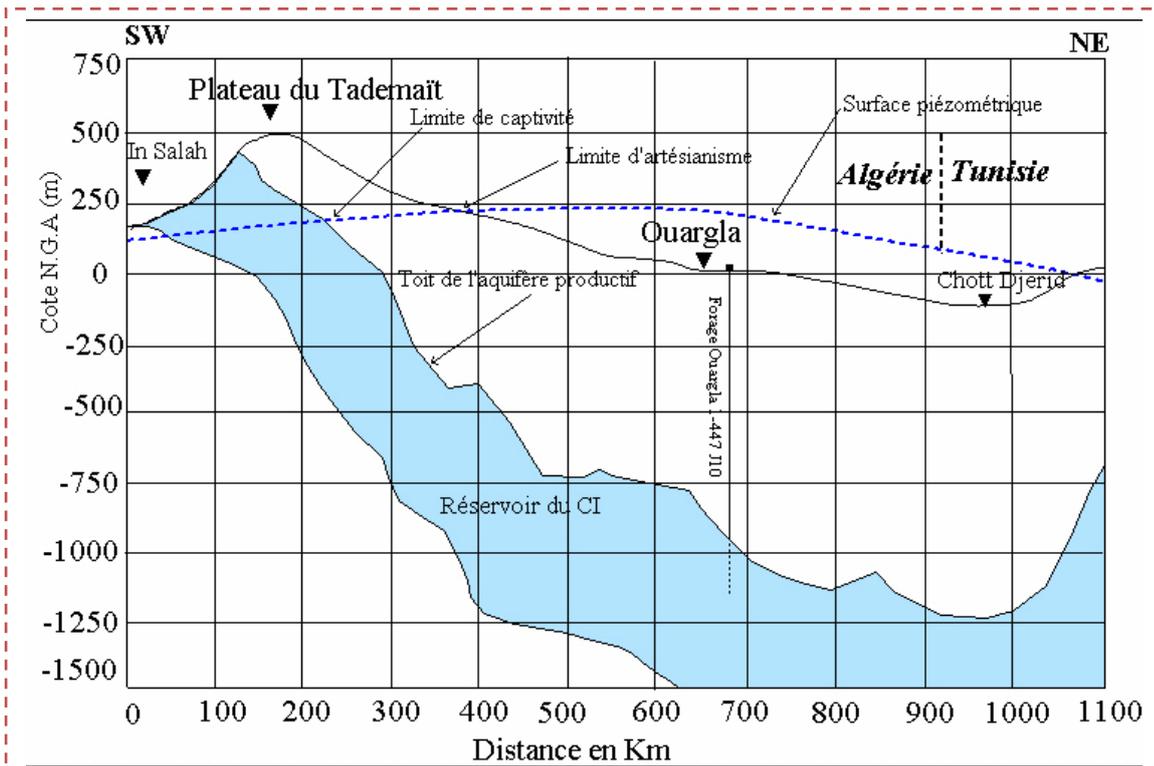


Figure 16 : Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI (HELAL et OURIHANE, 2004)

Dans la région Metlili la nappe albiene correspondant à la formation du continentale intercalaire avec une profondeur allant de 400 à 500m ; 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 cénomanien représente son toit imperméable : la figure 17 ci-dessous détermine la profondeur des forages et le toit de l'aquifère et le figure 18 détermine le niveau du statistique de l'aquifère.

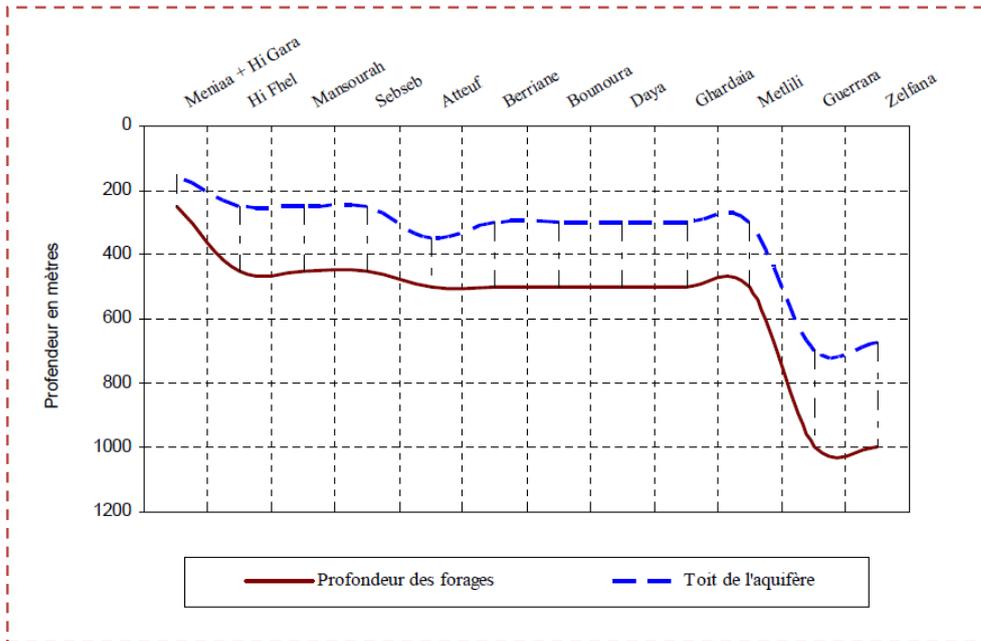


Figure 17 : Carte de la profondeur des forages et le toit de l'aquifère Albien (ACHOUR., 2005)

CHAPITRE 03

MATERIELS ET METHODES

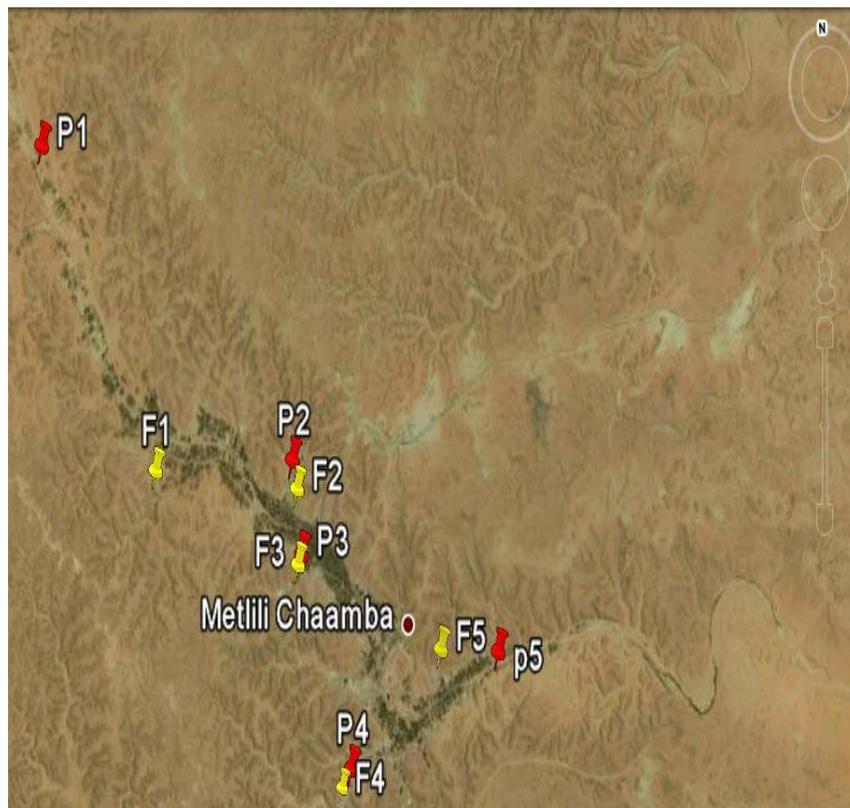
3.1. CHOIX DE LA REGION D'ETUDE

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 agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation, l'élevage et même pour l'alimentation en eau potable.
- ❖ L'absence d'études sur la qualité hydrochimique des eaux de la nappe souterraine dans cette région.

3.1.1. ZONE D'ECHANTILLONNAGE

Vu le nombre important de puits (nappe phréatiques) et forages (nappe albienne) que compte la région d'étude nous avons procédé à la sélection de 05 puits et 05 forages répartis uniformément à travers la ville de Metlili.



Carte 01: Localisation des points de prélèvement.

3.1.2. EXECUTION DES PRELEVEMENTS

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des flacons propres, rincés avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. Après la mise en flacon des échantillons, les flacons doivent être fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro, la date et l'heure de l'échantillon.

3.1.3. STOCKAGE DES ECHANTILLONS

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon dans le laps de temps qui sépare le prélèvement de l'analyse. Pour cela, il faut acheminer les échantillons au laboratoire d'analyses dès que possible (délai inférieur à 24 heures). La température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'eau souterraine prélevée. Les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais (glacière ou réfrigérateur). Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5°C (**Thierrin et al, 2001**).

3.2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les mesures physico-chimiques et les analyses chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE, unité de Ghardaïa.

3.2.1. MESURE DU pH

Le pH d'une solution est le logarithme ordinaire négatif de l'activité d'ions d'hydrogène :

$$\text{pH} = - \text{Log} [\text{H}^+]$$

Dans les solutions diluées, l'activité d'ions d'hydrogène est approximativement égale à la concentration d'ions d'hydrogène. Leur mesure a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre.

3.2.2. NITRITE

Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau, mais à des doses faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (**BREMOND et PERRODUM ,1976**).

La Méthode de dosage ce fait par spectrométrie d'absorption moléculaire réaction des ions nitrites présente dans une prise d'essai à pH 1.9 avec les réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour forme un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1.2éthane Mesurage de l'absorbance à 540nm(**RODIER, 1996**).

3.2.3. NITRATE

Le nitrate et le nitrite sont des ions naturels qui font partie du cycle d'azote. L'ion de nitrate (NO_3^-) est la forme stable d'azote pour les systèmes oxygénés. Bien que chimiquement non réactif, il peut être réduit par action microbienne. L'ion de nitrite (NO_2^-) contient l'azote dans un état d'oxydation relativement instable. Les processus chimiques et biologiques peuvent plus loin ramener le nitrite à de divers composés ou l'oxyder en nitrate.

Le nitrate peut atteindre l'eau de surface et les eaux souterraines par suite d'une activité agricole (application excessive y compris des engrais azotés et des engrais inorganiques), du traitement des eaux résiduaires et de l'oxydation des déchets azotés provenant d'excrétions humaines et animales, y compris les fosses septiques.

Le dosage des nitrates (NO_3^-) se fait par colorimétrie dans un photomètre UV 440 μm avec le réactif sulfophérique (**Rodier, 2005**).

3.2.4. AMMONIAQUE

L'ammoniaque est un gaz soluble dans l'eau mais suivant les conditions de pH il se transforme, soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée. En plus, l'ammoniaque est favorable au développement de certaines bactéries qui à leur tour génèrent de mauvais goûts (**BREMOND et PERRODUM, 1976**).

En générale, l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation (**LADJEL et TODEFT, 2002**).

La mesure par spectrométrie : le composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrospentacyanoferrate (III) de sodium (**RODIER, 1996**).

3.2.5. 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. (**LADJEL et TODEFT, 2002**).

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. (**RODIER, 1996**).

3.2.6. DOSAGE DES SULFATES

Les sulfates se produisent naturellement en nombreux minerais, y compris la barytine (BaSO_4), l'epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ces minerais dissous contribuent à la teneur en minéraux de beaucoup d'eaux potables.

Les concentrations rapportées pour le seuil de goût en eau potable sont 250-500 mg/litre (médiane 350 mg/litre) pour le sulfate de sodium, 250-1000 mg/litre (médiane 525 mg/litre) pour le sulfate de calcium et 400-600 mg/litre (médiane 525 mg/litre) pour le sulfate de magnésium.

Pour un échantillon, les concentrations médianes qui pourraient être détectées par goût étaient respectivement de 237, 370 et 419 mg/litre pour les sels de sodium, de calcium et de magnésium, (Mellak, 2009).

La méthode de dosage se fait par gravimétrie. Les ions SO_4^{-2} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués par gravimétrie. (RODIER, 1996).

3.2.7. DOSAGE DES CHLORURES

Le goût et les seuils olfactifs pour le chlore en eau distillée sont respectivement de 5 et 2 mg/litre. Dans l'eau, le chlore réagit à l'acide hypochloreux et aux hypochlorites de forme. Chacune des trois espèces existe dans l'équilibre les unes avec les autres, les affinités variant avec le pH. Dans les solutions diluées et aux niveaux de pH inférieur à 4.0, le chlore moléculaire très petit existe en solution. Les concentrations de l'acide hypochloreux et de l'ion d'hypochlorite sont approximativement égales pour un pH de 7.5 et une température de 25°C. Les chlorures proviennent souvent des eaux de pluies, du lessivage des terrains salés ainsi que des rejets des eaux usées.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée d' AgNO_3 en présence de K_2CrO_7 . ; la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique de chromate d'argent.

3.2.8. TURBIDITE

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.

La turbidité donne une idée de la teneur en matières en suspension. Elle a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre.

3.2.9. DOSAGE DE TH (DURETE TOTALE)

La dureté de l'eau est la mesure traditionnelle de la capacité de l'eau de réagir avec du savon, l'eau calcaire exigeant considérablement plus de savon pour produire de la mousse. Elle n'est pas provoquée par une substance simple mais par une série d'ions métalliques polyvalents dissous, principalement cations de calcium et de magnésium, bien que d'autres cations, par exemple baryum, fer, manganèse, strontium et zinc, y contribuent également. La dureté est le plus généralement exprimée en milligrammes de carbonate de calcium équivalents par litre, à plus ou moins 60 mg par litre de carbonate de calcium, une eau est généralement considérée comme douce. Bien que la dureté soit provoquée par des cations, elle peut également être discutée en termes de carbonate (provisoire) et dureté (permanente) non carbonatée.

Le dosage se fait par la méthode de compleximétrie. Titrage avec une solution d'E.D.T.A en utilisant un indicateur qui forme avec le calcium et de magnésium un complexe rouge foncé ou violet, c'est le mordant noire. (**RODIER, 1996**).

3.2.10. TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC)

Se réalise par la méthode volumétrique. Le titre alcalimétrie complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

3.2.11. DOSAGE DE CALCIUM

Le calcium provient de la dissolution de la calcite et du lessivage des calcaires et des dolomies ou dépôts gypsifères. Le seuil de goût pour l'ion de calcium est dans la gamme 100-300 mg/litre, selon l'anion associé, mais des concentrations plus élevées semblent acceptables aux consommateurs.

Des niveaux de dureté au-dessus de 500 mg/litre sont généralement considérés esthétiquement inacceptables. Les concentrations allant jusqu'à 100 mg par litre de calcium sont assez communes dans des sources naturelles d'eau, cependant, les sources contenant plus de 200 mg par litre de calcium sont rares.

Le dosage se fait par la méthode complexométrie. Titration par complexométrie du calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétracétique (EDTA). Le HSN qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme un indicateur. (RODIER, 1996).

3.2.12. DOSAGE DU MAGNESIUM

Le magnésium est principalement présent en ion Mg^{2+} . Il est contenu dans un large nombre de minéraux, par exemple la dolomite (carbonate de calcium magnésium; $CaMg(CO_3)_2$) et la magnésite (carbonate de magnésium ; $MgCO_3$). Le sulfate de magnésium ajoute un goût amer à l'eau. Sa solubilité est de 309 g/L à 10°C dans l'eau. C'est la différence entre le volume de la dureté et le calcium.

3.2.13. DOSAGE DE SODIUM

L'ion de sodium est omniprésent dans l'eau. La plupart des approvisionnements en eau contiennent plus moins 20 mg de sodium par litre, mais aux niveaux de quelques pays, il peut dépasser 250 mg/litre. L'intrusion saline, les dépôts de minerais, l'intrusion d'eau de mer, les effluents d'eaux d'égout, et le sel utilisé dans la route dégivrant peuvent tous contribuer à l'apparition de quantités significatives de sodium dans l'eau. En outre, les produits chimiques de traitement de l'eau tels que le fluorure de sodium, le bicarbonate de soude et l'hypochlorite de sodium peuvent tous avoir comme conséquence des niveaux de sodium plus élevés que 30 mg/litre. Les adoucissants d'eaux domestiques peuvent donner des niveaux de plus de 300 mg/litre.

Méthode de dosage par spectrophotométrie à flamme ; l'appareil utilisé (le PEP7) est un photomètre à basse température destinée à la détermination du Na, K, Li Ca, Ba à l'aide de filtres interférentiels optionnels

Lorsque les atomes d'un élément sont existé 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 teneur en sodium et potassium. **(RODIER, 1996).**

3.2.14. DOSAGE DE POTASSIUM

Bien que les concentrations du potassium normalement trouvées en eau potable soient généralement basses et ne posent pas des soucis de santé, la solubilité élevée du chlorure de potassium et son utilisation dans des dispositifs de traitement tels que des adoucissants d'eau peuvent mener à une exposition sensiblement accrue.

3.2.15. 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 1,10. **(Rodier, 2005).**

3.2.16. MESURE DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les appareils de mesure utilisés sur le terrain effectuent en général automatiquement cette conversion. Elle a été réalisée à l'aide d'un conductimètre.

3.3. SYNTHÈSE SUR LES MATÉRIAUX ET LES MÉTHODES UTILISÉES

Les considérations théoriques définies plus haut, nous ont permis de procéder au bon échantillonnage lors de la prise des bouteilles d'eau, d'une part, et d'autre part, de suivre la démarche d'analyse, que nous avons effectuée au niveau de laboratoire de l'ADE de Ghardaïa, permettant d'aboutir aux résultats les plus concordants.

La mesure des paramètres physico-chimiques des points d'eau a été réalisée sur une période de 8 jours allant du 24 mars au 02 avril 2013.

Nous disposons de 10 échantillons prélevés de la nappe phréatique (cinq -05- puits) et la nappe albien (cinq -05- forages) dans la ville de Metlili.

Les échantillons que nous avons recueillis en volume suffisant, portent les renseignements suivants :

- ❖ La date et heure de prélèvement,
- ❖ Le nom des eaux de forage et
- ❖ Le nom des eaux de puits.

Au moment du prélèvement ; nous avons rincé les flacons trois fois avec l'eau à analyser puis les avons remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Nous avons emballé les échantillons dans une boîte solide et l'expédié au laboratoire à une température de conservation de 4 à 10°C.

Pour que chaque échantillon soit clairement et correctement décrit, nous avons joint une fiche détaillée contenant tous les renseignements nécessaires sur le lieu et le moment du prélèvement.

Les analyses de paramètres de pollution (fer, ammonium, phosphate, nitrate, et nitrite) se font ont commencé moins de 24 heures après le prélèvement.

Les principaux matériaux que nous avons utilisés sont résumés par les photos suivantes :



Spectromètre à flamme (JENWAY)



pH-mètre



Turbidimètre



Conductivité mètre

Quant-aux produits utilisés sont : Nitrate d'argent (Ag NO_3), N-(1-Naphthyl éthylène), Hydroxyde de sodium (NaOH), EDTA, Acide Sulfurique (H_2PO_4), Acide Chlorhydrique (HCl), chromate de potassium, Chlorure de Baryum (BaCl_2), Acide Ortho phosphorique (H_3PO_4).

Toutefois, nous devons signaler certaines difficultés que nous avons rencontrées lors des travaux d'analyse principalement, en l'occurrence le manque de l'eau distillée pour la dilution et la préparation des solutions ayant d'un pH inférieure à 5.

Cet état de fait, dont nous avons fait de notre mieux pour y remédier, nous a imposé d'utiliser un pH égale à 7, ce qui pourrait entraîner une critique sur les résultats d'analyse.

CHAPITRE 04

RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. INTRODUCTION

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevée au niveau de la nappe phréatique (puits) et albienne (forages) de la ville de Metlili.

Le but de cette étude hydrochimique est de déterminer les caractéristiques physicochimiques des eaux et des éléments dissous afin de déterminer leurs origines, définir les faciès chimiques des eaux souterraines, de les comparer et de suivre leur évolution dans l'espace. Il sera également étudié la qualité des eaux souterraines vis-à-vis de la potabilité. Pour cela, un certain nombre de cartes et de diagrammes ont été élaborés et qui serviront de base pour l'interprétation générale des résultats de mesures des paramètres physico-chimiques et d'analyses chimiques.

Ces diagrammes représentent la comparaison des paramètres physicochimiques et chimiques des eaux souterraines de cette ville avec les normes fixées par l'OMS.

4.2. RESULTATS ET DISCUSSION DES ANALYSES EFFECTUES

4.2.1. POTENTIEL HYDROGENE (pH)

Les résultats obtenus dans l'histogramme indiqué par la figure 18 ci-après montrent que les valeurs du pH pour les différents forages et puits oscillent de 7,07 à 7,41. Ceci est également clairement indiqué par la représentation graphique que nous avons établi par le Surfer (carte 02).

Ces valeurs assez proches à la neutralité, sont acceptables selon les normes d'OMS.

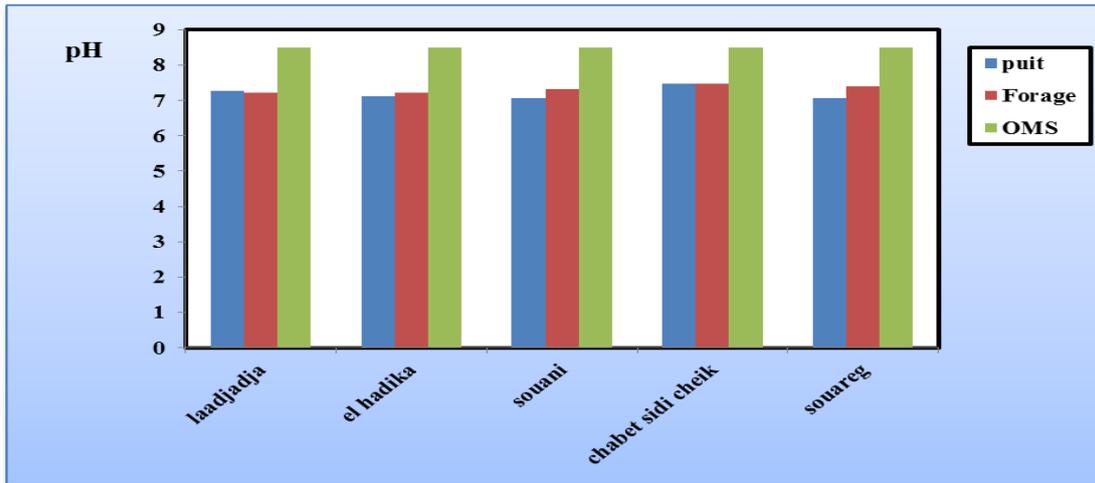
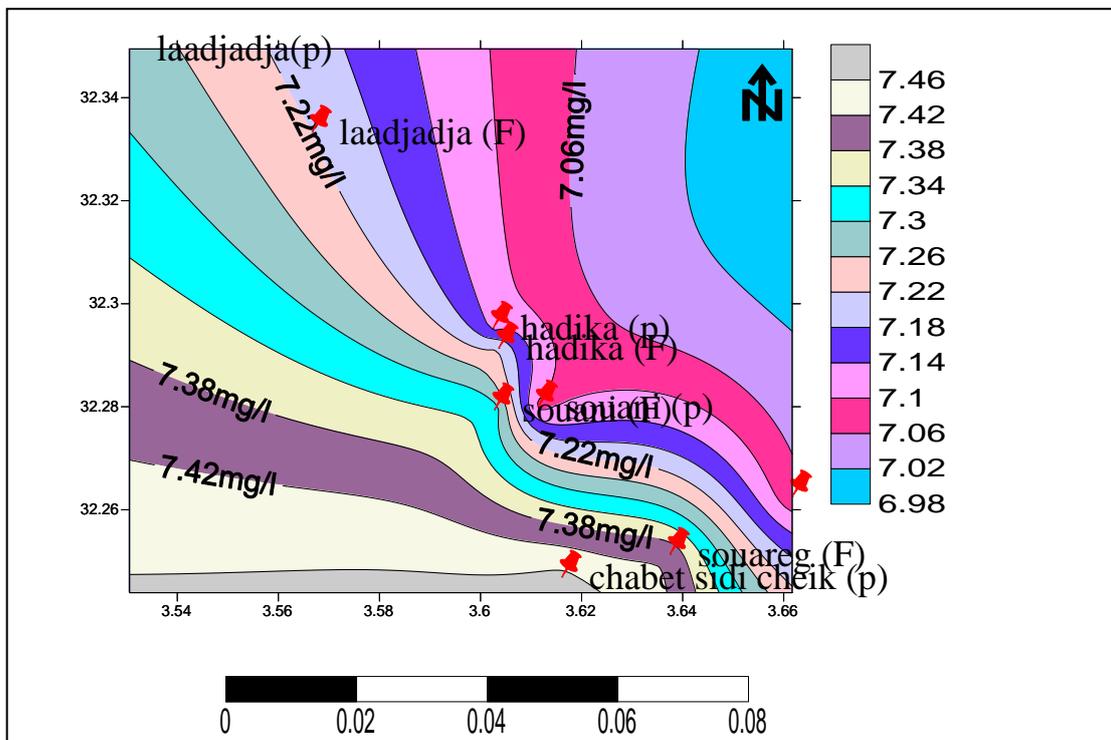


Figure 18: Variation de pH par rapport à la norme OMS



Carte 02: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de pH

4.2.2. NITRITE

La teneur en nitrites est relativement très faible par rapport aux autres éléments car il présente une valeur presque nulle au niveau du puits et forages qui sont acceptables aux normes de l'OMS à l'exception de puits localisé au niveau de Souareg qui dépasse la norme d'un pourcentage de 36%. (Figure 19 et carte 03). La cause de cette élévation est due probablement à deux causes, la première pollution de surface suite à l'utilisation intensive des engrais et l'élevage de cheptel, ou par une contamination par des rejets des eaux usées domestiques.

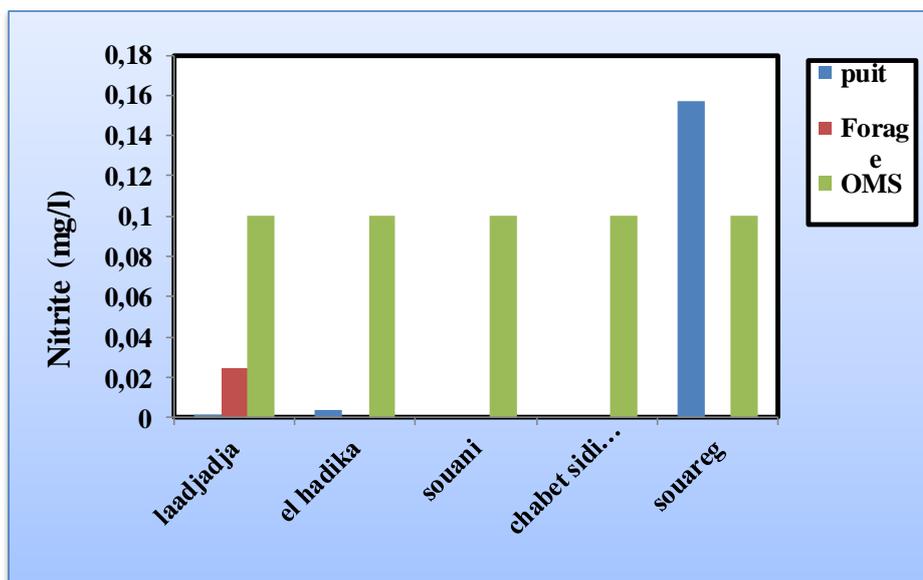
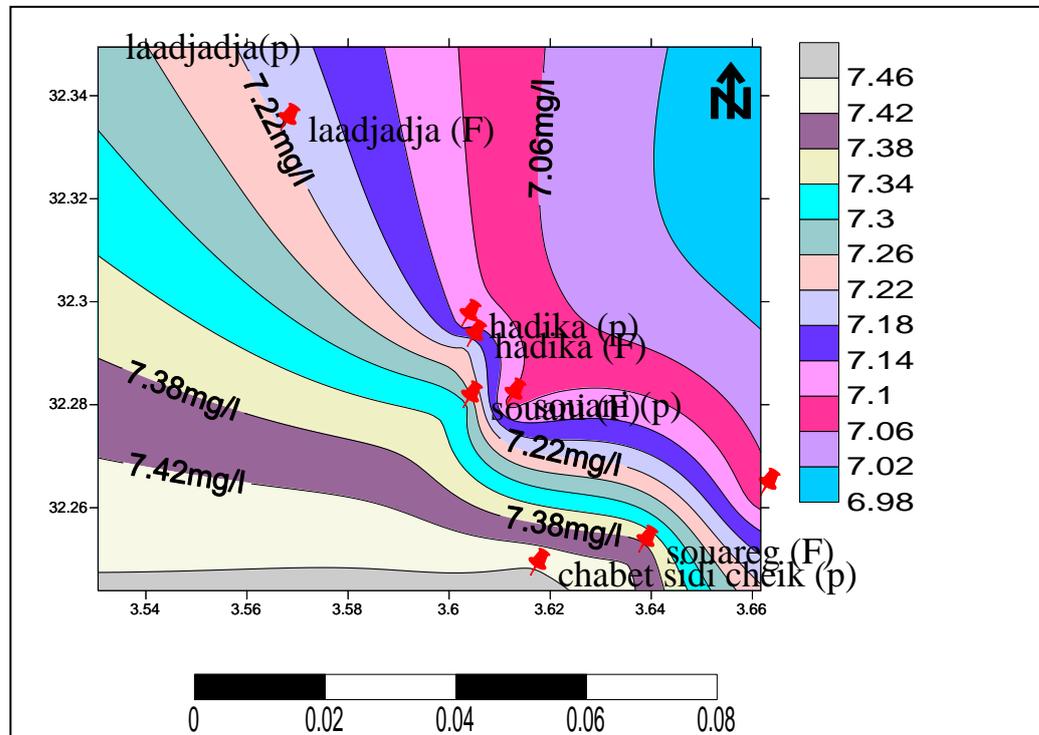


Figure 19: Variation de Nitrite (NO_2^-) par rapport à la norme OMS



Carte 03: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Nitrite

4.2.3. NITRATE

Les seuls dépassements par rapport à la norme pour les nitrates, sont enregistrés pour les eaux phréatiques au niveau des deux puits de laadjadja de 28% et de Souareg de 71 % (Figure 20 et carte 04). Ceci est dû principalement à l'utilisation massive des engrais, l'élevage du cheptel, ou contamination par des rejets des eaux usées domestiques.

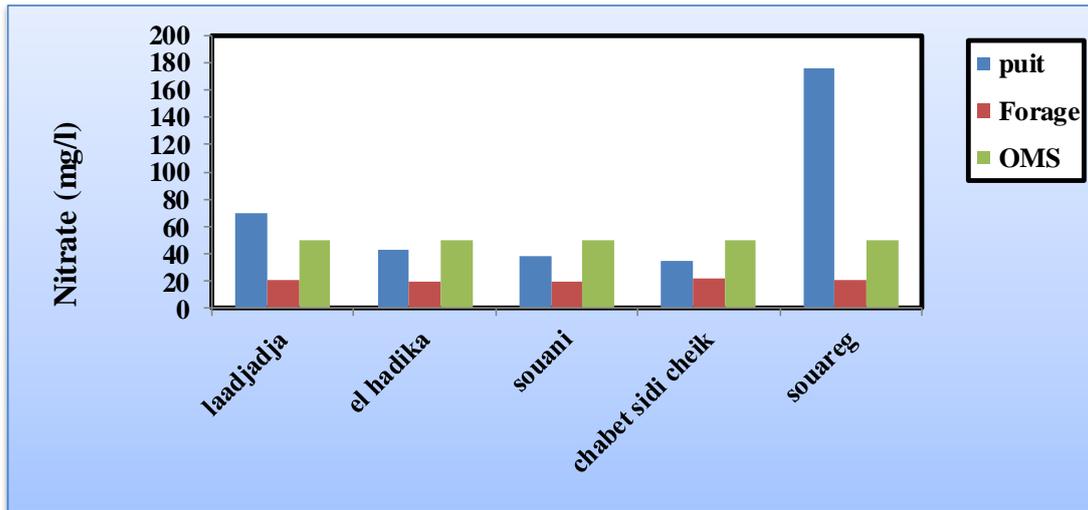
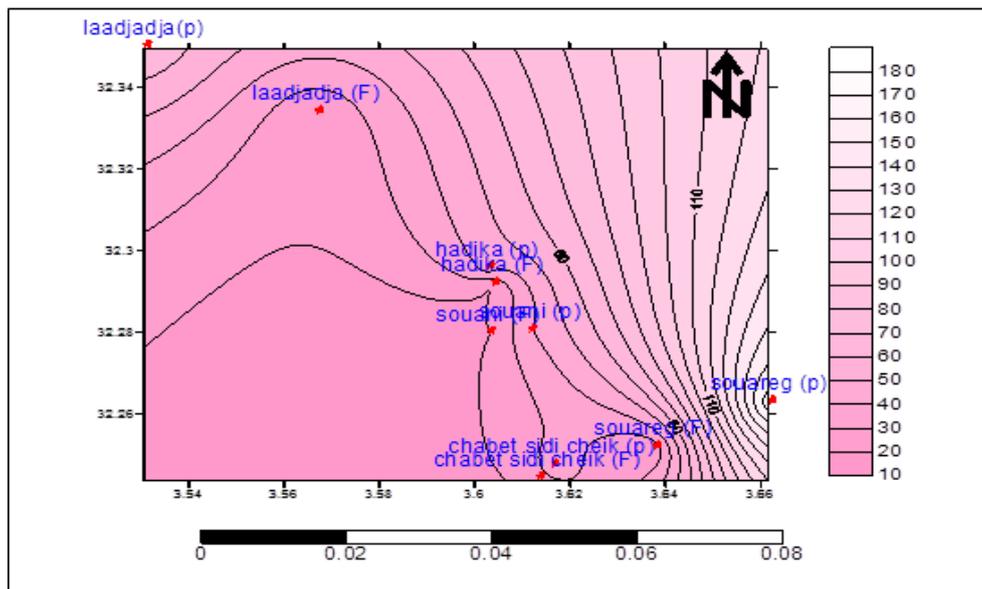


Figure 20: Variation de Nitrate (NO_3^{3-}) par rapport à la norme OMS



Carte 04: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Nitrate

4.2.4. AMMONIUM

Seul au niveau du puits phréatique de Souareg que l'ammonium est peu élevé mais reste inférieur à la valeur admissible, dans ce puits l'ammonium s'est transformé en nitrate ensuite en nitrite signe de présence de bactéries probables, ce qui avantage la présence d'une contamination de pollution organique de surface (figure 21 et la carte 05 ci-après).

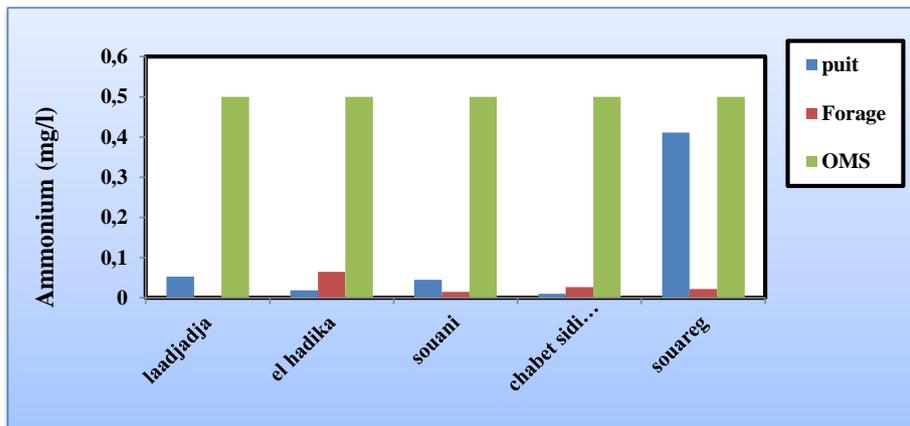
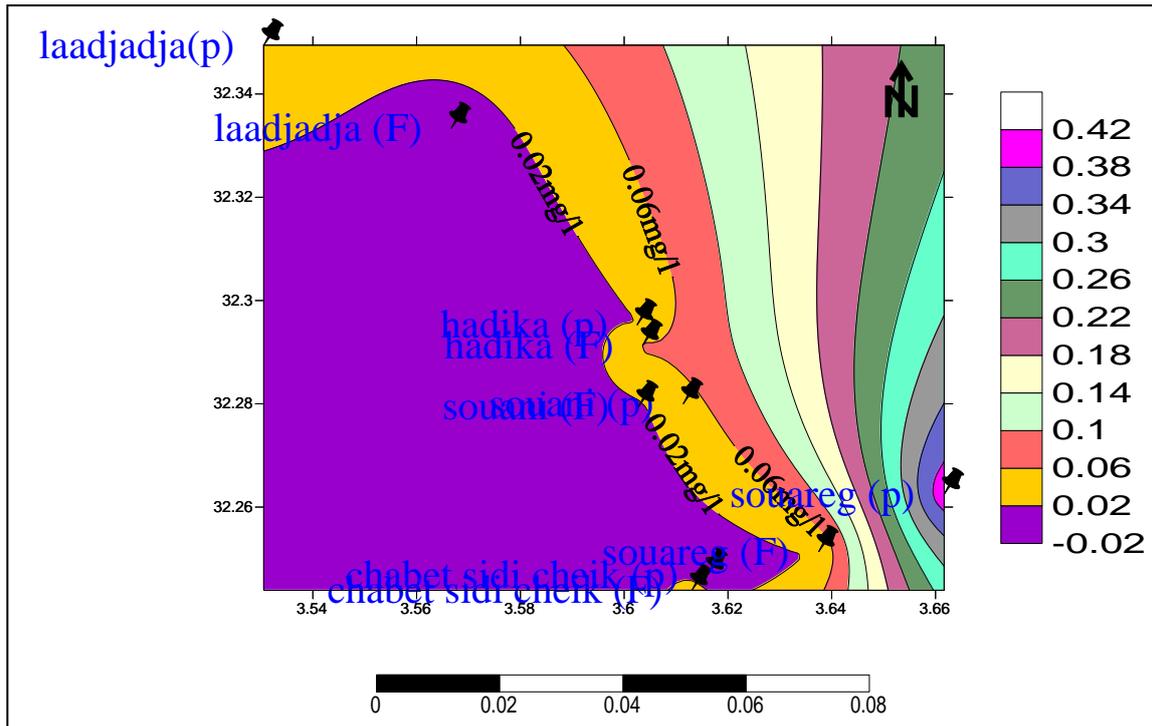


Figure 21: Variation d'Ammonium (NH^+) par rapport à la norme OMS



Carte 05: Carte hydro-chimique de la variation spatiale d'Ammonium

4.2.5. PHOSPHATE

Les valeurs de la concentration en phosphate de tous les points analysés sont en largement inférieur à la norme OMS (Figure 22 et carte 06). Ceci dit, la contamination par des eaux usées ou l'élevage du cheptel est exclue, reste donc la possibilité d'infiltration d'engrais utilisés suite au lessivage des sols au niveau de Souareg ou Laadjadja, favorisant parfois un développement bactérien.

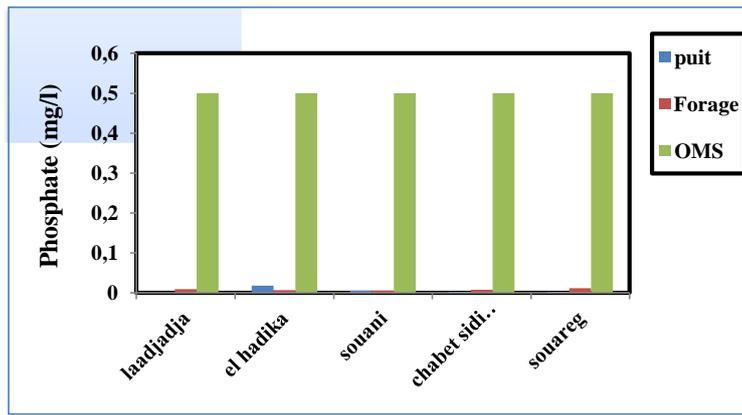
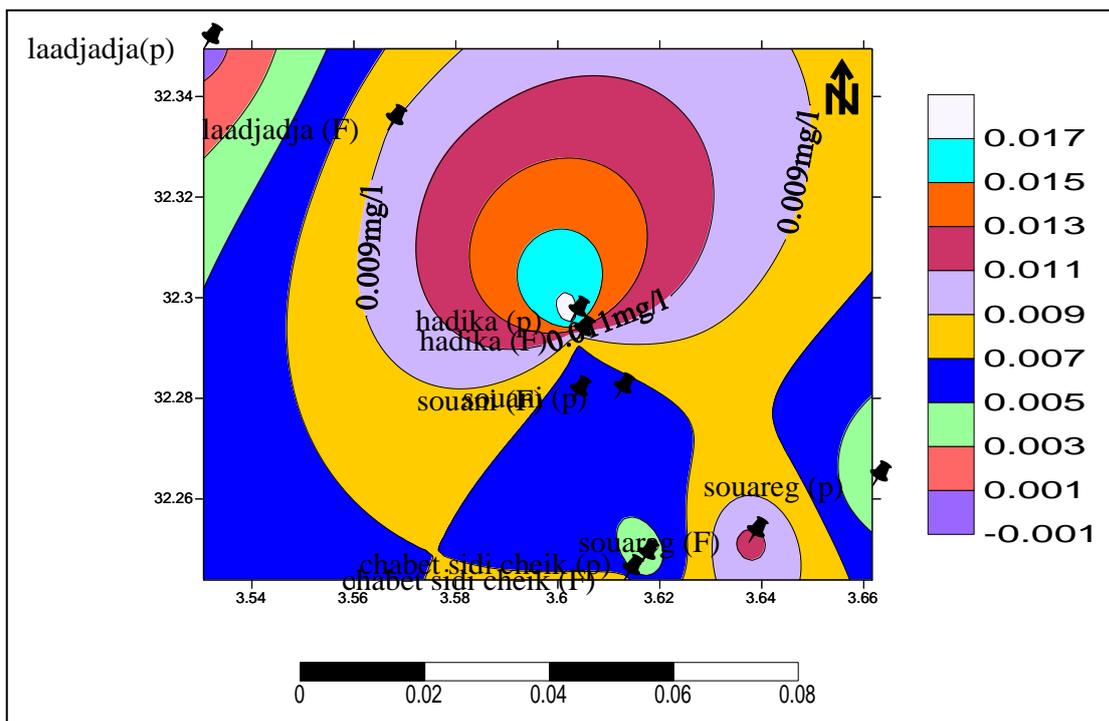


Figure 22: Variation de Phosphate (PO^{-4}) par rapport à la norme OMS



Carte 06: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Phosphate

4.2.6. SULFATE

Pour la nappe albien les concentrations en sulfates atteignent un maximum de 971,54 mg/l pour le forage de Chabet Sidi Cheik dépassent la norme de l'OMS de 48%, par contre aux autres forages sont au-dessous de la norme. Vu la profondeur du forage de 480 m, séparé du niveau phréatique par un toit situé à 300 m, seule explication de la valeur élevée au niveau de ce forage est due à deux raisons, en l'occurrence, la première est due à la formation géologique, la seconde est probablement d'une contamination accidentelle de surface au niveau de ce forage. Nous privilégions la première raison.

En ce qui concerne la nappe phréatique, la teneur en sulfates présente une valeur minimale de 8,22 mg/l pour le puits de El Hadika et une valeur maximale de 939,06 mg/l pour le puits de Souareg, ce dernier dépasse les limites fixées par l'OMS d'un pourcentage de 46% (figure 23 et la carte 07), cette cause est due à une source de pollution de surface, favorisant d'avantage l'option d'utilisation des pesticides agricoles.

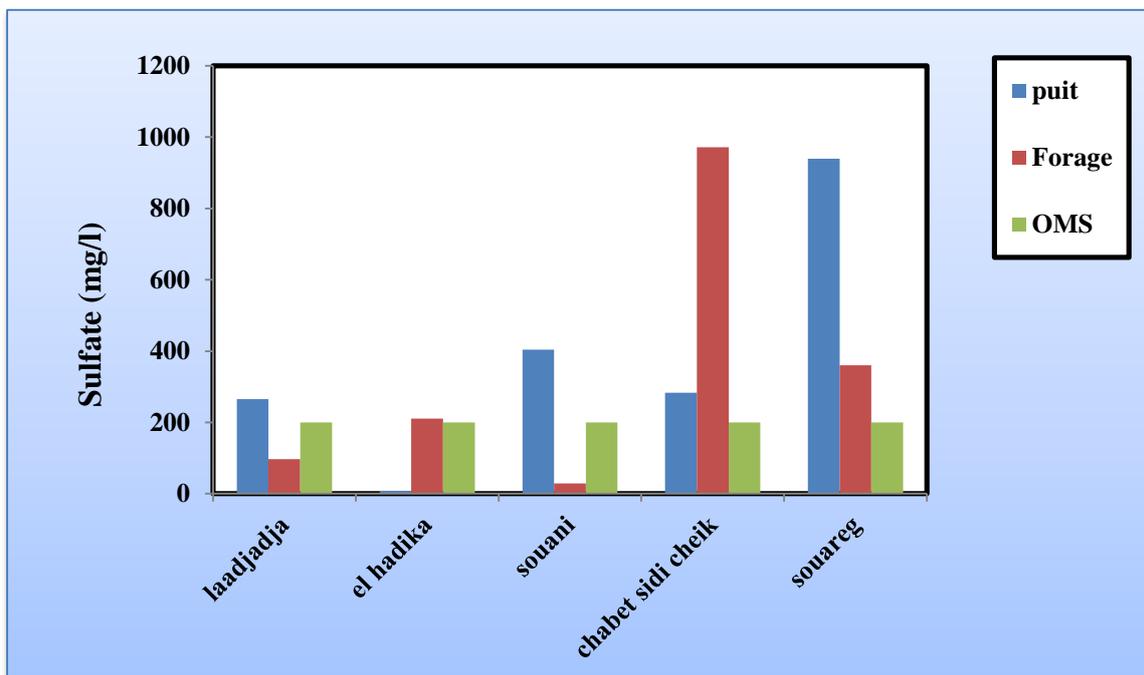
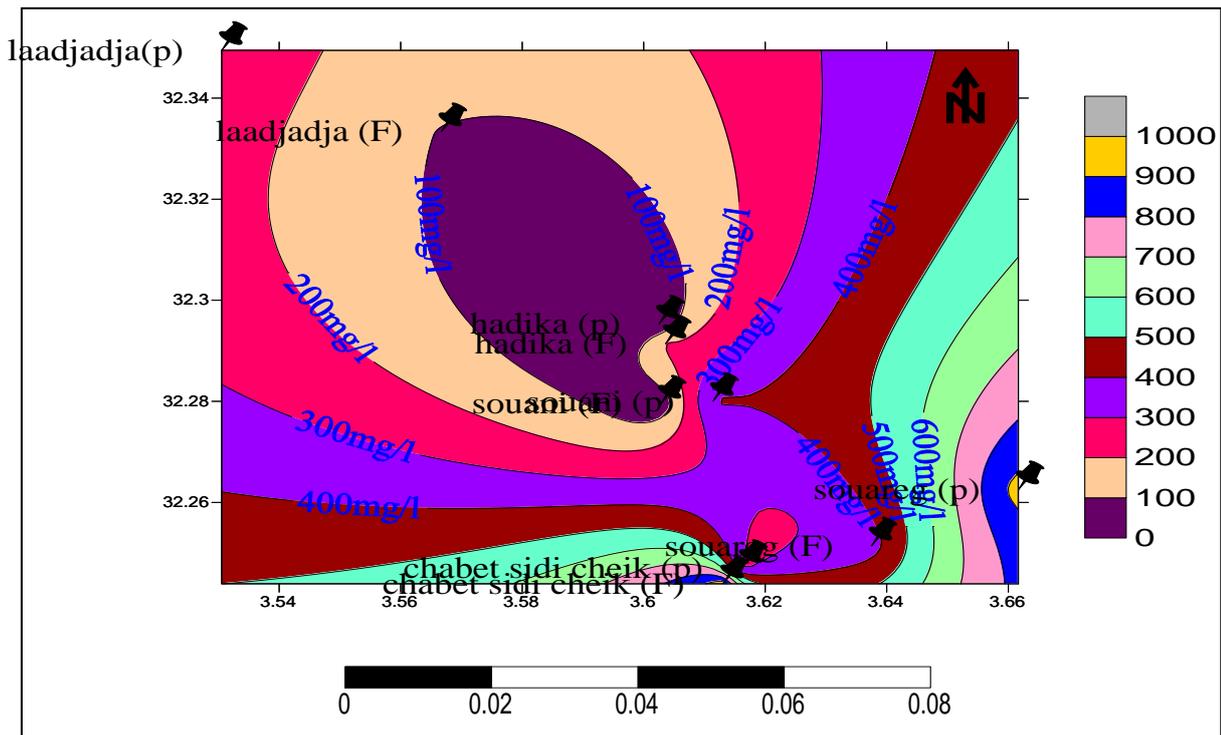


Figure 23: Variation de Sulfate par rapport à la norme OMS



Carte 07: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Sulfate

4.2.7. CHLORURE

D'après la carte, les teneurs des chlorures observées sur l'histogramme et la répartition graphique de Surfer, ne respectant pas les normes d'OMS à l'exception des puits (nappe phréatique) d'El Hadika, de Ladjadja et de Chabet sidi cheik, ainsi que le forage de Souareg dont la valeur est pratiquement proche à la valeur admissible (nappe albien) (figure 24 et carte 08).

Ceci est dû à l'interprétation suivante, cette teneur en chlorure est pratiquement due à la désinfection, la valeur basse pour les puits d'El Hadika, de Ladjadja et de Chabet Sidi Chiek est expliquée par le fait que les puits appartiennent à des privés qui ne se soucient pas à désinfecter les eaux de leurs puits au niveau du puits même (peut-être à leurs domiciles), sauf à Souareg la valeur élevée est signe que le propriétaire du puits est soit au courant de la probable infection du puits, informé ou méfiant, ce qui le pousse à désinfecter son puits par l'utilisation des chlorures.

Quant-aux valeurs élevées des eaux de la nappe albienne, ceci est dû à la désinfection de ses eaux par le gestionnaire (ADE), avant leur distribution à la consommation de la population.

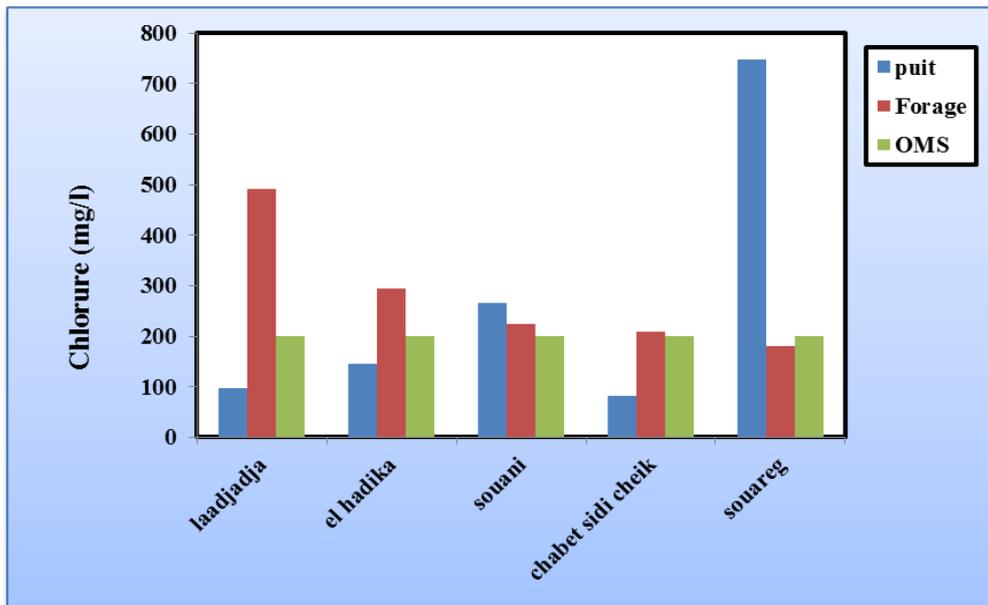
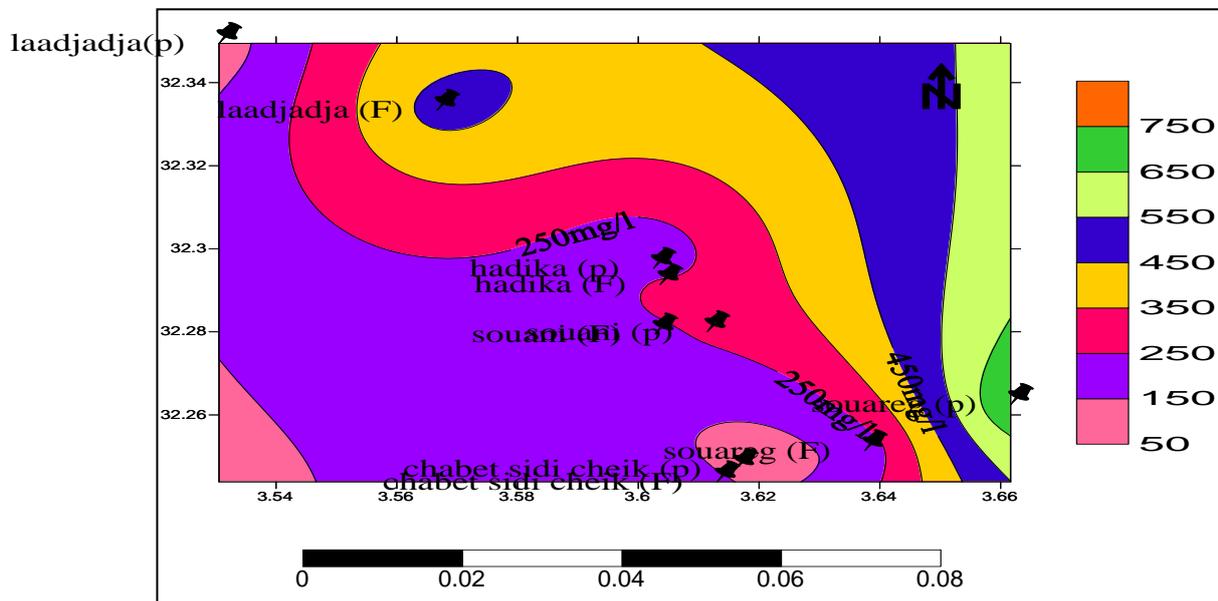


Figure 24 : Variation de Chlorure par rapport à la norme OMS



Carte 08: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Chlorure

4.2.8. TURBIDITE

Tous les points d'eaux analysés respectent les normes de l'OMS. Les eaux souterraines ne sont pas turbides (figure 25 et carte 09).

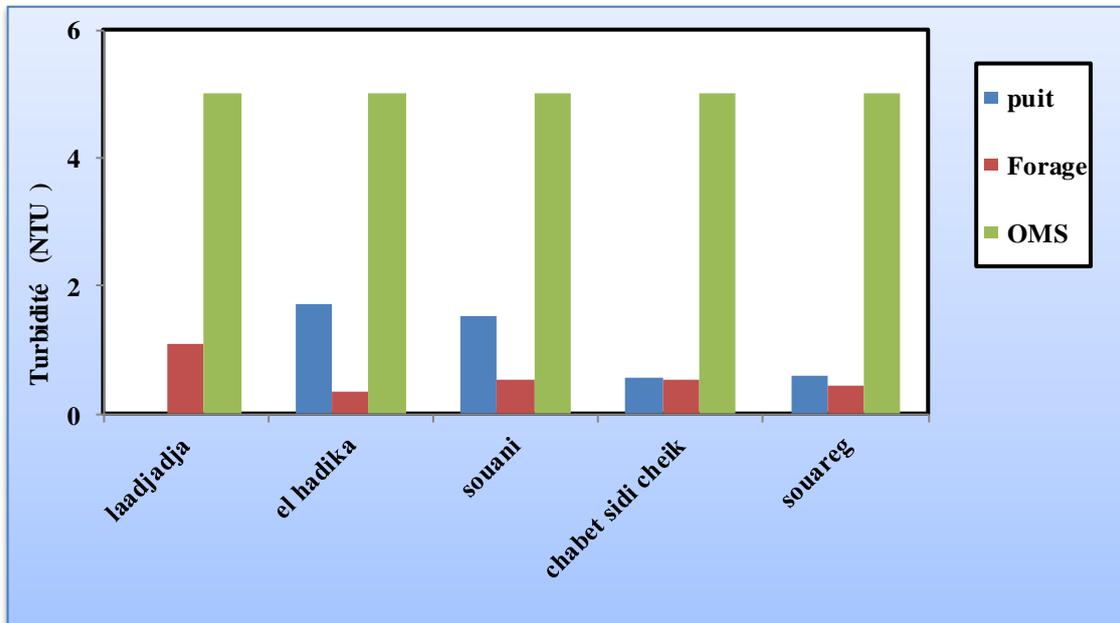
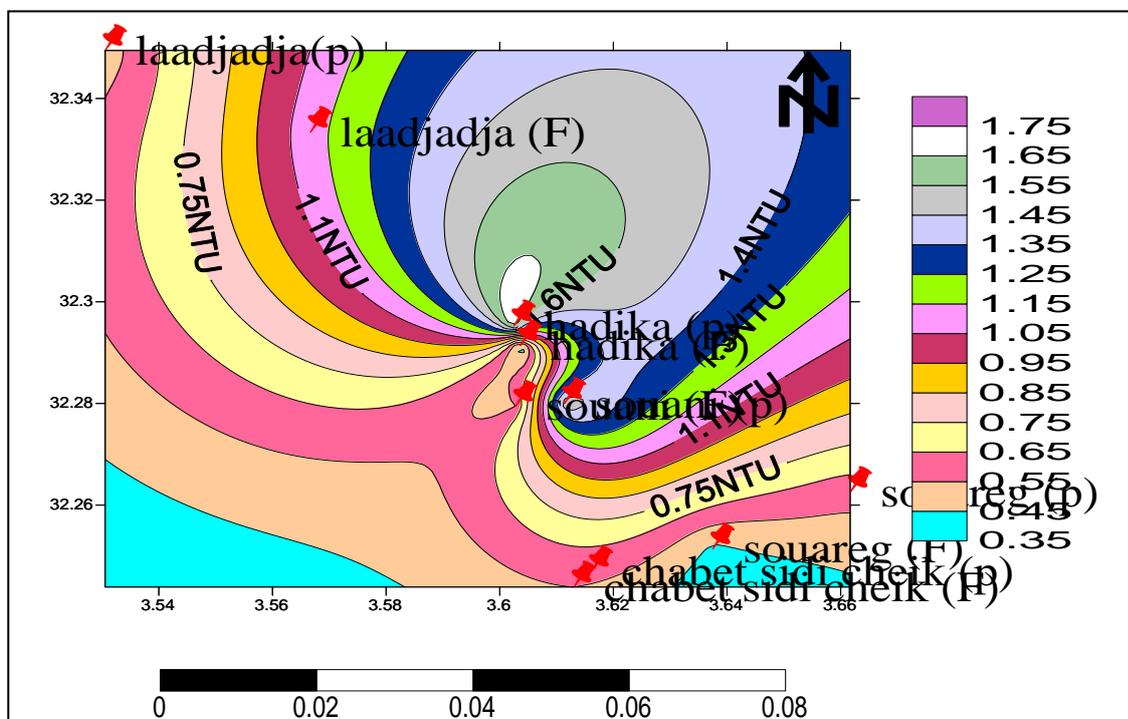


Figure 25: Variation de Turbidité par rapport à la norme OMS



Carte 09: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Turbidité

4.2.9. DURETE

Les points d'eau analysés sont aux alentours ou dépassent la norme admissible, présentant ainsi une eau souterraine moyennement dure à très dure surtout le puits de Soureg dont le dépassement est de 68% par rapport à la norme. Ceci est dû à la nature calcaireuse du terrain, nécessitant une précipitation de la dureté (figure 26 et carte 10).

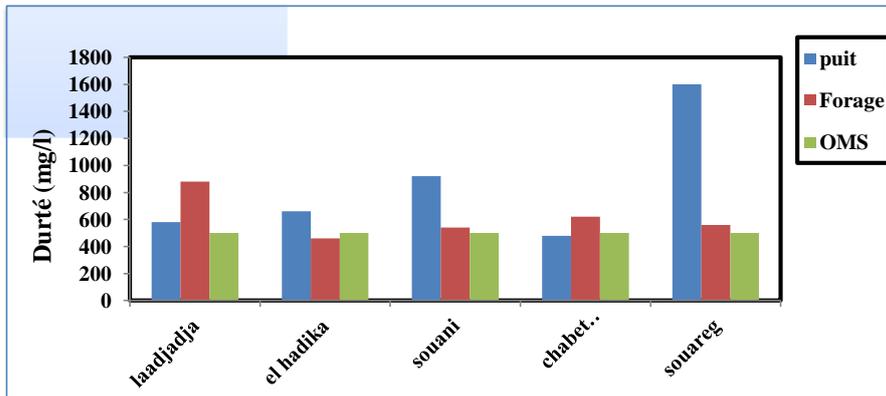
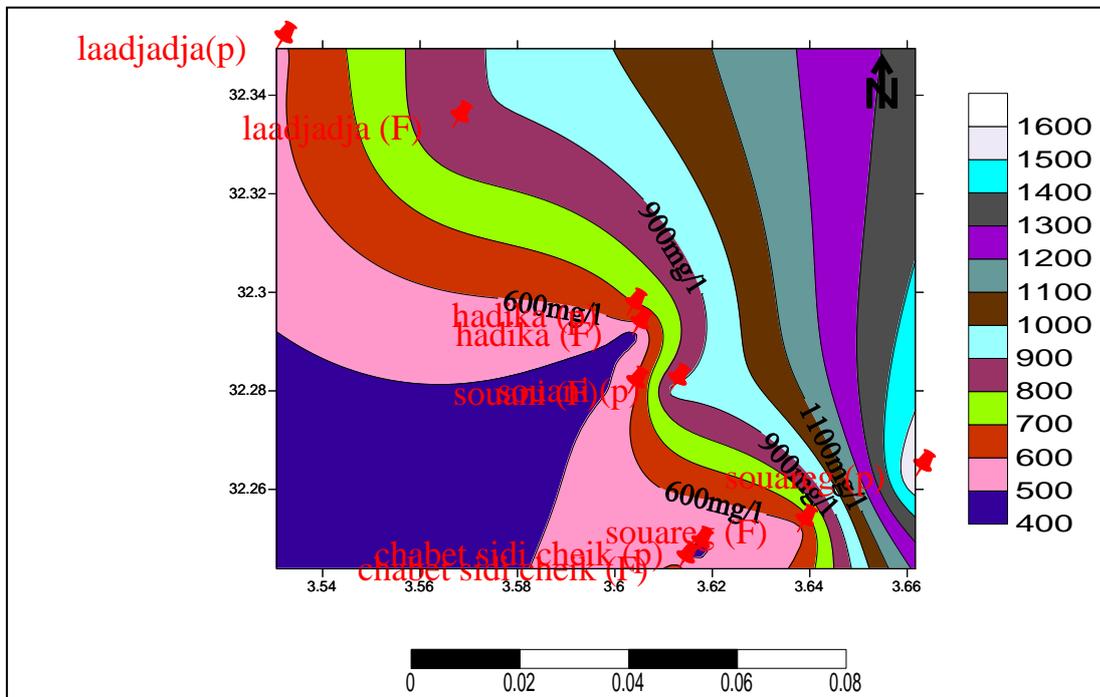


Figure 26: Variation de dureté par rapport à la norme OMS



Carte 10: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de dureté

4.2.10. TAC

Les eaux de la nappe albienne et phréatique respectent les normes de l’OMS, sauf le puits de Souareg qui est n’est pas dans les normes par un pourcentage de 24% (figure 27 et carte 11).

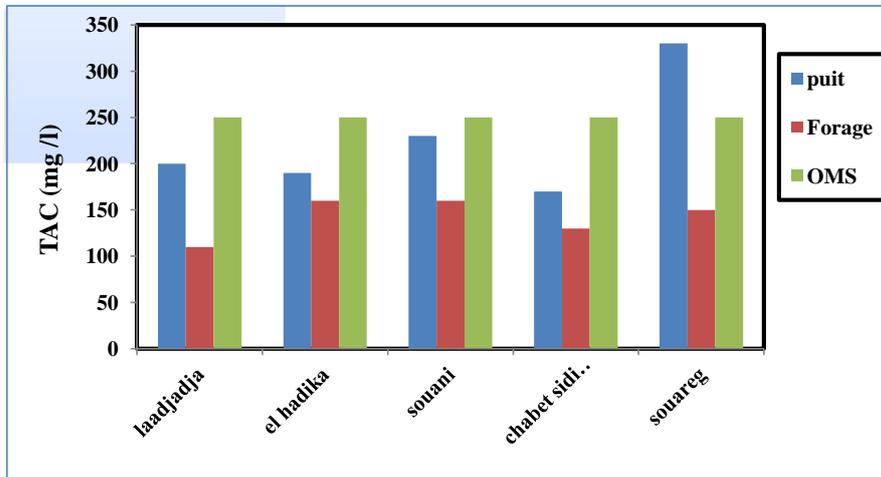
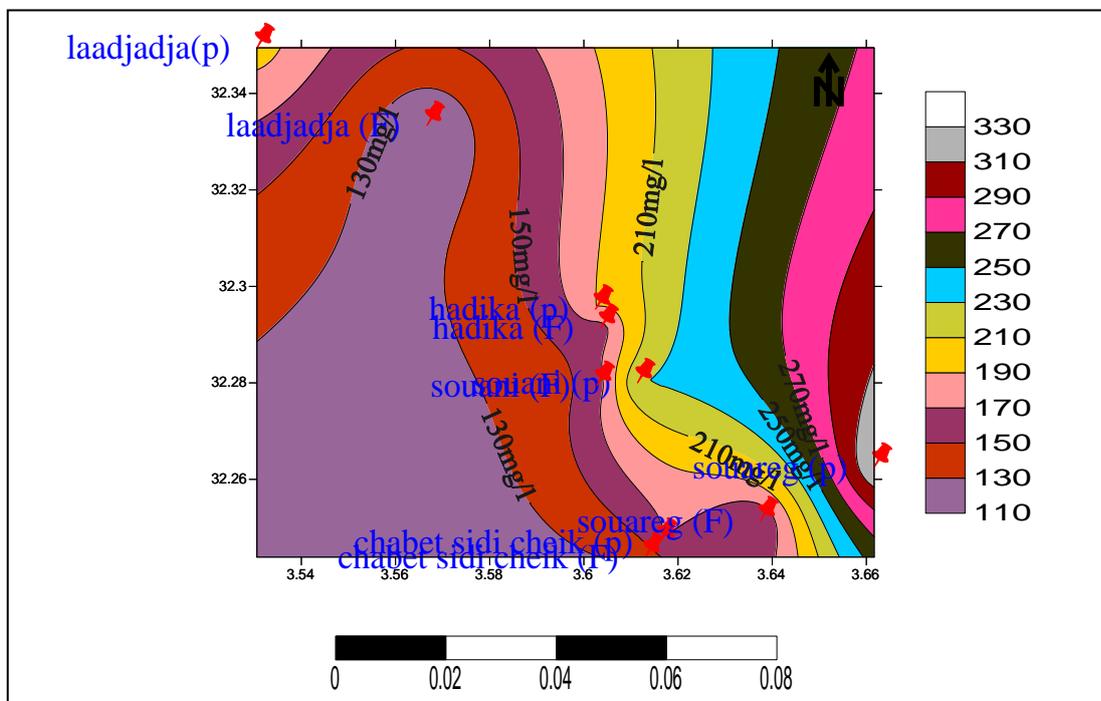


Figure 27: Variation de TAC par rapport à la norme OMS



Carte 11: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TAC

4.2.11. CALCIUM

D'après les résultats les teneurs en calcium sont conformes aux normes de l'OMS, sauf le puit de Souaerg qui dépasse la norme par un faible pourcentage de 0,7% (figure 28 et carte 12).

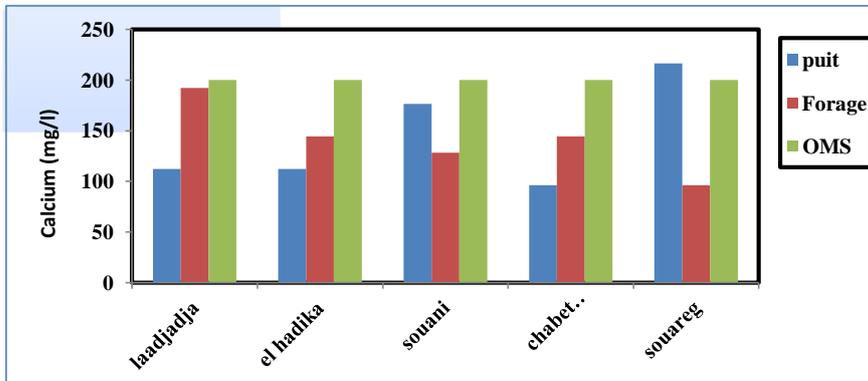
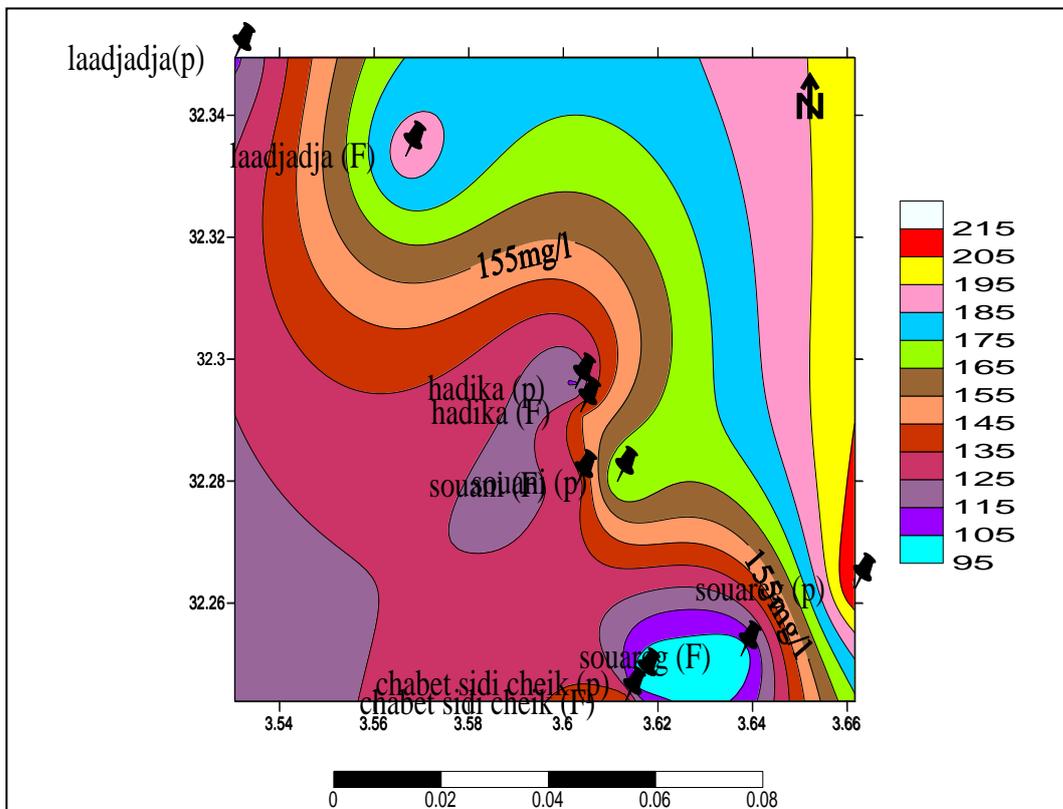


Figure 28: Variation de Calcium par rapport à la norme OMS



Carte 12: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Calcium

4.2.12. MAGNESIUM

Les résultats obtenues montrent que la concentration de Mg^{2+} varie entre 24,3 mg/l et 257,58 mg/l respectent la norme de l'OMS pour les deux nappes albienne et phréatique (figure 29 et carte13). Tandis que le puits de Souareg, nous remarquons un dépassement de 92% par rapport aux normes OMS, ceci ne peut être expliqué que par l'utilisation massive des engrais dans cette région.

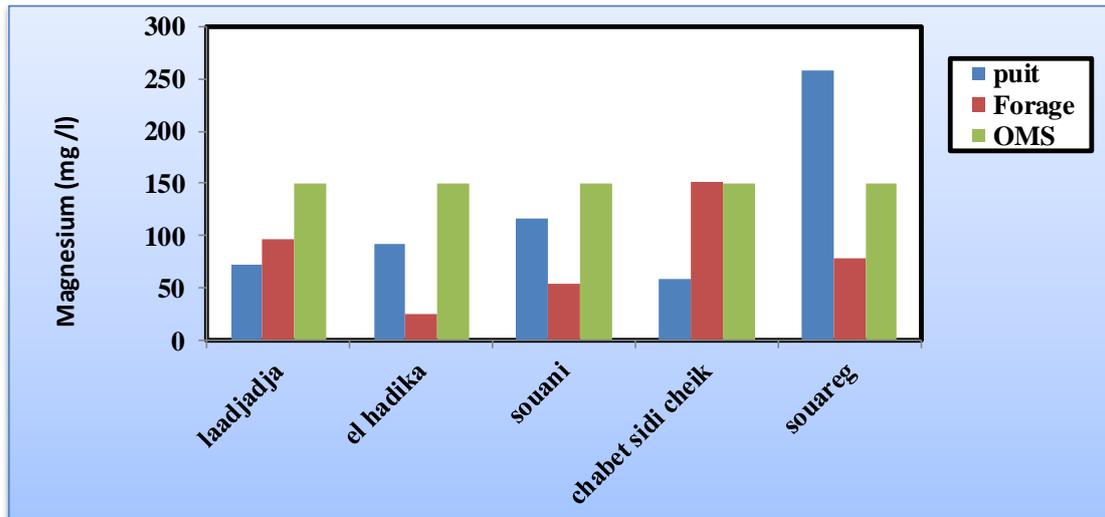
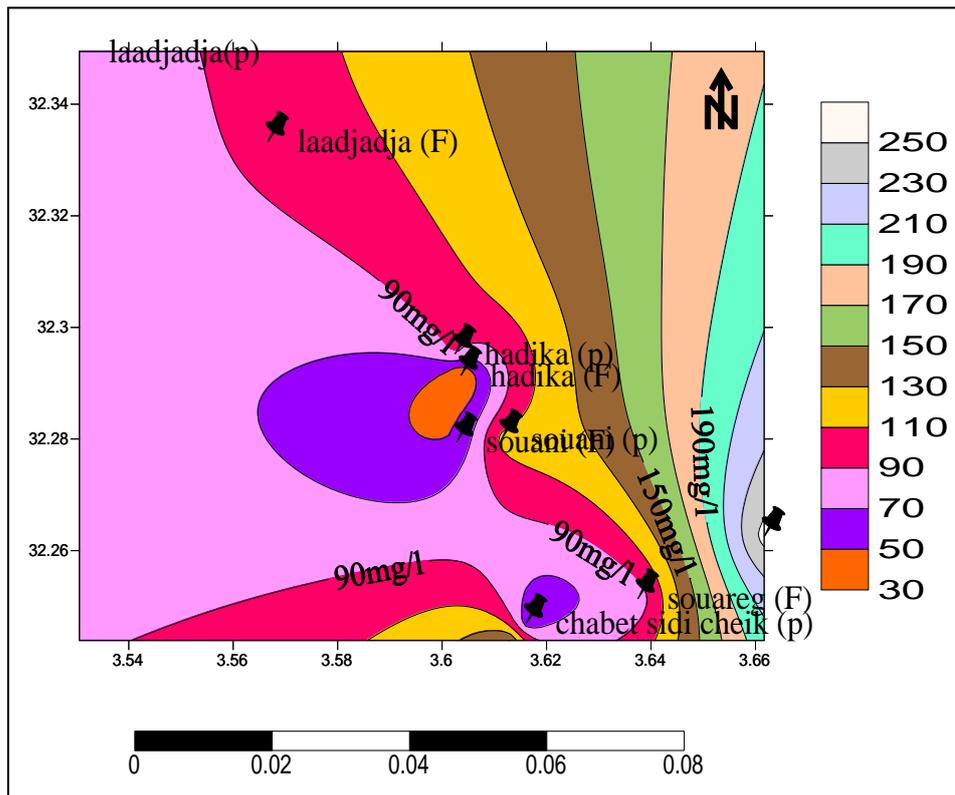


Figure 29: Variation de Magnésium par rapport à la norme OMS



Carte 13: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Magnésium

4.2.13. SODIUM

Les teneurs en sodium des nappes phréatiques et albiennes sont conformes aux normes de l'OMS, ces dernières oscillent entre 40 mg/l et 158,48 mg/l, sauf la puit de Souareg (nappe phréatique) qui dépasse les normes par un pourcentage de 35% (figure 30 et carte 14). La source de Sodium pour les nappes phréatiques est principalement due à la perdition de surface généralement par l'utilisation d'engrais et pesticides.

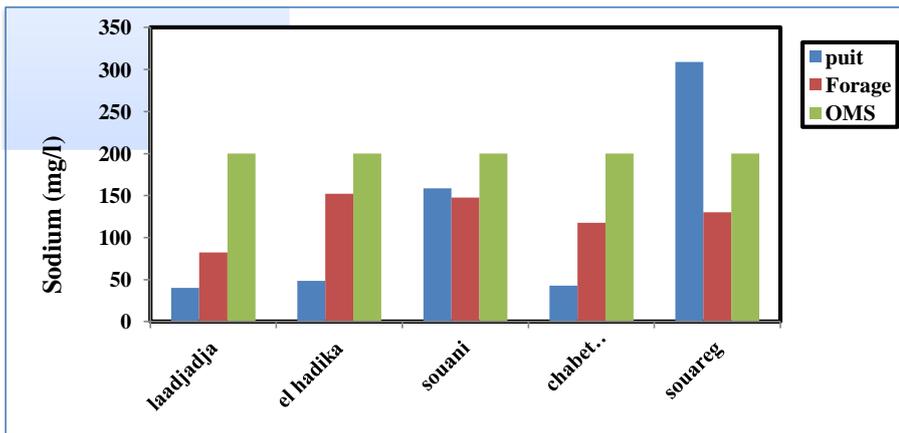
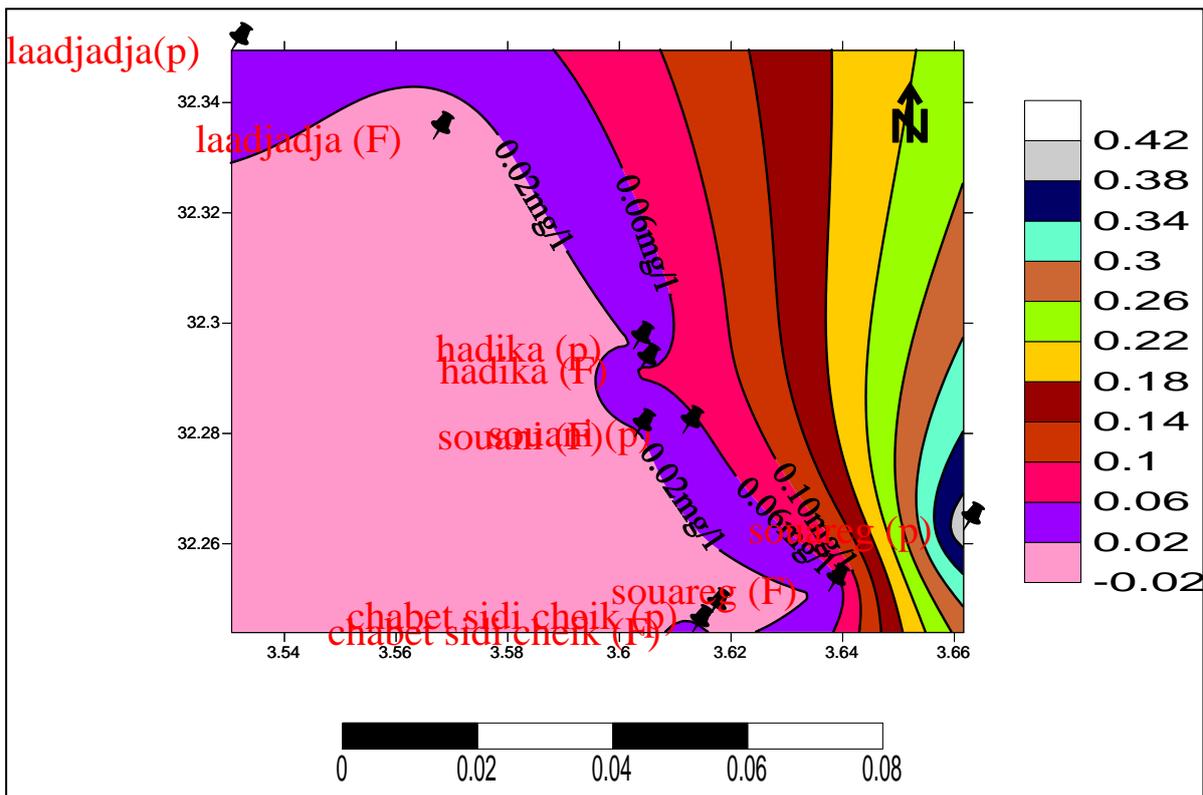


Figure 30: Variation de Sodium par rapport à la norme OMS



Carte 14 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Sodium

4.2.14. POTASSIUM

Nous observons que les concentrations de potassium dans les eaux de la nappe phréatique et albiennne sont comprises entre 4.16 et 36.66 mg/l, qui sont acceptable d'après les normes d'OMS, à l'exception de puits de Souareg qui dépasse la norme par un pourcentage de 45% (figure 31 et carte 15). Dont la source principale la plus probable ne peut être que l'utilisation de produits chimique de fertilisation du sol.

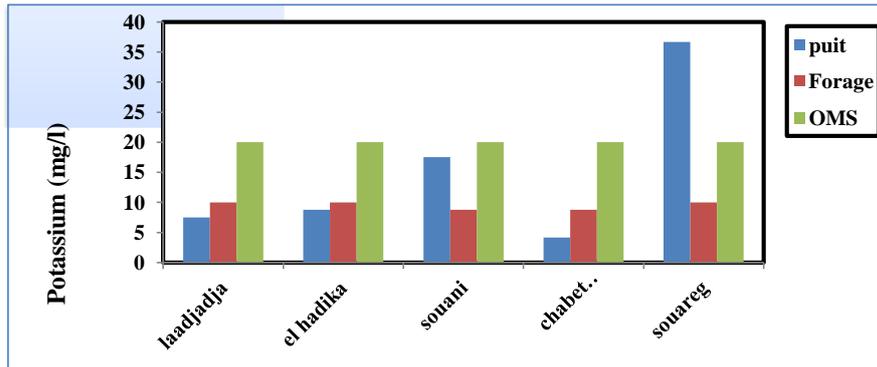
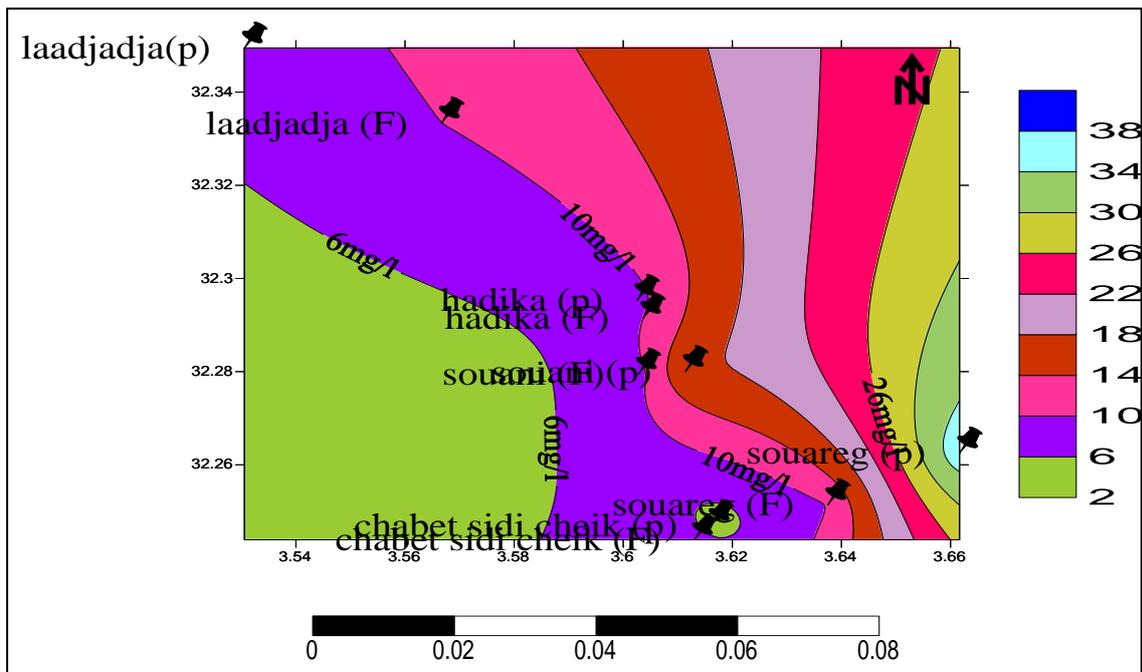


Figure 31: Variation de Potassium par rapport à la norme OMS



Carte 15: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Potassium

4.2.15. FER

Les valeurs des concentrations en fer pour la nappe albien et phréatique étant très faibles, elles respectent les normes d’OMS (figure32 et carte16).

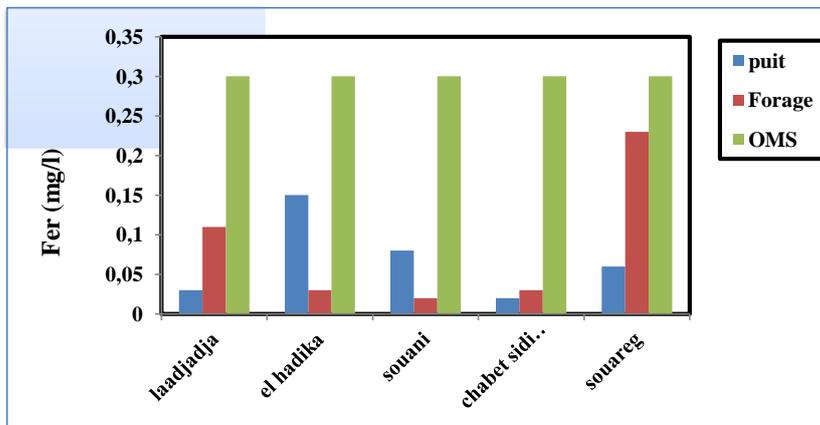
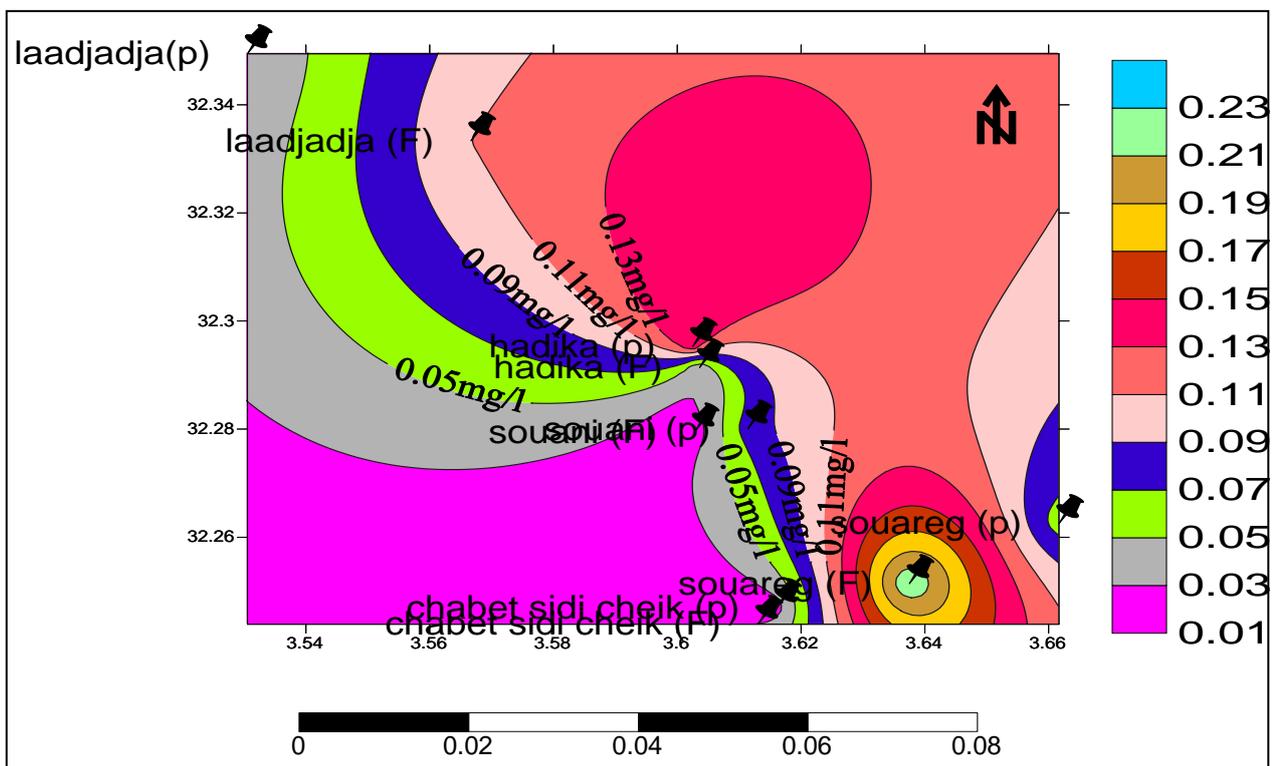


Figure32 : Variation de Fer par rapport à la norme OMS



Carte 16: Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Fer

4.2.16. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les valeurs de la conductivité (figure 34 et carte 17) varient entre 827 à 3770 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la nappe phréatique et de 1170 à 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la nappe albiennne. Ces valeurs sont admissible d'après les normes d'OMS, donc ces eaux ne sont pas salin avec une exception de le puits de Souareg qui atteint un maximum de 3770 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ce qui représente environ 33% de dépassement par rapport aux normes, ce qui implique une salinité d'eau élevé. Ceci reste totalement prévisible pour ce puits à causes du taux élevés des différents ions chimiques déjà déterminés dans les eaux souterraines de ce puits, dont la cause principale pointée du doigt est l'utilisation de fertilisants et pesticides chimiques.

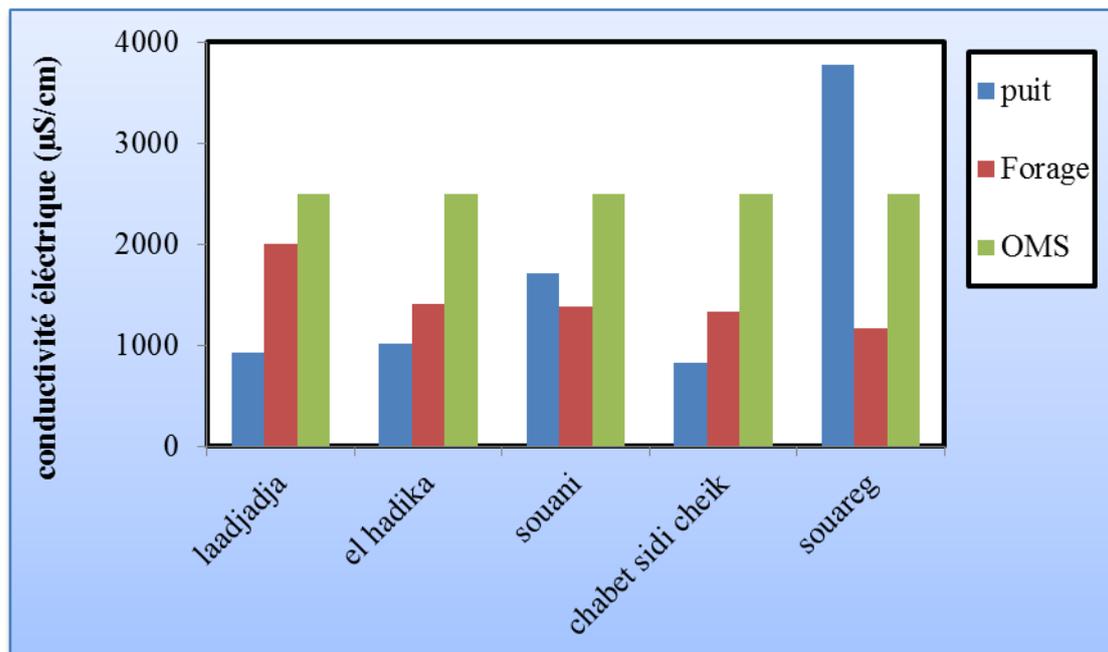
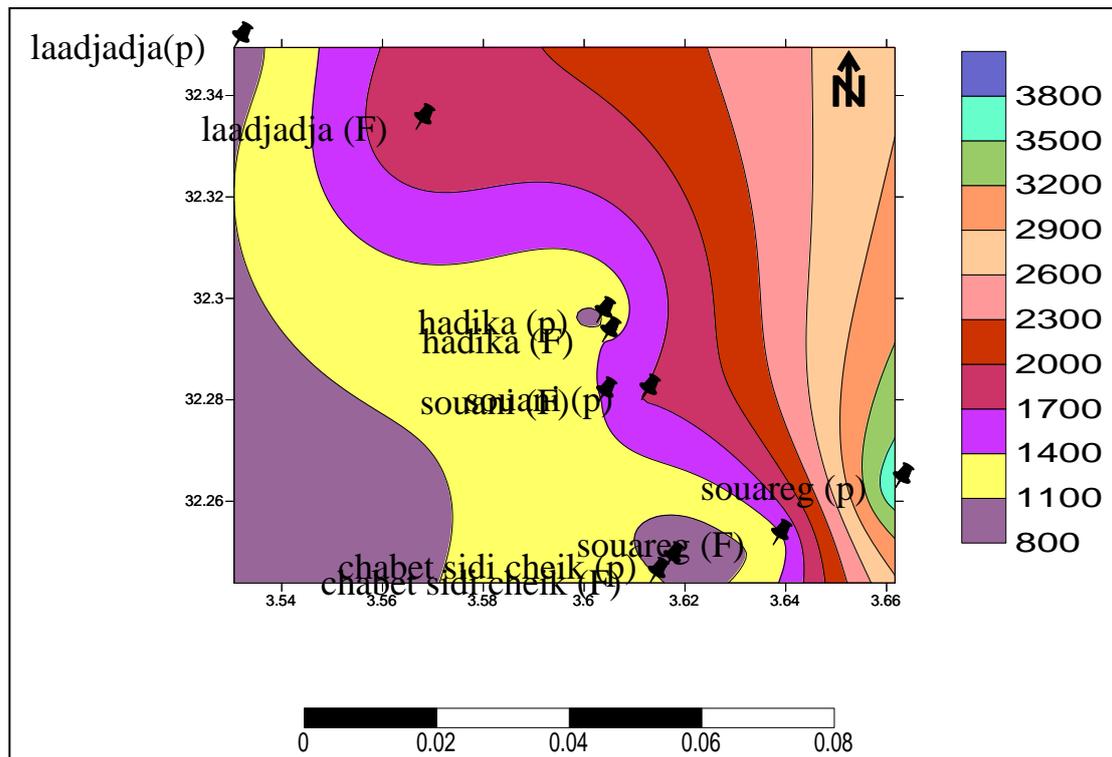


Figure34 : Variation de CE par rapport à la norme OMS



Carte17 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de CE

4.3. CLASSIFICATION CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

4.3.1. CLASSIFICATION DES EAUX SELON PIPER

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs.

Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques (Figure 35).

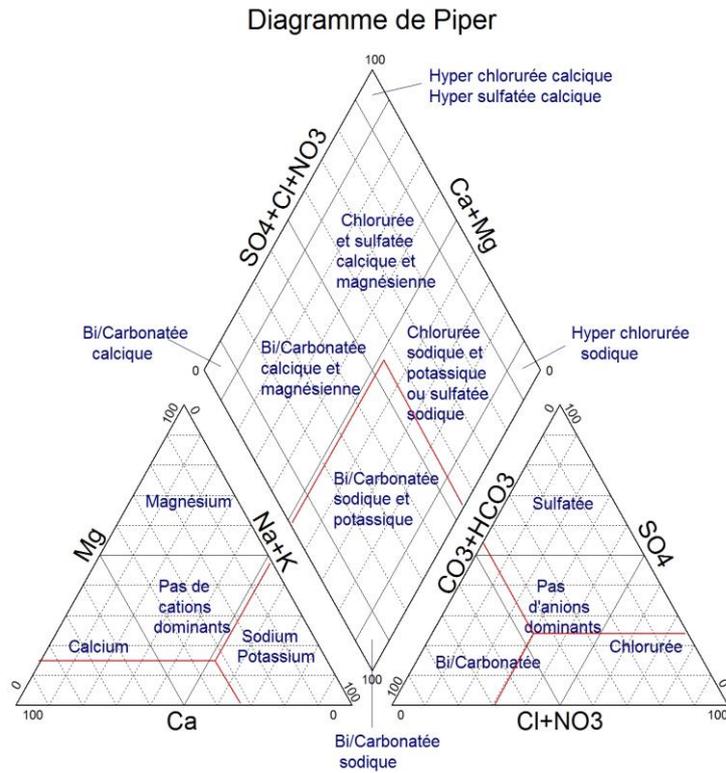


Figure 35: Représentation du diagramme de Piper

Pour mieux classer nos eaux souterraines analysées, nous avons présenté l'ensemble des résultats des analyses chimiques des eaux toutes confondues sur le diagramme de Piper (Figure 36).

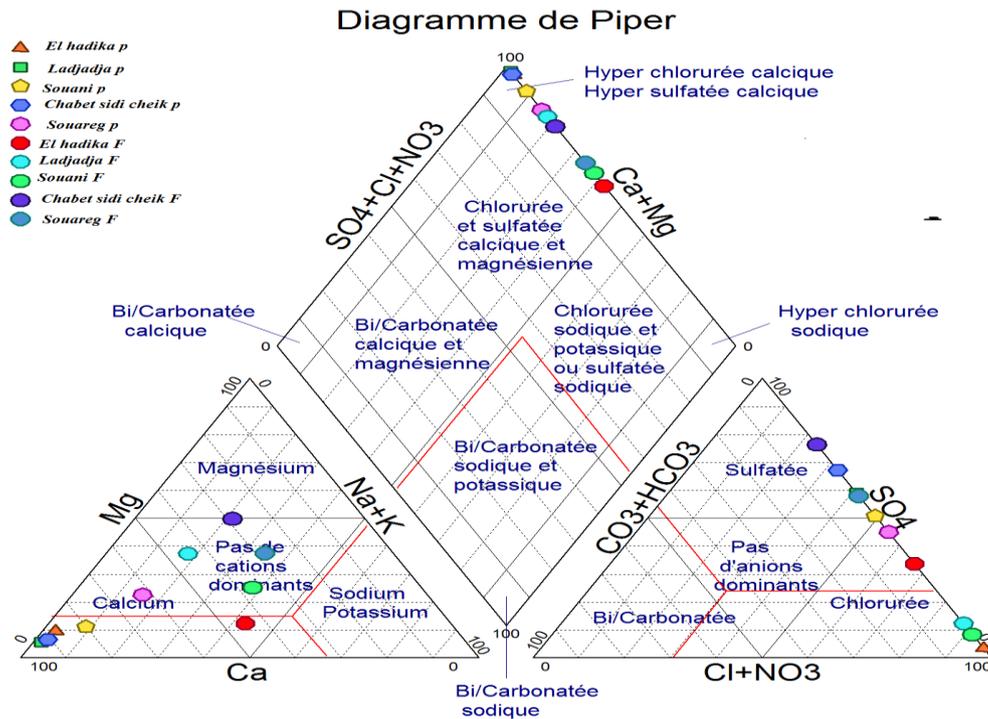


Figure 36 : Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER

Selon le diagramme, l'ensemble des eaux souterraines analysées, sont plus que 50% hyper chlorurée, moyennement sulfatés, les puits sont faiblement bicarbonatés, et les forages ne présentent pas de cations dominants.

Chimiquement nos eaux points de vu minérale ne sont pas riches, elles sont dures et sont classées chlorurées.

CONCLUSION

CONCLUSION

Le contrôle continu de l'eau potable distribuée aux populations est d'une grande importance ; c'est la principale étape de prévention contre les maladies à transmission hydrique surtout au niveau des pays chauds comme le cas de l'Algérie en général et ses régions sud en particulier.

L'objectif de cette étude est de juger la qualité des eaux à la ville de Metlili à partir du continental intercalaire (albien) et complexe terminal (phréatique).

Pour ce cela, nous avons mis en place des analyses physico-chimiques des eaux de cinq puits et cinq forages enclavent la ville de Métlili, utilisées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Cette procédure d'étude physico-chimiques nous l'avons effectué selon les normes d'art de prélèvement et d'analyse au laboratoire, la démarche détaillé nous l'avons bien décrit dans la partie théorique de chapitre matériels et méthodes, tout en désignant et localisant les points d'eau prélevés, leurs destination et utilisation.

L'évaluation hydro-chimique du point de vue potabilité la nappe phréatique et la nappe albien, a indiqué que l'ensemble de nos eaux sont point de vu physico-chimique pratiquement potable, acceptable à la consommation et bonne pour l'irrigation.

Nous avons remarqué également que des précautions sont faite sur une partie des points d'eau destinés directement à la consommation, par l'utilisation de désinfectant, nos eaux sont également dure 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.

Toutefois, nous tenons à remarquer l'exception que fait le puits de Souareg, dont les eaux enregistrent souvent un taux élevé dans les paramètres que nous avons analysés. Notre diagnostic des différents résultats concernant ce puits, et suivant notre connaissance et investigation de terrain, nous a permis que la cause principale est l'utilisation probablement massive des engrais et pesticides, qui trouve refuge à cette partie des eaux par infiltration suite au lessivage du sol.

Ceci signalé, nous suggérons un suivi rigoureux pour ce puits surtout l'observation d'un taux de nitrite et nitrate élevé, signe de présence

bactériologique, indiquant certainement la contamination de ce puits par des polluants organique en plus dès la pollution chimique.

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

Enfin, ce travail à indiquer la nette différence entre la nappe albienne bien protégée par rapport à la nappe phréatique, que les eaux très profondes sont bonnes à la consommation divers après amélioration par traitement de la dureté.

Notre étude est exempte d'analyse bactériologique, nécessaire pour cerner le caractère exacte de nos eaux analysées, nous souhaitons que se travail fera objet d'une continuation et élargissement sur l'ensemble des puits et forages de la région, ce qui permettra de ressortir toutes les anomalies, les qualités et les suggestions utiles et nécessaires à entreprendre.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ACHOUR M., 2005.** Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de ghardaia rapport, ANRH.
- **ACHOUR M., OUAISSI SEKOUT B., 2003.** Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la valle Metlili (Ghardaïa). Rapport, ANRH.
- **A.N.R.H., 2003.** Notes relatives à l'étude de la nappe phréatique de la vallée du M'Zab, Rapport de l'Agence nati. res. hyd.
- **A.N.R.H., 2007.** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ouargla, Rapport de l'Agence nati. res. Hyd.
- **AROUA .A., 1977.** L'homme et son milieu .ED ; 531/ 77.
- **BOUZIANI. M., 2000.** L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON, ORON.
- **BREMOND R., PERRODON C., 1976.** Paramètre de la qualité des eaux 2emeedition pp71.
- **DAJOZ R., 1982.** Précis d'écologie. Paris, Bordas.
- **DEGREMOT., 1989.** Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques.
- **DPAT., 2010.** Direction de planification et l'aménagement de territoire.
- **JANKOVIC.S., 1974.** Manuel de chimie de l'environnement, Organisation mondiale de la santé Genève 1974.
- **HASSANI T., 2009.** Contribution à la caractérisation des eaux de puits de la palmeraie Est de la commune Ghardaïa. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P.
- **HELLA F., OURIHAN D., 2004.** 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.
- **KETTAB A., 2000.** Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision. Ed, 2000, 25-33pp.
- **KHADRAOUI A et TALEB S., 2008 .** Qualité des eaux dans le sud Algérien. Ed, 2008 Khayam. Constantine.

- **LADJEL F., TOUDEF T., 2002.** control de paramètre physico –chimique et bactériologique d'une eau de consommation .rapport d'Epteo.pp5.6.12.
- **MAYER A., 1954.** Les terrains perméables .Ed DUNOD PARIS.
- **MELLAK D., 2009.** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P, 89p.
- **ONM., 2012.** Office national de Météo.
- **REMINI B.,** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 1383.
- **RODIER J., 1996 ;** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. eaux de mer.8eme .ed .Du Rod. Paris pp 748 45.
- **RODIER.P., 2004.** Techniques de réhabilitation des sites et sols pollués, Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement, 2004.
- **Rodier J., 2005.** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod .
- **THIERRIN ET AL, THIERRIN J., STEFFEN P., CORNAZ S., VUATAZ F D., BALDERER W. et LOOSER., 2001.** Guide pratique de l'échantillonnage des eaux souterraines. Éd. Bureaux CSD et SJ GEOTEC, Porrentruy.
- **Site web**
<http://earth.google.fr/>

Annexes

Annexes

BEN ABDERRAHMANE. H



Forage (nappe albien)



Puits (nappe phréatique)

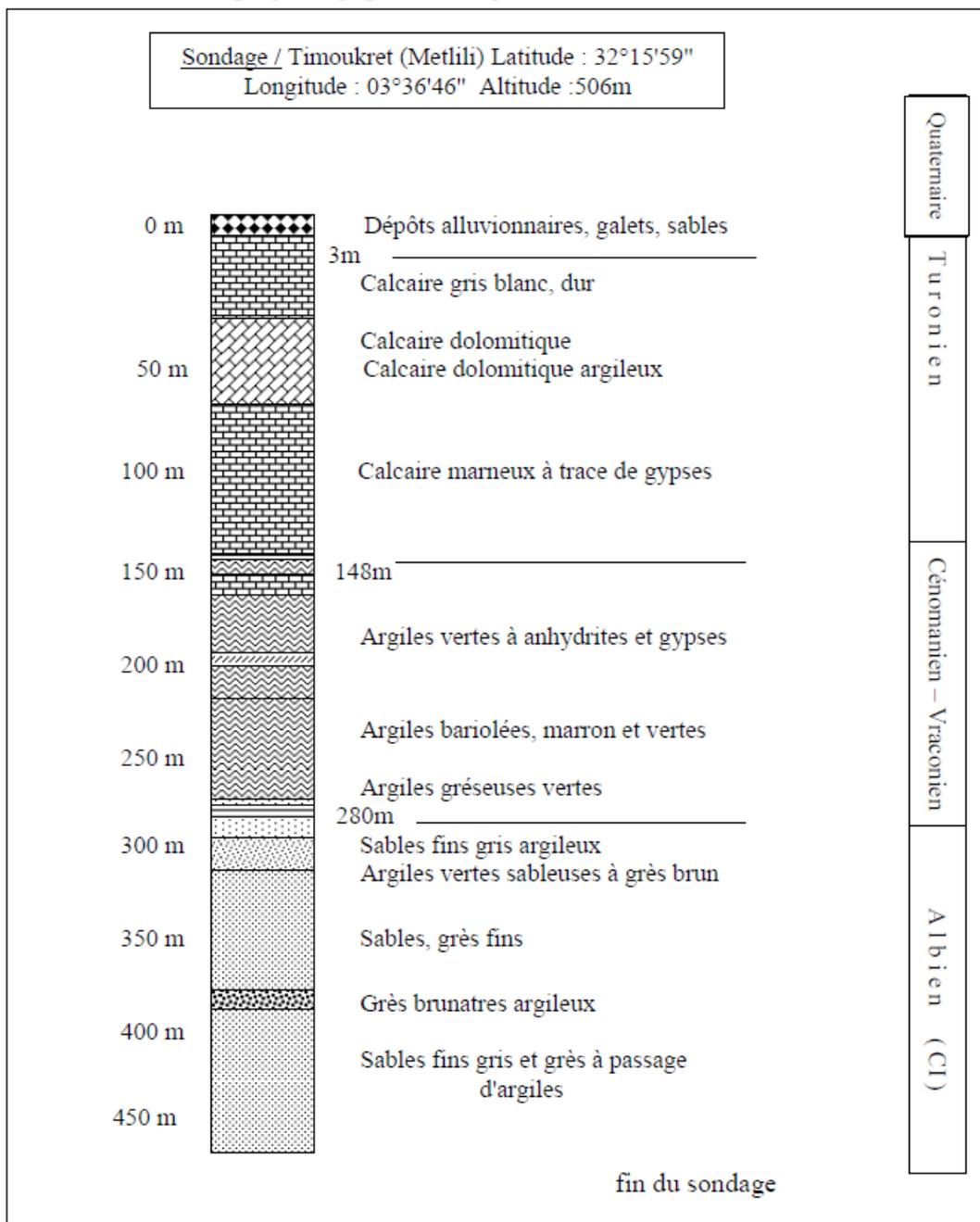
Nom du Forage	NAPPE	Coordonnées Lambert			PROFONDEUR AQUIFERE		caractéristiques des forages							
		X	Y	Z	Toit (m)	Mur (m)	Ø (")	Profondeur (m)	débit mob (L/s)	Niveau statique (m)	débit exploitation L/s	date mise en service	dispositif comptage Oui/Non	DUREE ANUELLE DE POMPAGE (h)
LAADJADJA	Albien	03 33 43	32 17 50	529	300	450	13 ^{3/8}	450	45	/	40	1987	Non	7300
HADIKA	Albien	03 36 13	32 17 29	525	300	400	13 ^{3/8}	400	35	/	35	1957	Non	7300
SOUANI	Albien	03 36 10	32 16 47	517	300	450	13 ^{3/8}	450	45	/	45	1984	Non	7300
CHAIBET SIDI CHEIKH	Albien	03 36 47	32 14 38	510	300	480	13 ^{3/8}	480	35	/	31	1996	Non	7300
CHABET GFOUL SOUAR	Albien	03 38 15	32 15 05	489	300	500	13 ^{3/8}	500	35	/	33	1983	Non	7300

Réservoir 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	Noumerat	B	1992	1500	AEP
12	La zone	B	1995	750	AEP

P1	Puits Ladjadja
F1	Forage Ladjadja
P2	puits ElHadika
F2	Forage ElHadika
P3	Puits Souani
F3	Forage Souani
P4	Puits Chebet sisi cheik
F4	Forage Chabet sisi cheik
P5	Puits Souareg
F5	Forage Souareg

Coupe géologique (sondage de Timoukret – Metlili)



Les normes OMS de l'eau potable (HASSANI T., 2009)

Paramètres physicochimiques	Unité	Normes OMS
Température	°C	≤25
pH	-	6,5-8,5
Turbidité	NTU	5
Oxygène dissous	mg/l	5
Conductivité	μS/cm	2800
TAC	°F	≥2,5
TH	°F	≤50
Résidus secs	mg/l après séchage	max 2000
Sodium	mg/L	200
Magnésium	mg/L	150
Calcium	mg/L	200
Potassium	mg/L	20
Sulfates	mg/L	200
Chlorures	mg/L	200
Fer total	μg/L	300
Nitrates	mg/L	max 50
Nitrates	mg/L	max 0,1
Ammonium	mg/L	max 0,5
Phosphate	mg/L	max 0,5

ملخص:

الغرض من هذا العمل هو وصف نوعية المياه للطبقة السطحية و العميقة في مدينة متليلي. تحقيقا لهذه الغاية اجرينا القياسات و التحاليل الفيزيو كيميائية لهذه المياه الجوفية، ما سمح بتبيان الخصوصيات الكيميائية لهذه المياه الجوفية، لاسـتعمالها للشرب، و الفلاحة وكذا الرعي. تقييم الجودة الهيدرو كيميائية من ناحية الشرب بينت ان غالبية المياه للطبقتين ذات نوعية جيدة موافقة لمعايير المنظمة العالمية للصحة.

الكلمات الدالة : المياه الجوفية، التحاليل الفيزيو كيميائية، متليلي، معايير المنظمة العالمية للصحة

Résumé :

L'objet de ce travail est de définir le caractère physico-chimique des eaux de la nappe phréatique et albien de la ville de Metlili. A cette fin, Une campagne de mesures et d'analyses était effectuée sur dix (10) points d'eau souterrains. Ceci nous a permis de caractériser la qualité de ces eaux souterraines en vue de leur utilisation dans l'alimentation en eau potable, l'irrigation, et même pour l'élevage.

L'évaluation de la qualité hydrochimique point de vue potabilité révèle que la majorité des eaux de la nappe albien et phréatique sont de qualité conforme aux normes OMS.

Mots clés : Caractère physico-chimique, Métlili, Mesure, Norme OMS.

Abstract:

The object of this work is to define the physico-chemical character of water and groundwater Albian city Metlili. For this, a series of measurements and analysis was conducted on ten (10) points underground water. This has allowed a characterization the quality of groundwater for use in water supply, irrigation, and even livestock.

The evaluation of the hydrochemical quality standpoint potability reveals that the majority of water from the Albian and water table quality are consistent with OMS standards.

Keywords: physico-chemical character, Metlili, measurements, standards