

REPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DE SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRE

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master 2

Option

Restauration des milieux aquatiques continentaux

Thème

**EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX
DES FORAGES DE LA PLAINE DE
MITIDJA**

Présenté par :

DJELLATA SELMA

Devant le jury :

M^{me} Hamzi
M^{me} Chaichi .W
M^{me} HAMAIDI F
M^{me} ZAMICHE S

Président de jury
Examinatrice
Promotrice
Co-promotrice

MAA Université de BLIDA 1
MAA Université de BLIDA 1
MCA Université de BLIDA 1
Doctorante à l'université de Blida

2016 -2017

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il ma donné durant toutes ces années d'étude.

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier tous ceux qui ont contribué à sa réalisation et en particulier :

A ma promotrice M^{me} HAMAIDI F, pour sa patience , aide et ses conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

A ma Co-promotrice M^{me} ZAMICHE S , pour son aide , sa gentillesse et pour sa disponibilité de tout les instants .

A M^{me} HAMZI W pour avoir accepté de présider notre honorable jury et qui ne cesse de nous donner de son expérience .

A M^{me} CHAICHI W pour avoir accepté d'examiner ce travail .

Au personnel du laboratoire de la SEAAL de la wilaya d'Alger en particulier M^{me} MANEL ET FATIMA et AFFAF .

Au personnel du laboratoire l'ADE de Chiffa de la wilaya de Blida .

Au personnel du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida M^r HMIDA , M^r TEFAHI .

Dédicace

Je dédie ce modeste travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon Entourage

à

Ma mère et mon père, pour leurs patiences, conseils, aident et aussi leurs encouragement à la réalisation de ce modeste travail.

« Je vous remercie encore , mes parents »

Mon frère et sœurs dont je suis si fière.

Dalila pour sa gentillesse et ses aides précieuses .

Mon Professeur et mon chef de service M^r Meghlaoui et M^r Benchikh pour son aide et son encouragement durant le cycle d'étude .

Mes collègues et amis pour leurs soutiens et leurs aides durant ce travail.

Ma chère confidente M^{me} Mihoub qui a constamment été d'un immense soutien tout au long de formation et ce travail .

Toutes les personnes que je porte dans mon cœur .

Liste des abréviations

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques

Al : Aluminium

Ag : Argent

As : Arsenic

ASR : Spores d'Anaérobies sulfito-réducteurs

Ba : baryum

B : Bore

CT: Coliformes totaux

CF :Coliformes Fécaux

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

CN : Cyanure

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

CFA : Analyse à flux continu.

CE : Conductivité électrique

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique

EPA : Eau Peptonée Alcaline

F : Forage

Fe : Fer

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline Biliée

Hg : Mercure

ICP-OES : Spectromètre à émission optique avec plasma induit par haute fréquence.

ISO : International Organisation of Standardisation

ID : indénombrable

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

M : Mole

Mn : Manganèse

Mo : Molybdène

Ni : Nickel

NTU : Nephelometric Turbidity Unit .

NF : Norme Française

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Pb : Plomb

QC: Contrôle Qualité.

SF : Streptocoques fécaux

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

SFB : Bouillon Sélénite –Cystéine

Sb : Antimoine

Se : Sélénium

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

TSI : Triple Sugar Iron

TTC : Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium

UFC : Unité Formant Colonie

VF : Viande de Foie

Zn : Zinc

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	Page
I :	Principales maladies d'origines hydrique et leurs agents pathogènes	13
II :	Caractéristiques des forages.....	21
III :	Résultats des analyses de la turbidité en (mg/l) dans les dix sept forages de la Plaine de Mitidja	46
IV :	Résultats des analyses de l'azote ammoniacale en (mg /l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja	48
V :	Résultats des analyses des nitrites en (mg /l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja.....	49
VI :	Résultats des analyses des ortho phosphates en (mg/l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja	51
VII :	Résultats du Titre Alcalimétrique Complet en (mg /l) dans les forages de la plaine de la Mitidja.....	51
VIII :	Résultats du Titre Hydrotimétrique au niveau des forages de la plaine de la Mitidja.....	55
IX :	Résultats de sodium en (mg/l) au niveau des forages de la plaine de la Mitidja.....	58
X :	Résultats de potassium en (mg/l) des eaux de forages de la plaine de la Mitidja	59
XI :	Résultats des paramètres polluants Métaux lourds 1 ^{ère} et second campagne (Mois de Février , Mai).....	67
XII :	Résultats des analyses bactériologiques pour la première et la seconde campagne 2017	69
XIII :	Bassin versant de la plaine de Mitidja et les principaux oueds.....	Annexe 01
XIV :	Distribution générale des formations du remplissage de la Mitidja.....	Annexe 01
XV :	Normes de qualité selon l'OMS et le JORA.....	Annexe 02
XVI :	Résumé statistiques des paramètres physico-chimiques.....	Annexe 06
XVII .a :	Résultats des analyses physico-chimiques la 1 ^{ère} campagne (15 Février)	Annexe 06
XVII. b :	Résultats des analyses physico-chimiques la 2 ^{ème} campagne (15 Mai)..	Annexe 06

Listes des figures

N° Figure	Titre	Page
01	Situation géographique de la plaine de Mitidja	15
02	Les sous bassins versants de la plaine de la Mitidja	16
03	Aperçu géologique de la plaine de Mitidja.....	18
04	Réseau d'échantillonnage.....	22
05	Diagramme de Piper.....	42
06	Le diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF.....	42
07	Variation de la température au niveau des eaux des forages de la plaine de la Mitidja...43.	
08	Variation de pH au niveau des forages de la plaine de la Mitidja.....	44
09	Variation de la conductivité au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja...45	
10	variation d'oxygène dissous au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja .47	
11	Variation de nitrate au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja.....	49
12	Variation de sulfate au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja.....	52
13	Variation de Chlorure au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja	53
14	Variation de la teneur en Bicarbonate au niveau des eaux de forages de la plaine de Mitidja	54
15	Variation de Calcium au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja.....	56
16	Variation de Magnésium au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja.....	56
17 a	Diagramme de Piper 1 ^{ère} campagne de Février.....	60
17 b	Diagramme de Piper second campagne de Mai.....	61

18 a : Classification hydrogéochimique des eaux souterraines de la nappe de Mitidja à partir de Diagramme de Schoeller- Berkaloff 1 ^{ère} campagne de Février	61
18 b : Classification hydrogéochimique des eaux souterraines de la nappe de Mitidja à partir de Diagramme de Schoeller- Berkaloff second campagne de Mai	62
19 a : Classification des eaux selon le diagramme de Richards 1 ^{ère} campagne.....	63
19 b : Classification des eaux selon le diagramme de Richards second campagne	64
20 a : Classification des eaux selon le diagramme de Wilcox 1 ^{ère} campagne.....	65
20 b : Classification des eaux selon le diagramme de Wilcox second campagne.....	65
21 : Recherche et dénombrement des Coliformes totaux	Annexe 05
22 : Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérants et <i>Escherichia Coli</i>	Annexe 05
23 : Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.....	Annexe 05
24 : Dénombrement des Streptocoques du groupe « D »	Annexe 05
25 : Dénombrement des clostridium sulfito –réducteurs ASR	Annexe 05
26 : Recherche et dénombrement des salmonelles	Annexe 05
27 : Recherche et dénombrement de Vibriion cholérique.....	Annexe 05

Glossaire

Alluvions : Argile , limon ,sable , gravier, cailloux ou autre matériaux détritiques déposés par l'eau (**Drobenko et Sironneau . 2008**).

Eutrophisation : enrichissement des eaux en nutriments , notamment de phosphore et l'azote , qui vont favoriser la croissance des végétaux (**Feuchtmayr et al ., 2009 ; Mama , 2010**).

Grés : roche sédimentaire détritique constituée de grains de silice et de sable quartzeux agglomérés par un ciment naturel (**Ouna –Aly ,2000**).

Lithologie : nature des roches formant une couche géologique (**Rekacewicz et Diop , 2004**).

Pliocène : période correspondant à la fin de la 1 ère cénozoïque , le quaternaire a débuté il y a environ 25 millions d'années et remonte à 12 millions d'années (**Ouna –Aly ,2000**) .

Quaternaire : division du temp géologique dans la 1 ère cénozoïque , le quaternaire a débuté il y a environ 25 millions d'années, à la fin de 1 ère tertiaire et s'étend jusqu'à nos jours (**Landry et Mercier . 1999 ; Ouna –Aly . 2000**) .

Substratum : affaissement progressif d'une zone de l'écores terrestre (**Souter et al ., 2007**).

Surface piézométrique : surface dont les points sont à un niveau égal à la hauteur piézométrique dans un aquifère donné (**Kresic . 2007 ; Hudak . 2005**) .

Vulnérabilité : la vulnérabilité d'une nappe d'eau souterraine à la pollution chimique matérialise la facilité avec laquelle elle peut être atteinte par une pollution chronique ou accidentelle , diffuse ou ponctuelle (**Chery . 2006 ; Gouaidia .2008**) .

Glossaire

Alluvions : Argile , limon ,sable , gravier, cailloux ou autre matériaux détritiques déposés par l'eau (**Drobenko et Sironneau , 2008**).

Grés : roche sédimentaire détritique constituée de grains de silice et de sable quartzeux agglomérés par un ciment naturel (**Ouna –Aly , 2000**).

Lithologie : nature des roches formant une couche géologique (**Rekacewicz et Diop , 2004**).

Pliocène : période correspondant à la fin de la 1 ère cénozoïque , le quaternaire a débuté il y a environ 25 millions d'années et remonte à 12 millions d'années (**Ouna –Aly , 2000**).

Quaternaire : division du temp géologique dans la 1 ère cénozoïque , le quaternaire a débuté il y a environ 25 millions d'années, à la fin de 1 ère tertiaire et s'étend jusqu'à nos jours (**Landry et Mercier . 1999 ; Ouna –Aly , 2000**).

Substratum : affaissement progressif d'une zone de l'écores terrestre(**Souter *et al.* , 2007**).

Surface piézométrique : surface dont les points sont à un niveau égal à la hauteur piézométrique dans un aquifère donné (**Kresic , 2007et Hudak , 2005**).

Vulnérabilité : la vulnérabilité d'une nappe d'eau souterraine à la pollution chimique matérialise la facilité avec laquelle elle peut être atteinte par une pollution chronique ou accidentelle , diffuse ou ponctuelle (**Chery , 2006 et Gouaidia , 2008**).

Sommaire

Page

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTES DES ABREVIATIONS

LISTES DES TABLEAUX

LISTES DES FIGURES

GLOSSAIRE

RESUME

INTRODUCTION.....01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I . RESSOURCES EN EAU03

I.1 Eaux superficielles.....03

I.2 Eaux souterraines.....03.

 a . Nappes libres.....04

 b .Nappes profondes.....04

II . PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU.....05

II.1 Paramètres organoleptiques.....05

II.2 Paramètres physico-chimiques.....06

 A- Paramètres physiques06

 B- Paramètres chimiques.....07

 C- Minéralisation globale.....08

II.3 Paramètres microbiologiques10

II-3-1 Maladies bactériennes à transmission hydrique.....	13
III. ASPECT GENERAL DU SECTEUR D’ETUDE.....	14
IV -1 Aperçu géographique.....	14
IV-2 Aperçu climatiques et couvert végétal.....	16
IV- 3 Aspect socio-économique (Agriculture et Industrie).....	17
IV- 4 Aperçu géologique et Hydrogéologique.....	17
IV- 5 Ressource en eau de la plaine de Mitidja.....	19
IV- 6 Etat actuel des eaux de la nappe de Mitidja	19
 PARTIE EXPERIMENTALE	
 I. Matériel et méthodes.....	20
I.1. Echantillonnage et mode de prélèvements.....	20
I.1.1. Conservation et transport des échantillons	24
I.2. Analyses Physico-chimiques.....	24
A- Paramètres physiques.....	26
B- Paramètres chimiques de pollution.....	26.
C-Minéralisation globale.....	29
D- Paramètres chimiques indésirables.....	32
I.3. Analyses Bactériologiques.....	34
I.4. Analyses statistiques des données	41
I.5. Analyses hydro chimique et détermination des principaux facies chimiques.....	41
 II. Résultats et discussions	43
II-1- Paramètres physico-chimiques	43
II-1-1 Paramètres physiques.....	43

II-1-2 - Paramètre chimique de pollution	48
II-1-3 - Minéralisation globale	51
II-2- Facies chimiques des eaux souterraines de la plaine de Mitidja	59
II-2-1 Diagramme de piper	59
II-2-2 Faciès chimique selon SCHOELLER –BERKALOFF.....	61
II.3 Qualité des eaux pour l'irrigation.....	62
II-3-1 Diagramme de Richards	63
II-3- 2 Diagramme de wilcox.....	64
II-1-4 - Métaux lourds	66
II-4 Résultats des Paramètres Bactériologiques	69

CONCLUSION.....	73
------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Résumé

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique ainsi que la détermination des différents faciès chimiques des eaux issues de dix sept forages situés dans la région de la plaine de la Mitidja durant deux périodes (Février et Mai 2017).

Les résultats de différentes analyses ont permis de déterminer :

- ✓ La qualité chimique des forages échantillonnés pendant la période d'étude révèle une minéralisation moyenne (Chlorures ,Sulfates , Calcium et magnésium , sodium) avec des moyennes respectives (101, 98 mg /l , 149,76 mg/l , 101,57 mg/l , 68,57 mg/l , 83,23 mg/l) .
- ✓ Une pollution chimique permanente et diffuse par les nitrates durant la première campagne (période hivernale) avec une valeur maximale de 95 mg/l et une moyenne de 48,2 mg/l.
- ✓ Différents diagrammes ont été utilisés pour classer les eaux de la Mitidja en deux faciès : chloruré calcique sulfaté et magnésien, et Bicarbonaté calcique et magnésien. Quant à leur aptitude à l'irrigation, ces eaux se sont révélées moyennement minéralisées.
- ✓ L'analyse des métaux lourds ne montre aucune présence inquiétante d'éléments trace.
- ✓ Globalement, les eaux des forages échantillonnés présentent une bonne qualité bactériologique vis à vis des germes pathogènes.

Mots clés : Plaine de Mitidja , forages , analyses physico-chimiques , analyses bactériologiques , faciès chimiques , métaux lourds .

Abstract

This study was carried in the aim of evaluation the physicochemical and bacteriological quality as well as the determinations of the different chemical facies of water from seven drillings located in the Mitidja plain area during two periods (February and May 2017).

The interpretation of the different results has permitted to determine the :

- ✓ The chemical quality of the drillings sampled during the study period revealed average mineralization (Chlorides, Sulfates, Calcium and magnesium, sodium) with respective averages (101, 98 mg / l, 149.76 mg / l, 101.57 mg / l, 68.57 mg / l, 83.23 mg / l).
- ✓ A permanent chemical and diffuse pollution by nitrate particularly during the first campagne (high water) , with a maximum value of 95 mg/l and an average of 48,2 mg/l .
- ✓ Different diagrams have been used to classify the waters of Mitidja into two facies: chloride calcium sulphate and magnesium, and bicarbonate calcium and magnesium , as for their suitability for irrigation, these waters were found to be moderately mineralized.
- ✓ The analysis of heavy metals showed no disturbing presence of trace elements in water analyzedelevenpoints
- ✓ Overall, the waters of the drillings s sampled have a good bacteriological quality with respect to pathogenic germs .

Keywords : Plain of Mitidja area , drilling , physic-chemical analysis , bacteriological analysis , chemical facies , heavy metals .

ملخص

أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية وكذلك تحديد مختلف وجوه المياه الكيميائية من سبعة آبار تقع في منطقة سهل المتيجة خلال فترتين (فبراير وماي 2017)

حيث أظهرت نتائج تحليل تلك المعطيات ما يلي:

- ✓ كشفت النوعية الكيميائية للآبار التي تم أخذ عينات منها خلال فترة الدراسة عن تمعدن متوسطي (الكلوريدات والكبريتات والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم) بمتوسطات (98, 101 ملغ / ل، 149.76 ملغ / ل، 101.57 ملغ / ل ، ، 68.57 ملغ / ل ، 83.23 ملغ / ل) .
- ✓ تلوث كيميائي دائم ومنتشر بواسطة النترات في فترة الحملة الأولى (الفترة الشتوية) بأكبر نسبة 95 ملغ/ل ومعدل 48.2 ملغ / ل.
- ✓ وقد استخدمت مخططات مختلفة لتصنيف مياه المتيجة إلى وجهين: كلوريدي كالسيوم كبريتي ومغنزيوم ووجه بربونات كالسيوم ومغنزيوم وهي مياه مساهمة وقابلة للري
- ✓ أظهرت تحليل المعادن الثقيلة أنه لا وجود مقلق لهذه العناصر النادرة في المياه بالنسبة لسبعة عشر نقطة معيرة
- ✓ وعموما، فإن مياه الآبار التي أخذت عينات لها نوعية بكتريولوجية جيدة فيما يتعلق بالجراثيم المسببة للأمراض.

كلمة المفتاح : سهل المتيجة , الآبار, التحاليل الفيزيوكيميائية، التحاليل الميكروبيولوجية، الوجه الكيميائي، المعادن الثقيلة.

INTRODUCTION

L'eau est essentielle à la vie et au bien-être. C'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée. C'est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible. Elle participe aux cycles de vie des êtres vivants, par l'évaporation et l'évapotranspiration induites par l'énergie solaire, les précipitations, les écoulements de surface et souterrains constituent les étapes de ce cycle. Le problème de l'eau est une question de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressource et de pollution (**Lounnas ,2009**) . Pour cela une eau de bonne qualité physico-chimique et bactériologique est nécessaire pour la consommation par la population, pour la protection sanitaire du consommateur et du réseau de distribution (**OMS ,2008**).

L'Algérie par son climat se trouve confronté à une rareté et à une distribution irrégulière des pluies dans le temps et dans l'espace. La demande en eau que sa soit pour l'AEP, l'agriculture ou l'industrie ne cesse de croître et devient de plus en plus difficile à satisfaire à cause de l'accroissement de la population et l'insuffisance de l'eau. Néanmoins, ces ressources en eau, aussi bien de surface que souterraines, constituent l'une des principales richesses sur lesquelles repose la prospérité de ce pays dans l'avenir, ainsi que la réussite de son développement économique, agricole, industriel et social. Ceci oblige les décideurs à à protéger cette eau contre toutes formes de pollution (industrielle, agricole...)(**Belghiti et al., 2010**) .

La composition chimique d'une eau souterraine est très variée. Dans une nappe, l'eau peut subir les effets de plusieurs facteurs (concentration, échanges de base, réduction), qui sont capables de modifier partiellement ses caractéristiques chimiques. Dans une même nappe, on observe presque toujours des variations de l'amont vers l'aval. L'eau circule en lessivant les terrains encaissants et il peut y avoir, une augmentation de la concentration totale en sels dissous et des variations des valeurs des rapports caractéristiques qui peuvent nous renseigner sur l'origine des eaux (**Detay, 1993**).

La nappe aquifère de la Mitidja est considérée comme l'un des réservoirs souterrains les plus riches en Algérie. Sa surexploitation à des fins domestiques et agricoles la rend très vulnérable à la pollution. De plus l'utilisation intensive des amendements chimiques et

organiques peuvent sans doute être à l'origine de certaines pollutions de cette nappe (**Khoums , 2010**).

C'est dans ce contexte que nous avons réalisé cette étude sur les eaux de dix sept forages répartis dans différentes communes de la plaine de la Mitidja et qui a pour objectifs :

- ❖ Estimation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux et Vérifier si l'eau des forages étudiés n'est pas dangereuse pour la santé humaine et de ce fait est déclarée potable.
- ❖ Evaluer la variabilité hydrogéochimique de la zone d'étude.
- ❖ Détermination des principaux faciès chimiques.
- ❖ Caractérisation de l'eau des forages pour l'irrigation.

I. RESSOURCES EN EAU

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (**Boeglin, 1983**).

I-1 Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière (**Boeglin, 1983**).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants ou hydrologiques. Au cours de son cheminement, l'eau dissout et se charge des différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote) (**Guilbert, 2000**).

I-2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 20% des réserves d'eau soit environ 1000 millions de m³ (**Rodier et al., 1997**). Elles ont longtemps été considérées comme une source d'eau saine. Elles ont des propriétés étroitement liées à leur origine géologique (**Kaufman, 2003 ; Jeannin, 2001**).

Selon **Degrement (1989)**, la nature géologique de terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule ; il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau.

Ces eaux souterraines sont caractérisées par (**Jakson, 1986**) :

- ✓ Une faible turbidité et une grande limpidité.
- ✓ Une température comprise entre 15 et 20 c°.
- ✓ Une composition chimique constante.
- ✓ L'absence presque totale d'oxygène.

- ✓ Souvent d'une grande pureté bactériologique.

Le terrain dans lequel l'eau circule est dit aquifère. Selon le degré de porosité des roches qui composent les terrains, la nappe peut être constituée d'interstices, de fissures ou d'un réseau de celle-ci (**Limas,2003**). On peut distinguer deux types de nappes :

a. Nappes libres

Il ne s'agit pas d'une nappe à l'air libre, mais située dans le sol qui contient de l'air, appelé aussi « sol non saturé » (**Miquel, 2003**). Une nappe libre se définit donc comme une nappe dont le niveau piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (**Vilaginès, 2003**). D'après **Barbier (2011)**, elle est potentiellement vulnérable à la pollution.

➤ Nappes phréatiques

Lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontale et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. En période de sécheresse, les puits se tarissent (**Boeglin,2001**). Ces nappes sont une source importante d'eau potable et d'eau irrigation (**Milgrom et al.,2003**).

➤ Nappes alluvionnaires

Ce sont des eaux qui circulent dans les alluvions des grands oueds qui peuvent alimenter en eau les nappes phréatiques situées au niveau des berges. Mais il y a possibilité de contamination par les infiltrations superficielles (**Rodier et al., 1996**).

b. Nappes captives

Les nappes captives peuvent se définir comme « des nappes recouvertes par une couche de terrains imperméables ou peu perméables dont la surface piézométrique située au dessus du toit. Lorsque le niveau piézométrique de la nappe surplombe le sol, la nappe est dite artésienne. Dans ce cas, un forage conduit à un jaillissement spontané (**Vilaginès, 2003**) .

➤ Nappes profondes

Elles peuvent fournir des eaux naturellement utilisables à leur émergence naturelle (source) soit par forage ou par puits, sous réserves qu'elles soient protégées contre les infiltrations superficielles (**Rodier et al., 1997**).

II . PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU

L'eau pour l'alimentation doit satisfaire aux exigences de qualité en fonction de divers paramètres qui sont : organoleptiques , physico-chimique et microbiologique (**Gazzaniga et al., 1998**)

II-1 Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques doivent être appréciés au moment des prélèvements car certaines odeurs peuvent disparaître pendant le transport .L'aspect de l'échantillon peut également se modifier au cours du stockage (**Rodier et al.,2005**).

❖ Couleur

La couleur peut être due à certaines impuretés minérales mais le plus souvent à certaines matières organiques dissoutes (**Degremont , 2005**), la coloration de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu' 'elle est due aux seules substances en solution; Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (**Fall, 2007**) .

❖ Odeur

L'eau destinée à la consommation humaine doit être incolore. L'existence d'une odeur est synonyme de la pollution ou de présence de matière organique en décomposition, ce qui est dangereux pour la santé des consommateurs (**Fall, 2007 ;Rodier et al.,2009**).

❖ Goût ou saveur

Le goût peut être défini comme étant « l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune, presque lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche » tandis que la saveur peut être définie comme étant « l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs »

(**Rodier et al.,2005**). Chaque eau possède un goût qui est en partie liée à sa composition minérale (**Teillet et al., 2008**) .

II-2- Paramètres physico-chimiques

A- Paramètres physiques

❖ Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels (**Rodier et al., 1997**).

❖ pH

Le pH détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, ainsi que l'état d'équilibre des éléments chimiques (**Debeiche ,2002**) . Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur indique une pollution (**Seghirir, 1996**) .

❖ Conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le Calcium, le Magnésium , le Sodium, le Potassium, les bicarbonates, etc..., plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (**Hade, 2002**)

❖ Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (**Boeglin , 1983**) .

B- Paramètres chimiques

❖ Matières organiques

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de la décomposition des cadavres d'animaux et des végétaux par des bactéries ou des champignons inférieurs. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs : excréments racinaires des plantes et déjections d'animaux (**Lefevre,1993**). C'est une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne (**Celerier et Faby ,2003**).

❖ Azote ammoniacale (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est la forme inorganique la plus réduite de l'azote dans l'eau. Il constitue une forme très soluble qui résulte de la décomposition de la matière organique azotée (d'origine animale ou végétale) ou de la réduction microbienne des nitrates ou des nitrites dans les conditions anaérobies (**Polan et Henry ,1998**). Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution (**Bentouati et Bouzidi ,2011**).

❖ Nitrites NO_2^-

Les ions nitrites NO_2^- sont le produit d'une oxydation incomplète de l'ion ammonium dans les conditions aérobies par les Nitromonas soit de la réduction des ions nitrates en anoxie par les bactéries hétérotrophes (**Metahri, 2012**). Ils peuvent également provenir de rejets industriels lorsqu'ils sont utilisés pour inhiber la corrosion des réservoirs (**Henry et Beaudry, 1992**). Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (**Rejsek ,2002**).

❖ Nitrates NO_3^-

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Les apports en nitrates proviennent principalement de l'écoulement des eaux usées domestiques et parfois même des eaux industrielles (**Morhit, 2009 ; Hanon et Rouelle ,2011**).

❖ Orthophosphate PO_4^{3-}

Le phosphate est la forme sous laquelle le phosphore peut être assimilé par les êtres vivants, en particulier les algues (**Barroin ,2003; Idrissi,2006**) . Les apports en phosphore sont soit ponctuels (rejets directs), soit diffus (ruissellement ,érosion et lessivage) (**Blais et Patoine ,2002**) . Dans les eaux, le phosphore se trouve principalement sous forme d'orthophosphate,

C-Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, Chlorures, sulfates, Calcium, Sodium, Potassium, Magnésium. Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes (**Bonnin, 1982**).

❖ Sulfates

Ces ions sont rencontrés sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (**Tardat ; Hanry, 1992**) .

❖ Chlorures

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- ✓ Percolation à travers des terrains salés.
- ✓ Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- ✓ Activités humaines et industrielles.

Les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500 mg/l. (**JORA, 2011**)

Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme un indice de pollution (**Berne,1972**).

❖ **Bicarbonates**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique (**Debeiche, 2002 ; Gornas 2004 ; Gouaidia .2008**) . La dureté carbonatée ou titre alcalimétrique complet (TAC) indique globalement la teneur en carbonates et bicarbonates contenue dans l'eau (**Rodier et al .,1975**).

❖ **Calcium**

Le calcium est un élément de la dureté de l'eau .Il est généralement l'élément dominant des eaux potables .Il existe à l'état de bicarbonates et en quantité faible . Les eaux chargées en Calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargés sont douces (**Dergemont,2005**)

❖ **Magnésium**

C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (**Rodier et al., 2005**) .Les origines de magnésium sont semblables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (**Rodier et al.,1975 ; Marchaud et al. ,1989**). La dureté totale de l'eau ou titre hydrométrique (TH) indique la teneur globale de l'eau en sels en calcium et de magnésium (**Vierling, 2008**).

❖ **Potassium**

La présence de potassium est souvent constante dans les eaux naturelles. La teneur en potassium est relativement faible comparée à celles des autres cations (**Marchaud et al., 1989**). Le potassium a un effet laxatif, mais il donne un léger gout et ne présente pas d'inconvénients (**Chekroud, 2007**).

❖ Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogènes (H^+) qui due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-)

- Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspondant à l'alcalinité totale au pH de 4, 5 ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^-
- Titre Alcalimétrique simple (TA) : (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et la moitié des ions CO_3^{2-} , cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3 (**Rejsek, 2002**) .

❖ Sodium

Le sodium provient généralement de la lixiviation des dépôts en surface et en sous sols tels que les chlorures de sodium .Il peut provenir aussi de la décomposition des silicates alumina sodiques et de la pénétration de l'eau de mer dans les nappes aquifères (**Marchand et al., 1989**). D'une façon générale, il n'existe pas de danger dans l'absorption de quantités importantes sauf dans le cas des sujets souffrant d'hypertension, de cirrhose du foie, d'accidents cardiovasculaires cérébraux qui ne devraient pas consommer une eau contenant plus de 20 mg/l de Na (**Rodier et al., 1984**).

II-3 Paramètres microbiologiques

L'eau ne doit contenir ni microbe, ni bactérie pathologique, ni virus qui pourraient entraîner une contamination bactériologique et être la cause d'une épidémie (**Rodier et al., 1996**) .

Les dénombrements bactéries consistent à rechercher des germes aérobies, c'est-à dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques (**Rodier et al., 1996**) La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de staphylocoques laisse supposer une contamination fécale.

Dans les deux cas, des mesures doivent être prise pour interdire la consommation de l'eau ou en assurant le traitement (**Rodier et al.,1996**).

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau peuvent être classés en trois types :

- + Les germes typiquement aquatique : ce sont des bactéries (*vibrions, Pseudomonas...*).
- + Les germes telluriques : ce sont des bactéries sporulées (bacilles, *Clostridium...*) ou apportant aux germes *streptomyces* et des spores fongiques.
- + Les germes de pollution humaine ou animale : ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale (*E-coli*, Salmonelles et Streptocoques fécaux...).

On peut également rencontrer dans l'eau des parasites (kystes d'amibes) et des virus (poliomyélite virus des hépatites virales) (**Berne,1972**).

❖ Coliformes totaux

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles Gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (**Leyral, et al., 2002**).

❖ Coliformes Thermo-tolérants (fécaux)

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite *E. coli* qui produit de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatique, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente (**Leyral, et al., 2002**).

❖ Streptocoques fécaux

Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni

catalase ni oxydase. Ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (**Berne, 1972**).

❖ **Clostridium sulfito-réducteur**

Les *clostridium sulfito-réducteurs* représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation. Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisant les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile (**Gregorio et Pierre, 2007**).

❖ **Salmonelles**

Les salmonelles sont des bactéries à coloration Gram négatif de la famille des *Enterobacteriaceae*. Elles se présentent sous la forme de bacilles, ne produisent pas de spores, non capsulées, mobiles ou immobiles (**Villate et gongallud, 2000**). Elles vivent dans l'intestin des hommes et des animaux. Elles se retrouvent également sur le sol et dans les eaux contaminées (**Singleton et Sainsury, 1984**). Il existe deux types selon leur pathologie, les salmonelles typhiques qui provoquent la fièvre typhoïde et les Salmonelle non typhique responsable de gastro-entérites (**Vaubourdolle, 2007**).

❖ **Vibrion cholérique**

Les Vibrions cholériques appartiennent à la famille des *Vibrionaceae*. Ce sont des bacilles Gram négatifs, incurvés en virgule, parfois isolés ou groupés par deux ou plus, mobiles grâce à la présence d'un cil polaire unique, non sporulés et non capsulés. Ils ont un métabolisme aérobies préférentiel, oxydase positive, se développant bien dans l'eau (température supérieur à 15 C°), dans les milieux humides alcalins (pH supérieur à 8) et salés (**Gelinas, 1995, Avril et al., 2000, Konate, 2006**).

Ils provoquent une maladie diarrhéique strictement humaine qui le choléra (**Bonhomme, 2003**).

II-3-1 Maladies bactériennes à transmission hydrique (MTH)

Les maladies à transmission hydrique recouvrent un large éventail de manifestation pathologique bactérienne , parasitaire ou virale dont les plus important sont : la fièvre typhoïde , le choléra , les dysenteries , l'hépatite viral épidémique de type A (**Delarras ,2007**)

Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Principales maladies d'origines hydrique et leurs agents pathogènes

Origine	Maladies	Germes responsables
Bactérienne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fièvre typhoïde ✓ Fièvre, infections pulmonaire. Insuffisances rénales ✓ Dysenteries bacillaire ✓ Cholera ✓ Gastro-entérites aiguës 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Salmonella</i> ✓ <i>Legionella</i> ✓ <i>Shigella</i> ✓ <i>Vibron cholerae</i> ✓ <i>Escherichia coli, Salmonella, Shigella</i>
Virale	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hépatites ✓ Poliomyélite ✓ Gastro-entérites aiguës 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Virus hépatique ✓ Virus poliomyélique ✓ Virus de Norwalk, Rotavirus, Entérovirus .
Parasitaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dysenterie amibienne ✓ Gastro-entérites 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Entamaeba histolytica</i> ✓ <i>Giardia lamblia, Cryptosporodium</i>

(Caseli et al., 2002) .

III. ASPECT GENERAL DU SECTEUR D'ETUDE

La plaine de la Mitidja a toujours été connue par les Algériens comme étant une terre fertile, produisant tous les biens imaginables que le sol puisse donner. La colonisation introduit la diversité des cultures, en même temps qu'elle permet à l'agriculture d'aller à l'assaut de tout le contour méditerranéen (**Yahiaoui, 2011**). Lorsque l'on traverse la plaine de la Mitidja, la dimension historique est largement présente. Les anciennes fermes coloniales bordées de palmiers, les parcelles séparées par de grands cyprès et surtout les vieux vergers d'agrumes à perte de vue, façonnent le paysage verdoyant de la plaine. Aujourd'hui, la Mitidja fournit l'essentiel des fruits et légumes pour toute la région d'Alger, dont la population dépasse les quatre millions d'habitants (**Imache, 2006**).

IV-1 Aperçu géographique

La plaine de la Mitidja est située juste au Sud d'Alger (Fig. 01), elle s'étend sur les territoires des Wilaya d'Alger, Boumerdès, Tipaza et Blida. D'une orientation globale WSW – ENE et d'une altitude moyenne de 100 m, elle occupe une superficie de 1450km² depuis l'oued Boudouaou à l'Est jusqu'au bassin de Menacer à l'Ouest, sur une longueur de 100 km avec une largeur qui varie de 8 à 18 km. Elle est limitée au Sud par les piémonts de l'Atlas et au Nord par la ride du Sahel. (**ARNH, 2013**)

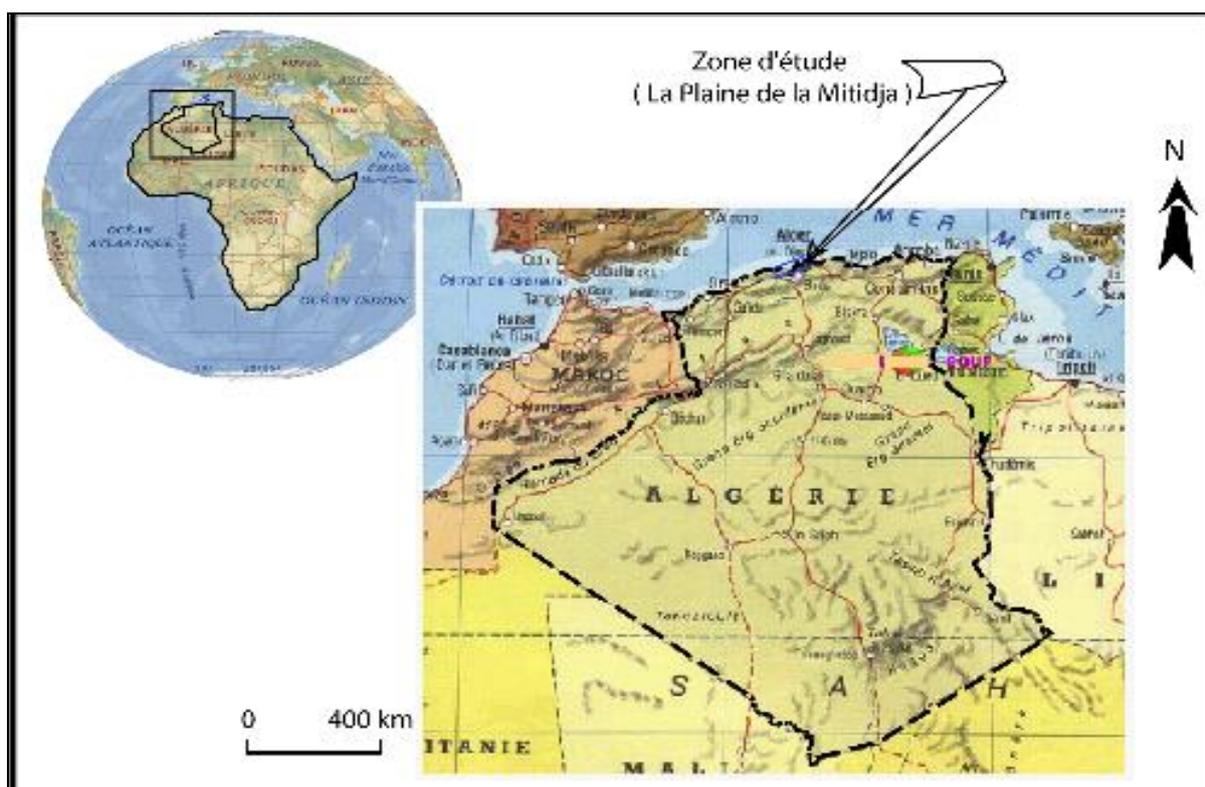


Figure 1 : Situation géographique de la plaine de Mitidja (ARNH ,2013)

La topographie de la zone d'étude est variée, on observe les zones basses et plates de la plaine et les reliefs abrupts de l'Atlas , Elle est façonnée de la juxtaposition des sous bassins versants (Fig.2). Ces derniers se regroupent en quatre ensembles, drainés du Sud au Nord par un réseau hydrographique. Les principaux bassins sont :

- ✓ Bassin occidental (O. Nador).
- ✓ Bassin du Mazafran.
- ✓ Bassin d'El Harrach.
- ✓ Bassin oriental (O. Hamiz et O. Réghaia) (voir Tableau XIII , annexe 1) .

IV-3- Aspect socio-économique (Agriculture et Industries)

Le relief plat et les conditions climatiques très favorables en font une excellente région agricole d'une superficie de 129000 ha ; cette dernière est considérée comme l'une des régions les plus fertiles d'Algérie, les sols sont homogènes et hautement fertiles (**Ecrement, 1971**). La majorité des activités industrielles sont regroupées au Centre et à l'Est de la plaine (l'Arbaa, Rouiba, Blida, El-Harrach , Boufarik,...) avec des pôles industriels de Rouiba et de Réghaia. Les industries rencontrées dans la plaine d'après (**Touileb, 1997 ; MacDonald et al. ,1997 ; Benmessahel, 2011**) sont :

- ✓ Mines et installation de traitement de minerais.
- ✓ Industries de transformation de fer et autres matériaux. Industries chimiques, des silicates d'alumines.
- ✓ Industries alimentaires.
- ✓ Industries transformatrices de résidus végétaux et animaux. Industries de transformation de combustibles.
- ✓ Industries du cellulose et du papier....etc.

IV-4- Aperçu géologique et Hydrogéologique

La plaine de la Mitidja correspond à une zone de subsidence (**Glangeaud, 1952**) à remplissage de dépôts d'âge pliocène jusqu'à l'actuel, qui ont contribué à la formation de deux aquifères principaux celui de l'Astien et l'autre de la Mitidja (tableau XIV annexe 1).

❖ Astien

Représente l'aquifère le plus profond exploitée pour l'alimentation en potable, la formation de l'Astien est constituée principalement de sable et de grés plus ou moins calcaires qui reposent sur le substratum marneux du plaisancien qui est séparé de l'aquifère des alluvions par la formation argileuse d'El Harrach , hormis au Nord –est de la plaine ou les deux formations perméables sont en contact direct . Les caractéristiques hydrodynamiques de l'Astien sont mal connues (**Glangeaud ,1952**).

❖ Mitidja

Représente la principale ressource en eau souterraine .Alimenté uniquement par les eaux de pluies au niveau des affluents, elle contient une nappe libre, sauf dans le bas du Mazafran ou elle est captive (**Rivoirard , 1952**). Il est essentiellement constitué par les superpositions des alluvions du quaternaire ancien et la base des alluvions récentes .L'aquifère alluvial est alimenté comme suit :

- ✓ Dans la plaine par infiltration des précipitations.
- ✓ Dans les pied monts de l'Atlas par infiltration des cours d'eau .
- ✓ Le long du sahel par écoulement souterrain de l'Astien vers la nappe alluviale à travers une épaisseur de la marne jaune .(figure 3)

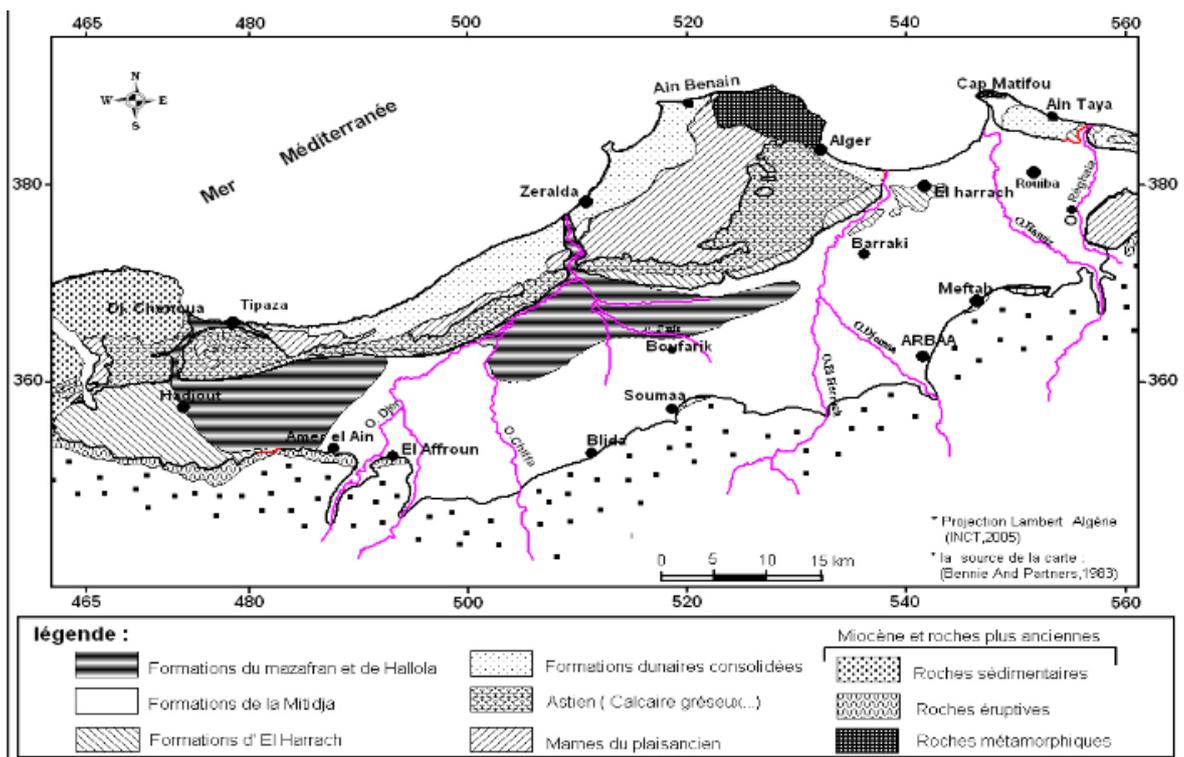


Figure 3 : Aperçu géologique de la plaine de Mitidja (Bennie et Partners ,1983)

IV-5 – Ressource en eau de la plaine de la Mitidja

Les eaux de surfaces sont emmagasinées dans les barrages existant dans la plaine :

- ✓ Barrage du Hamiz 15,6 h m³.
- ✓ Barrage Boukourdece 90 h m³.
- ✓ Barrage de Bou Roumi 200 h m³.

Les potentialités hydrogéologiques de la Mitidja dégagent une nappe importante dont les ressources disponibles sont estimés à 500 hm³ (ABH, 2012) .dont les principaux champs captant sont :

- ✓ Mazafran I et II .
- ✓ Chebli.
- ✓ Barraki.
- ✓ Haouch Felit .
- ✓ Hamiz.

IV-6- Etat actuel des eaux de la nappe de Mitidja

La comparaison entre les deux campagnes de l'ARNH de 2012, a mis en évidence l'abaissement du niveau de la profondeur de la nappe de Mitidja. Cette baisse de la surface piézométrique est la conséquence de plusieurs facteurs à savoir (Belaidi *et al.*,2010) :

- ✓ Longue période de sécheresse combinée à une importante prolifération de forages.
- ✓ Le commencement précoce de l'irrigation due à cette sécheresse et l'importance des surfaces irrigables.

Durant ces deux dernières décennies, les eaux souterraines de la nappe de la Mitidja ont été affectées par différents types de pollution Douis,2010 ; Belaidi et Salhi ,2011) comme :

- ✓ La pollution par les nitrates.
- ✓ La pollution par intrusion marine dans la Mitidja orientale (Baie d'Alger) .
- ✓ La pollution occidentale par les hydrocarbures.

I. Matériel et méthodes

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la nappe Quaternaire de la Mitidja Centre (Wilaya de Blida). L'étude se base principalement sur deux campagnes de prélèvement (Février et Mai 2017) et concerne dix sept forages d'eau (Figure 4). Ces forages sélectionnés sont utilisés généralement pour les usages domestiques, agricoles et ou domestiques/agricoles.

Les analyses ont porté essentiellement sur les paramètres physico-chimiques suivants: la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), les anions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) et les éléments traces (Si, Al, Pb, Fe, Zn, Cu, Cd). Des germes indicateurs d'une contamination fécale et des germes pathogènes ont été recherchés.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire central de la Société des Eaux et de l'Assainissement (SEAAL) de Kouba, au laboratoire d'hygiène de Blida ainsi qu'au laboratoire de l'ADE à Chiffa (Algérienne des eaux).

I.1. Echantillonnage et mode de prélèvements

L'échantillonnage d'une eau souterraine comprend plusieurs étapes comme la préparation du matériel de prélèvement, le prélèvement proprement dit, le conditionnement et le stockage de l'échantillon avant l'analyse. Chaque étape doit être maîtrisée afin de s'assurer de la fiabilité des résultats des analyses.

Durant cette étude, l'échantillonnage des eaux a été fait de manière à couvrir toute la zone d'étude, afin d'avoir une idée précise quant à la qualité naturelle des eaux de la nappe de la Mitidja Centre. Pour cela, deux campagnes d'échantillonnage portant sur 17 forages ont été réalisées.

Ces forages ont été choisis de manière aussi contrasté que possible du point de vue de leur situation géographique et des activités qui s'y exercent (Tableau II, figure 04) afin d'obtenir des renseignements sur les paramètres étudiés.

Tableau II : Caractéristiques des forages

Nom	X	Y	Diamètre (mm)	Profondeur (m)	Débit de forage (l/s)	
F1 Hadjout	491400	356010	492	120	25	la Partie Ouest de Mitidja
F2 Bourkika	550650	370750	492	120	32	
F3 Ahmer Ain	553650	374620	492	120	25	
F4 Sidi Rached	547900	382900	492	123	25	
F5 Mouzaia	545950	368500	492	120	20	Partie centre de la Mitidja
F6 Chiffa	534770	361500	492	112	10	
F7 Bouarfaa	541270	363070	492	120	15	
F8 Blida 1	534900	367700	492	120	10	
F9 Blida 2	552750	385600	492	125	20	
F10 Blida 3	556440	382630	492	100	8	
F11 Soumaa	558620	379920	492	110	25	Partie Est de la Mitidja
F12 Bouinan	557900	384670	492	150	10	
F13 Bougara	503500	356950	492	116	15	
F14 OuledSlama	504150	355700	492	140	30	
F15 Larbaa	512050	360200	492	120	15	
F16 Chebli	510050	361450	492	125	15	
F17 Boufarik	507250	365800	492	120	20	

X : Longueur de forage

Y : Largeur de forage

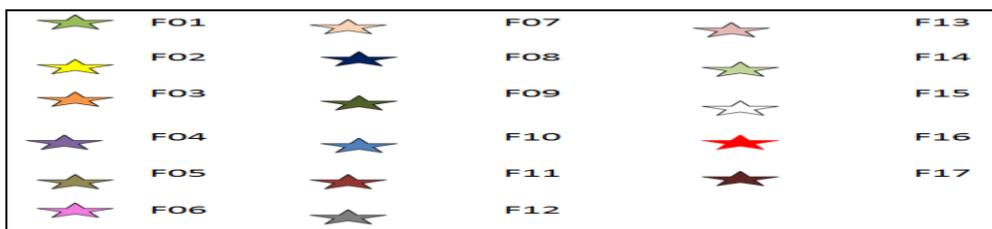
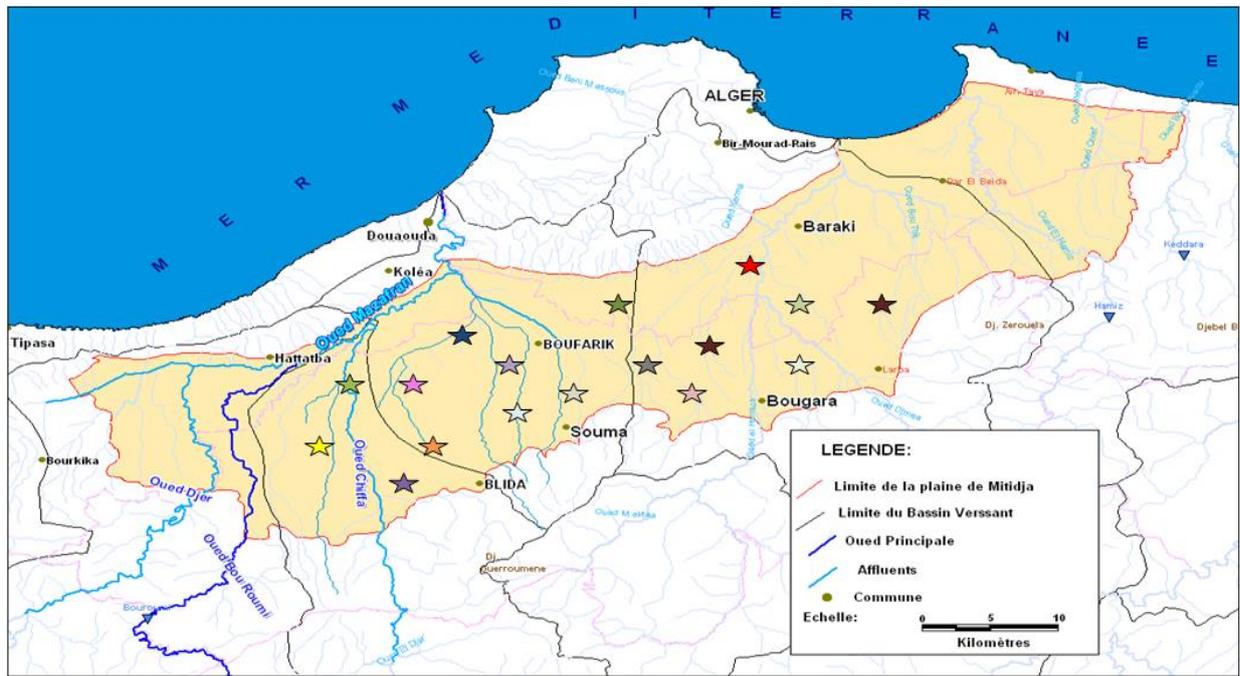


Figure 4 : Réseau d'échantillonnage

➤ **Pour les analyses physico-chimiques**

Pour les prélèvements effectués à la tête de chaque forage, nous avons suivi les étapes suivantes :

- ✓ ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes.
- ✓ Utiliser des flacons de 1000 ml pour l'ensemble des prélèvements destinés aux différentes analyses physico-chimiques.
- ✓ Rincer à nouveau les flacons trois fois avec de l'eau à analyser puis les remplir jusqu'au bord.

- ✓ Placer le bouchon de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.
- ✓ Inscrire sur le flacon les indications nécessaires à son identification.

➤ **Pour le dosage des métaux lourds**

Pour le dosage des métaux lourds, il convient d'utiliser des flacons de 250 ml, en matière de PolyEthylène pour éviter toute contamination possible. Il est préférable de préparer les flacons la veille selon le mode opératoire suivant :

- ✓ Laver le flacon et le bouchon avec une solution diluée de détergent.
- ✓ Rincer abondamment avec l'eau distillée.
- ✓ Rincer avec une solution aqueuse d'acide nitrique à 10%.
- ✓ Vider et remplir complètement avec une solution aqueuse d'acide nitrique 10%.
- ✓ Fermer avec le bouchon et laisser reposer pendant au moins 12h.
- ✓ Vider le flacon, rincer avec de l'eau distillée, et replacer immédiatement le bouchon.

Après le prélèvement .

Acidifier l'échantillon dès que possible en ajoutant 2 ml d'acide nitrique (65%) à pH=2.

➤ **Pour les analyses Bactériologiques**

Les prélèvements pour les analyses bactériologiques requièrent une attention toute particulière de façon à ne pas contaminer les échantillons; Pour cela le prélèvement doit répondre aux conditions suivantes :

- ✓ Assurer de la représentativité et de l'intégrité des échantillons réalisés depuis l'échantillonnage jusqu'au laboratoire d'analyses.
- ✓ Eviter la contamination du prélèvement lors de l'échantillonnage en s'équipant de protections individuelles propres et en utilisant du matériel nettoyé.
- ✓ Utiliser des flacons de 500 ml en verre. Ces flacons doivent assurés une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination.

Avant usage :

- ✓ Laver soigneusement les flacons, puis les rincer à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel décapant ou antiseptique.

- ✓ Sécher les flacons puis les boucher et les stériliser à l'autoclave à $121 \pm 1^\circ\text{C}$ durant 15 minutes.

Le prélèvement s'effectue dans les meilleures conditions de stérilisation et avant de procéder au prélèvement proprement dit, il a lieu de suivre les étapes suivantes :

- ✓ Enlever s'ils existent les tuyaux en caoutchouc adaptés au robinet.
- ✓ Se laver soigneusement les mains et avant bras avec un produit désinfectant, les rincer à l'alcool et les laisser sécher.
- ✓ Flambrer le robinet pendant au moins 2 à 3 mn.
- ✓ Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 mn en gardant la flamme d'un briquet allumée un peu au dessus du robinet.
- ✓ Remplir le flacon tout en maintenant près de la flamme, puis fermer immédiatement le flacon après le prélèvement, ne pas ouvrir le flacon avant l'analyse réalisée au laboratoire ; sinon il faut absolument refaire le prélèvement.
- ✓ Incrire sur le flacon les indications nécessaires à son identification.
- ✓ Effectuer les analyses le plus rapidement possible.

I.1.1. Conservation et transport des échantillons

Tous les échantillons une fois prélevés sont conservés dans une glacière, dont la température doit être comprise entre 4 et 6 °C. Un délai maximum de huit(08) heures est généralement recommandé entre les opérations de prélèvement et d'analyses. La conservation au laboratoire se fait aussi à 4 °C. Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement.

I.2 Analyses physico-chimiques

A- Paramètres physiques

➤ Détermination de la Température et pH

La détermination de la valeur du pH et la température ce fait à l'aide de l'automate METROHM muni d'une électrode de mesure de pH (Référence : 6 .0253.100) combinée à un capteur de température **pt 1000**.

➤ Détermination de la conductivité électrique

La détermination de la valeur de la conductivité est basée sur la mesure du courant électrique par un automate Metrohm muni d'une électrode de mesure de la conductivité (Référence :6 .0915.100) de constante de cellule « C » d'environ $0,7 \text{ cm}^{-1}$, combinée à un capteur de température **pt 1000**.

❖ Expression des Résultats

Le résultat est exprimé directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C .

➤ Détermination de l'oxygène dissous

Le principe repose sur le dosage de l'oxygène dissous par une méthode électrochimique à la sonde par l'immersion d'une sonde, constitué d'une cellule fermée par une membrane sélective et contenant l'électrolyte et deux électrodes métalliques, dans l'eau à analyser (la membrane est pratiquement imperméable à l'eau et aux matières ioniques dissoutes, mais elle est perméable à l'oxygène et à un certain nombre d'autre gaz). Pour cela, nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Calibration de l'électrode de l'oxygène à une sensibilité de 30 à 50 mn qui permet à l'électrode de se polariser et à la mesure de se stabiliser. La calibration doit être réalisée dans l'air saturé en eau.
- Fixer le réservoir de calibration et de stockage sur le câble de l'électrode.
- Presser le réservoir de calibration et de stockage plusieurs fois sous l'eau afin qu'un peu d'eau reste à la base du récipient.
- Placer le récipient dans le réservoir de calibration et de stockage , la tête ne doit pas être immergée dans l'eau.
- Appeler le mode oxygène en pressant sur la touche DO. Presser sur la touche CAL.
- L'écran affiche 100 % .Confirmer la valeur en appuyant sur la touche Enter .la calibration est achevée lorsque le message stabilizing ...disparait de l'écran
- Une fois l'électrode soigneusement stabilisée et calibrée .Placer l'électrode dans l'échantillon .La sonde de la température doit être émergée.

- Agiter correctement l'échantillon afin de retirer toute bulle d'air de la membrane.
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée.

❖ Expression des résultats

Le résultat est donné en concentration (milligramme d'oxygène par litre) ou en taux de saturation (% d'oxygène dissous).

❖ Turbidité (NF T90-033)

La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre optique (HACH 2100N) utilisant l'effet Tyndall ou l'opacimétrie. L'appareil de référence comprend un faisceau lumineux qui traverse la cuve de mesure. L'effet Tyndall est utilisé plus précisément pour la mesure de faibles turbidités (cas des eaux de boisson). Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ✓ Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser.
- ✓ Insérer la cuve dans le puits de mesure.
- ✓ Fermer le capot de l'appareil.
- ✓ Appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée.
- ✓ Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

❖ Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en Nephelometric Turbidity Unit (NTU) .

B- Paramètres chimiques de pollution

➤ Azote ammoniacal (ISO 7150/1)

Mesure spectrométrique (Spectromètre UV /Visible HACH Odyssey DR 2500) à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium , nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2ml du réactif I.
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h 30. L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+ .
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un spectromètre UV Visible à une longueur d'onde de 655 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat est obtenue directement en mg /l.

➤ Nitrites (ISO 5667)

Les nitrites réagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque, qui après copulation avec le N1-Naphtyl éthylène diamine donne naissance à une coloration rose mesurée au Spectromètre UV /Visible à 543 nm (HACH Odyssey DR 2500). Selon le mode suivant :

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml de réactif mixte (Sulfanilamide + N-1-Naphtyl éthylène diamine).
- ✓ Attendre une minute : l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un spectromètre UV/Visible à une longueur d'onde de 543 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat est obtenue directement en mg /l.

➤ Nitrates (NO_3^-) (NF T90-012)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ✓ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- ✓ Ajouter 1 ml de Slicylate de sodium à 0,5 %
- ✓ Evaporer à sec l'étuve (75 -88 C°), puis laisser refroidir.
- ✓ Reprendre le résidu avec 2ml d'H₂ SO₄ et laisser reposer 10 min .
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée, puis 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium : l'apparition de la coloration jaune indique la présence de nitrates.
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un spectromètre UV /Visible (HACH Odyssey DR 2500) .à une longueur d'onde de 415 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat est obtenue directement en mg /l.

➤ Orthophosphates

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium .Réaction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700nm, l'autre plus important à 880nm. Selon le mode opératoire suivant :

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- ✓ Ajouter 2ml du réactif mixte.
- ✓ Attendre 10 min le développement de la couleur bleu.
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un Spectromètre UV/Visible (HACH Odyssey DR 2500) à une longueur d'onde de 880 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat est obtenue directement en mg /l.

C- Minéralisation globale

➤ Sulfates

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 .



Selon les étapes suivants :

- ✓ Prendre 20ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 5 ml de solution stabilisante.
- ✓ Ajouter 2 ml de Chlorure de baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant une minute.
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un Spectromètre UV/Visible (HACH Odyssey DR 2500) à une longueur d'onde de 420 nm.

❖ Expression des résultats

$\text{mg/l SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le Spectromètre} \times 5$ (facteur de dilution).

➤ Chlorures (NF T90-014)

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage d'argent (AgNO_3) en utilisant du dichromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur. Réaction des ions chlorures avec des ions d'argents pour former du chlorure d'argent (AgCl) insoluble qui précipite. Ce précipité réagit avec l'indicateur (K_2CrO_4) pour former le chromate d'argent, brun rouge (Ag_2CrO_4). L'apparition de la coloration brun rouge (virage) marque la fin du titrage (ISO 9297). Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ✓ Prendre 5 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2 gouttes de Chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- ✓ Titrer avec le nitrate d'argent AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

❖ Expression des résultats

$$\text{Cl}^- = (F \times V \times N \times M / \text{PE}) = (V \times 0,01 \times 1000) / 5$$

$$Cl^- = V \times 71$$

Cl⁻ : Concentration en chlorure (mg/l) .

F : Facteur de correction du titre d'Ag NO₃.

C : Volume d'Ag NO₃ nécessaire pour le titrage de l'échantillon (ml) **N** : Normalité d'Ag NO₃⁻

M : Masse molaire des chlorures (g/M)

PE : Prise d'essai (ml).

➤ Calcium et Magnésium (ISO 6058 ou NF T 90-003)

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène –diamine –titra acétique (EDTA) à pH =10. Le noir eriochrome et le Murexide sont utilisés comme indicateur. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

• Calcium

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- ✓ Ajouter quelques mg de l'indicateur coloré Murexide , puis titrer avec l'EDTA jusqu'à virage (violet) .

❖ Expression des résultats

$$Ca^{2+} = \frac{V1 \times C(EDTA) \times F \times M (Ca^{2+})}{PE} \times 1000$$

$$Ca^{2+} = V1 \times 8 \times 5 \times F$$

Ca²⁺ : Concentration de calcium (mg/l).

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C(EDTA) : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M Ca²⁺ : Masse molaire du calcium (g /M).

F : Facteur de dilution.

PE : Prise d'essai (ml).

- **Magnésium**

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.

- ✓ Ajouter 2 ml de NH₄ OH (PH = 10,1)

- ✓ Ajouter quelques mg de l'indicateur coloré noir Erichrome , puis titrer avec l'EDTA jusqu'à au virage (bleu) .

- ❖ **Expression des résultats**

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{(V2 - V1) \times C(\text{EDTA}) \times \text{Mg}^{2+} \times 1000 \times F}{\text{Mg}^{2+} : \text{Concentration de Magnésium (mg/l)}} :$$

V2 : Volume total d'EDTA.

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C(EDTA) : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l) .

M Mg²⁺ : Masse molaire **PE**

$$\text{Mg}^{2+} = (V2 - V1) \times 4,8 \times 5 \times F$$

du calcium (g /M).

F : Facteur de dilution.

PE : Prise d'essai (ml).

La dureté de l'eau correspond à la teneur en Calcium et Magnésium

$$\text{TH}^\circ (\text{F}^\circ) = V2 \times 2 \times 5 .$$

➤ **Alcalinité (TA ,TAC)**

La mesure de l'alcalinité TA et TAC d'une eau par méthode potentiométrique en utilisant un automate METRHOM , qui se fait à l'aide d'un dosimat connecté au 888 Titrande

Donc nous avons suivi les étapes suivants :

- ✓ Cliquer sur la fenêtre « Détermination en série » et remplir la table d'échantillon en sélectionnant la méthode à analyser (TA et TAC).
- ✓ Mesure du blanc et du QC dans un bécher, prélever 100ml de la solution QC ainsi que le blanc (eau distillée) et les placer dans l'auto-échantillonneur, mise en marche du passeur 898 XYZ et le logiciel associé , noter la valeur du QC sur la carte de contrôle correspondante .
- ✓ Mesure des échantillons : prélever 100ml d'eau à analyser dans un bécher et procéder de la même façon que pour le QC en tenant compte de la position de chaque échantillon , de son code et son PVC

❖ **Expression des Résultats**

La lecture se fait directement pour :

- a- HCO_3^- et CO_3^{2-} en mg /l.
- b- TA et TAC en mg /l en CaCO_3 . écrivez correctement les ions

D-Paramètre chimique indésirables

➤ **Aluminium (ISO 4945)**

En présence d'aluminium, l'ériocyanine vire au rouge violacé. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- ✓ Prendre 25 ml d'eau à analyser dans une fiole.
- ✓ Ajouter 1 ml d'acide sulfurique à 0,04 N.
- ✓ Ajouter 1 ml d'acide ascorpique à 1%.

- ✓ Ajouter 10 ml de la solution tampon.
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution d'ériocyanine , puis attendre 10min. L'apparition de la couleur rose indique la présence d'aluminium.
- ✓ Effectuer la lecture à l'aide d'un Spectromètre UV/Visible (HACH Odyssey DR 2500) à une longueur d'onde de 560 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat est obtenue directement en mg /l .

➤ Dosage des cyanures

Les cyanures complexes sont décomposés dans un automate à flux continu (voir photo 10 annexe 7) à un pH de 3,8 sous l'effet de rayons UV. Une lampe UV-B et une bobine de décomposition en verre borosilicaté sont utilisées pour filtrer les rayons UV de longueur d'onde inférieure à 290 nm évitant ainsi la transformation du thiocyanate en cyanure. Le dosage spectrométrique repose sur la réaction du cyanure avec la chloramine-T formant du chlorure de cyanogène, qui réagit à l'acide pyridine-4-carbonique et à l'acide diméthyl-1,3-barbiturique pour former une coloration rouge. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Allumer l'ordinateur, entrer dans le logiciel et laisser la ligne de base se stabilise
- Plonger les différents tubes de pompe dans de l'eau distillée, installer la tête de pompe et mettre en marche pendant 15 mn (rinçage)
- Mettre les différents tubes de pompes dans les réactifs de façon à ce que le flux à l'entrée du colorimètre soit constant avec un bullage régulier (voir schémas 7.3).
- Allumer le réacteur/contrôleur de température à 40°C et 125°C.
- Allumer la lampe UV de digestion.
- Le dispositif est prêt à fonctionner dès que la ligne de base n'indique plus de dérive.
- Ouvrir dans le logiciel la « table de travail ». Celle-ci devra correspondre avec les éléments placés dans l'échantillonneur automatique.
- Placer la gamme d'étalonnage et les échantillons à analyser dans l'échantillonneur, faire correspondre chaque élément avec la table de travail :
 - de 1 à 17 :(Traceur, Drift, blanc et les solutions d'étalonnage)
 - de 18 à ... : les échantillons à analyser .

- mettre la solution de contrôle qualité au bout de l'analyse ou tous les 15 échantillons à analyser.
- Démarrer l'analyse en faisant Start.
- Une fois que l'analyse est terminée, mettre tous les tubes dans l'eau distillée et laisser rincer pendant 15 mn. Enlever les cupules de l'échantillonneur.
- Débloquer la tête de la pompe.
- Eteindre le système.

❖ Expression des Résultats

Le logiciel indique des résultats en ppb de cyanure.

➤ Dosage des métaux lourds par Spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haut fréquence (ICP- OES)

Ce mode opératoire décrit une méthode de dosage des métaux suivants : Plomb, Manganèse, Fer, Nickel, Arsenic, Sélénium, Cadmium, Antimoine, Cuivre, Chrome, Argent, Baryum, Molybdène, Zinc, Bore, Mercure et Aluminium par ICP-OES selon la norme ISO 11885. (Voir annexe 3)

I.3. Analyses bactériologiques

➤ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et *Escherichia coli*

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- ✓ le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes,
- ✓ le test de confirmation : réservé à la recherche des Coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli*.

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- ✓ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/ muni d'une cloche de Durham
- ✓ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique (figure 21 , annexes 5) .

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^e de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP .

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence *d'Escherichia coli*. Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

- Produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- Ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le figure 23. Chasser l'air éventuellement présent dans

les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.(Voir figure 22 , annexe 5) .

❖ Lecture

Résultats seront considérés comme positifs, les tubes présentant *à la fois* :

- un dégagement gazeux, et
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

➤ Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.

La recherche et le dénombrement des Streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D ».

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.
- ✓ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C
- ✓ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

Résultats seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement .

- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être justement confirmés. (Voir figure 23 , annexe 5).

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques du groupe « D » éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

❖ Lecture

Résultats seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure 24 en annexe. 5 .

➤ Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs

Méthode par filtration

❖ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux destinées à la consommation humaine, par incorporation en gélose en tubes profonds après destruction des formes végétatifs par chauffage à 80°C , l'échantillon est incorporé à une gélose viande foie fondue , la présence de se germe se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies .

❖ Mode opératoire

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et en introduire 25 ml environ dans un tube stérile .
- Porter 8 à 10 minutes à 80 °C .
- Après chauffage refroidir rapidement le tube sous l'eau du robinet dans le but de détruire les formes végétatives des ASR éventuellement présentes et garder uniquement les formes sporulées .
- Répartir ensuite le contenu de ce tube dans 4 tubes stériles , à raison de 5 ml par tube .
- Ajouter environ 15 ml de gélose viande foie fondue et refroidir à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée d'une ampoule d'Alun de Fer et d'une ampoule de Sulfate de Sodium .
- Mélangé doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène .
- Laisser solidifier sur paille pendant 30 minutes environ , puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures .(voir figure 25 , annexe 5)

❖ Lecture

Une première lecture (dénombrement des colonies) après 22 h d'incubation doit être impérativement faite , pour éviter un développement trop important de bactéries . En effet en présence de nombreuses colonies , une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane , rendant le dénombrement impossible en 48 h .

Toute colonies noire entourée d'un halo noire est considérée comme résultant d'une spore de bactéries , anaérobies sulfite-réductrice .

❖ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en nombre de spore de germe anaérobie sulfite- réductrice dans 100 ml d'eau .

➤ Recherche des salmonelles

❖ Principe

La recherche des salmonelles dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement, puis confirmation., cette recherche se fait en 4 étapes selon le mode opératoire suivant ;

✚ Le 1^{er} jour : enrichissement primaire

- Introduire 100 ml de l'eau à analyser dans 100 ml de bouillon Sélénite –Cystéine D/C, la solution obtenue est appelée SFB I, elle est incubée à 37 °C pendant 18- 24 heures .

✚ Le 2^{ème} jour : enrichissement secondaire et isolement

- Utiliser la solution SFB I incubée la veille pour effectuer le 2^{ème} enrichissement (solution SFB II) sur bouillon Sélénite- Cystéine en tube à raison de 1 ml par tube et un isolement sur gélose Hektoen I (H I) . L'incubation est réalisée à 37°C pendant 18 à 24 h .

✚ Le 3^{ème} jour : isolement , lecture et identification

- Effectuer à partir de bouillon SFB II un isolement sur gélose hektoen II
- Prendre ensuite 1 ml du SFB II et l'introduire dans un bouillon Sélénite-Cystéine en tube (SFB III) , puis l'incuber à 37 °C pendant 18 à 24 h .
- Effectuer la lecture de la boîte gélose Hektoen I ;

✚ Le 4^{ème} jour : isolement , lecture et identification

- Effectuer à partir de bouillon SFB III un isolement sur gélose H III et incuber à 37 °C pendant 18 à 24 h.
- Faire la lecture de la boîte de gélose Hektoen II incubée la veille .

✚ Le 5^{ème} jour : lecture et identification

- Effectuer la lecture de la boîte Hektoen III incubée la veille .

Les salmonelles apparaissent le plus souvent sous forme de colonies grises avec ou sans centre noire, ces dernières subiront une identification biochimique (figure 26, annexe 5).

❖ Expression des résultats

Le résultat est donné en nombre de germes par 100, ml .

➤ Recherche et dénombrement de vibron cholérique

❖ Principe

La méthode consiste en la recherche et l'identification des *Vibrionaceae* présents dans les eaux destinées à la consommation humaine, en milieu liquide.

❖ Mode opératoire

✚ Jour 1 : Enrichissement primaire.

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré contenant 50 ml de milieu, auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au point et au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures.

✚ Jour 2 : Enrichissement secondaire et Isolement.

Après incubation, le flacon constituant l'enrichissement primaire fera l'objet :

- d'une part, d'un enrichissement secondaire sur milieu EPA en tube auquel on ajoute 1 ml par tube.
- d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB I ..

Dans les deux cas, l'incubation se fait à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures.

✚ Jour 3. Lecture des boîtes et Identification.

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB II qui sera incubé à son tour à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures.
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB I subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques.(figure 27 , annexe 5) .

❖ Expression des résultats

Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml .

I.4. Analyse statistique des données

Dans cette étude, nous avons appliqué des techniques statistiques (Maximum, minimum, moyenne et écart-type) à l'ensemble des résultats recueillis lors des campagnes d'échantillonnage. Elles sont fréquemment utilisées pour caractériser la qualité des eaux.

Les calculs statistiques ont été effectués avec le logiciel SPSS version 20.

I.5. Analyse hydro chimique et détermination des principaux faciès chimiques

Les faciès hydrochimiques, d'après **Güler *et al.*, (2002)** ; **Gouaidia (2008)**, sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles. La représentation graphique des résultats des analyses s'avère un outil inévitable. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours au diagramme de Piper et à celui de Schoeller-Berkaloff. Ces diagrammes ont été élaborés avec le programme Piper et Schoeller-Berkaloff issu du logiciel Diagrammes conçu par Roland Simler (Laboratoire d'Hydrogéologie. Université d'Avignon, 2013) .

✚ Diagramme de Piper

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global (figure 4). Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques (**Piper, 1994**).

✚ Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF

Le diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée.

La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence. Il est ainsi possible de visualiser à la fois le faciès chimique, comme pour le diagramme de Piper, mais aussi la minéralisation de l'eau (sa charge dissoute), ce qui est appréciable. Toutefois, la visualisation du faciès est moins aisée qu'avec le diagramme de PIPER.

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont présentés sous forme de deux diagrammes qui autorisent une interprétation aisée. **(Gouaidia,2008).**

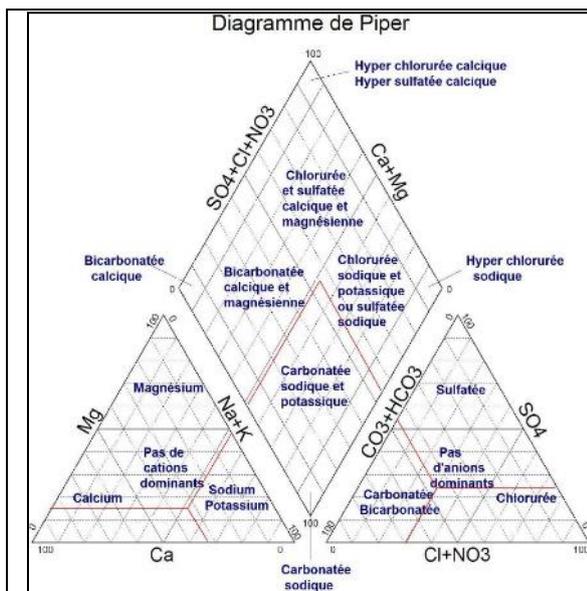


Figure 5 : Diagramme de Piper

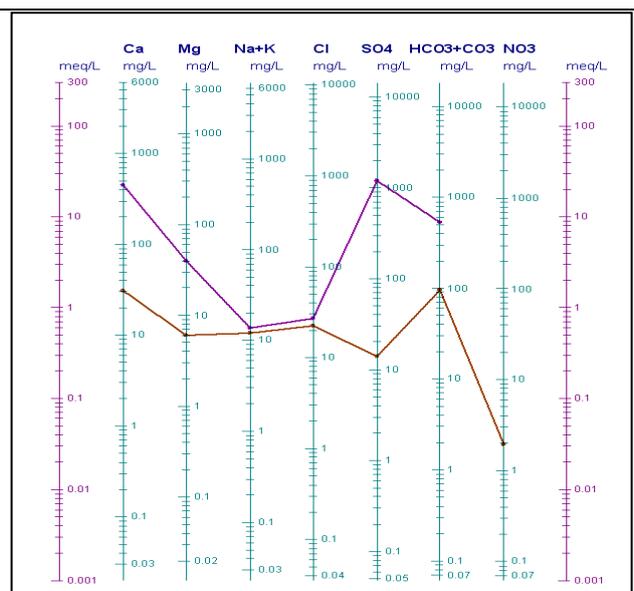


Figure 6 : Le diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF

II. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus pour les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques réalisés sur les eaux de forages de la Mitidja sont consignés dans le Tableau XVII (Voir annexe 6) . Ces résultats seront comparés aux normes du **JORA (1993)** et ceux de l'**OMS(2008)** .

II-1- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

II-1-1 Paramètres physiques

❖ Température

Les valeurs de la température des eaux de la nappe de la Mitidja sont comprises entre 16,9°C et 19,3°C (saison froide, campagne 1). Par contre, au mois de Mai (campagne 2), les valeurs varient entre 17,2 -22,4 °C (Figure 7) .

Dans la majorité des points échantillonnés, toutes les valeurs obtenues dans cette étude ne dépassent pas la norme (< 25 °C).

Les variations dépendent bien évidemment des changements en fonction de la température de l'air, des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la surface du sol (**Dib , 2009**) .

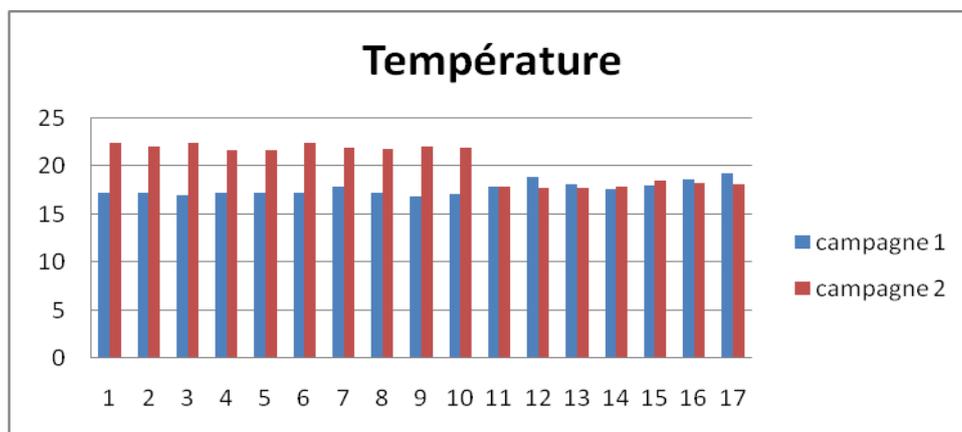


Figure 7 : Variation de la température au niveau des eaux des forages de la plaine de la Mitidja .

❖ pH

Au cours de la période d'étude, les eaux brutes des différents forages de la plaine de la Mitidja montrent des valeurs comprises entre 7,5 et 8,3. En général, ces valeurs restent proches de la neutralité.

Durant la campagne 2, le pH est légèrement alcalin au niveau des forages F1, F13, F14, F15, F16 (région Est de la plaine de Mitidja).

Ainsi, dans l'ensemble, les eaux répondent aux normes de potabilité (6,5 – 8,5) (OMS,2008) .

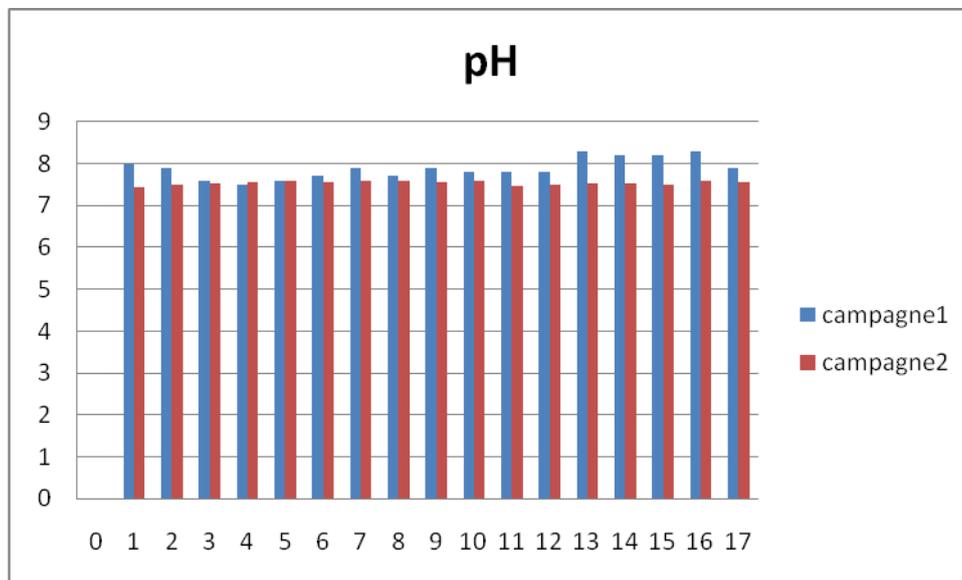


Figure 8: Variation de pH au niveau des forages de la plaine de la Mitidja

❖ Conductivité

Les résultats obtenus durant le mois de février (campagne1) varient entre 569 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 2600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour respectivement les forages F15 et F1 de la plaine de Mitidja.

Dans l'ensemble, nous avons noté que les valeurs de la conductivité électrique au niveau de la régions ouest (F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8) de la plaine avec une moyenne de 1786 $\mu\text{s}/\text{cm}$ sont largement supérieures à celles au niveau de la région Est de la plaine représentés par les forages suivant : F11,F12 ,F13,F14,F15 ,F16,F17 avec une moyenne de 1135 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Par contre, les valeurs de la conductivité enregistrées durant la deuxième période d'échantillonnage oscillent entre 1044 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 1176 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Toutefois, elles restent inférieures au seuil maximum de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ admissible pour les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 2008).

Selon Butt et Ghaffar (2012), ces valeurs élevées obtenues dans cette étude pourraient être d'origine naturelle (intrusion marines, forte interaction eau/roche) et ou d'origine anthropique (pollution), une influence terrestre ou la nature géologique salifère et gypsifère qui caractérisent la plaine. Une conductivité élevée est un signe d'une importante minéralisation (Kelin *et al.*, 2005 et Rodier *et al.*, 2009)

Rodier *et al.*, (2005), signalent que la variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de Calcium, Sodium, des chlorures et des bicarbonates.

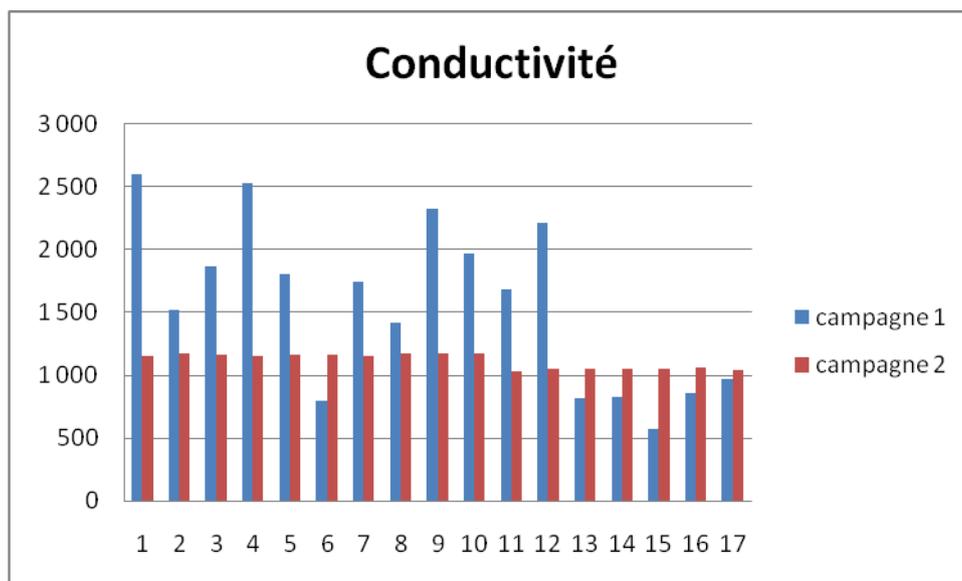


Figure 09 : Variation de la conductivité au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

❖ Turbidité

D'après le tableau III, les valeurs de la turbidité de la campagne 1 (saison froide) varient faiblement. Elles s'échelonnent entre 0,29 NTU et 1,89 NTU pour les forage F17, F8 avec une moyenne de $0,75 \pm 0,51$ NTU par rapport à la campagne 2 (saison chaude) qui ont

légèrement augmentées entre 1,15 NTU et 2,15 NTU pour les F13 ,F3 avec une moyenne de $1,72 \pm 0,35$ NTU .

Il ressort que les eaux des dix sept forages des sites étudiés présentent des valeurs acceptables et concordent avec les normes de l’OMS (2008) et de celles du JORA (2011). Ces faibles valeurs indiquent une bonne qualité de l’eau souterraine de la région d’étude car selon Desjardins (1990), Kettab (1992) et Bogelin (2000), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines , il faut retenir leur très faible turbidité .

Tableau III : Résultats des analyses de la turbidité en (mg/l) dans les dix sept forages de la plaine de Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17
C1	0,52	0,31	0,38	0,97	1,74	0,34	1,29	1,89	0,43	0,51	0,69	1,54	0,4	0,75	0,58	0,32	0,29
C2	1,95	2,01	2,15	1,98	1,94	1,95	2,03	2,12	2,12	1,94	1,27	1,31	1,15	1,33	1,29	1,44	1,39

C : Campagne

En se référant aux classes de turbidité usuelle :

- NTU < 5 eau claire
- $5 < \text{NTU} < 30$ eau légèrement trouble
- NTU ≥ 50 eau trouble

Nous pouvons déduire que les eaux étudiées sont classé dans la catégorie 1 (eau claire). Les résultats trouvés dans cette étude sont semblables avec les travaux de Hamdi (2011) sur les eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d’Ouargla .

Les lignes directrices de l’OMS précisent que la turbidité moyenne d’une eau désinfectée ne devrait pas être supérieure à 1 NTU. Si la turbidité d’une eau est supérieure à 0,4 NTU, l’action des désinfectants est ralentie, voire annulé. Les colloïdes responsable de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants (OMS, 2004). La garantie de la désinfection de l’eau n’est donc plus basée aujourd’hui sur la recherche des germes

indicateurs mais aussi sur toute une série de paramètres , notamment des paramètres physico-chimiques , qui s'ajoutent à la recherche de ces germes et en particulier la turbidité (**Montiel, 2004**).

La turbidité peut ainsi être considérée comme un excellent indicateur de la qualité générale d'une eau .Elle peut aussi servir comme un « indice d'efficacité » de traitement de l'eau et de sa conservation dans le réseau de distribution (**Degremont, 2005**).

❖ Oxygène dissous (OD)

La teneur en oxygène dissous des eaux des forages de la plaine de la Mitidja est en moyenne de 10,14 mg/ d'O₂/l durant la première campagne et de 10,28 mg/ d'O₂/l durant la seconde campagne (Figure 10).

Les valeurs de l'OD des dix sept forages de la plaine de Mitidja sont conformes avec la norme fixée par l'OMS (2004) qui est > 5 mg d'O₂/l.

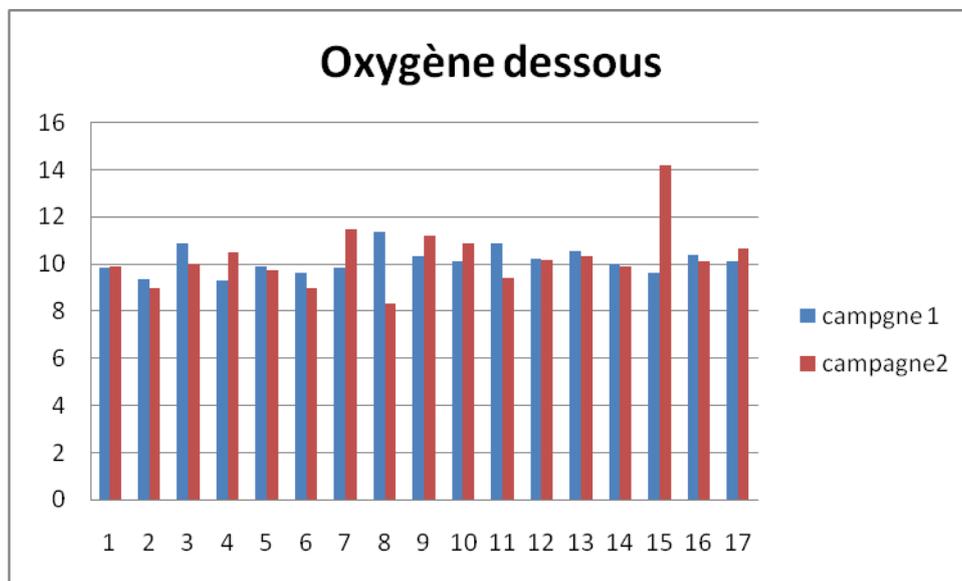


Figure 10 : Variation d'oxygène dissous au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja .

II-1-2 - Paramètre chimique de pollution

❖ Azote ammoniacal

Le tableau IV montre que les valeurs de l'azote ammoniacal des eaux brutes des forages de la plaine de Mitidja pour les deux campagnes sont toutes inférieures aux normes de potabilité (**0,5 mg/l**) (OMS, 2008) .

Tableau IV : Résultats des analyses de l'azote ammoniacale en (mg /l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Norme OMS
C1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,5
C2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,5

La mise en évidence de teneurs importantes en ammonium dans l'eau, implique une contamination récente par les matières organique en décomposition .En profondeur, les eaux peuvent se charger en ion ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux (**Rodier et al., (2005) e ; Gueragazi et Achour (2005)**).

❖ Nitrites

Le tableau suivant montre qu'il y a absence totale de nitrites dans l'ensembles des forages étudiées pour les deux saisons avec une très faible concentration <0,02 mg /l , inférieure à la norme de l'OMS (2008) (**0,1 mg /l**).

Les nitrites peuvent affecter la santé humaine (**Belghiti, 2013**). En effet ce sont des agents vasodilatateurs puissants qui causent des vertiges et des hypotensions (**Cardot,1999**). Des preuves d'associations entre l'ingestion de nitrite et l'incidence de cancer de l'estomac

ont été découvertes dans des études épidémiologique descriptives en Italie par **Gilli *et al.*** , (1984) , en Danemark par **Jensen (1982)** et en Hongrie par **Juhasz *et al.*** , (1980).

Tableau V : Résultats des analyses des nitrites en (mg / l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Norme	
C1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1
C2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1

❖ **Nitrates**

Durant la campagne 1, les teneurs en nitrates mesurées au niveau des 17 forages de la Mitidja sont comprises entre 19 mg/l et 95 mg/l. Nous avons remarqué que les valeurs extrêmes sont observées au niveau de la région Ouest et centre de la Mitidja , il s’agit des Forages F1, F3, F5, F6, F7, F9, F10, F11 avec des valeurs respectives 67mg/l ,68mg/l ,62mg/l ,50mg/l ,69mg/l ,65mg/l ,95mg/l ,63mg/l (figure 11 , Tableau XVII a ,b Voir annexe 6) et une moyenne de $66,5 \pm 73,33$ mg/l. Par contre, les concentrations enregistrées au cours de la saison chaude (campagne 2) sont comprises entre 8,74mg/l et 19,24 mg/l avec une moyenne de $13,71 \pm 2,44$ mg/l inférieures à la norme (**50 mg/ l**) (**OMS, 2008**).

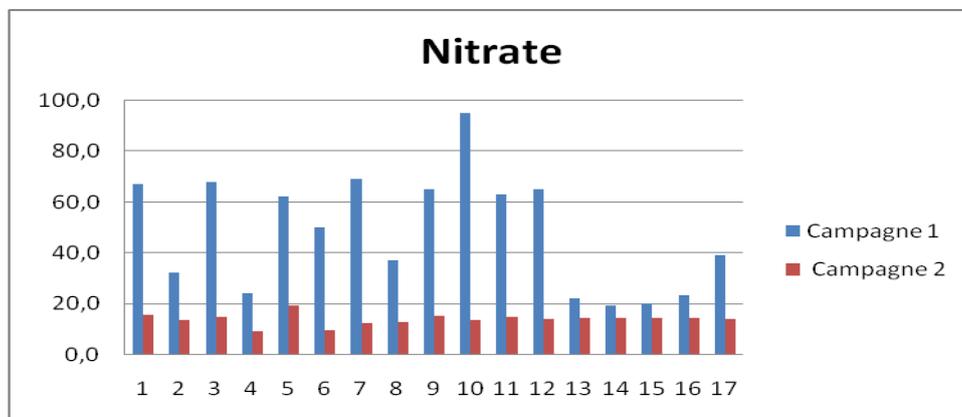


Figure 11 : Variation des nitrates au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja.

La partie Ouest de la plaine de la Mitidja est à vocation agricole ce qui serait à l'origine de l'augmentation des concentrations des nitrates au niveau des forages. Cette contamination par les nitrates a déjà été signalée par **Ariout (1992)** ; **Tili (2007)** et **Yahiaoui (2011)** dans leurs études relatives aux eaux souterraines de la plaine de la Mitidja .

Les nitrates proviennent de la décomposition naturelle par les microorganismes , de matières organique azotées telles que les protéines des végétaux , des animaux et des excréta d'animaux .Ils parviennent aussi aux nappes d'eau souterraines par ruissellement des terres agricoles en hiver , ainsi les eaux de pluies peuvent contenir des nitrates issues des oxydes d'azote et de l'ammoniac présents dans l'atmosphère (**Rodier et al.,2005**) .Elle peuvent également être liés à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (**Bengoumi et al., 2004**).

Comparés à d'autres études dans le monde, les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines de la plaine de la Mitidja Ouest sont voisines à celles retrouvés par **Liu et al.,(2005)** aux Etats d'Unis d'Amérique et celles retrouvés par **Blad et al., (2005)** en Espagne.

❖ Orthophosphates

Les valeurs obtenues pour l'ensembles des eaux des forages de la plaine de la Mitidja pour les deux campagnes sont faibles et inférieures aux normes (**0,2 mg/l**) préconisées par l'**OMS (2008)** (Tableau VI) .

Les orthophosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Hakmi, 2006 et Ladjel , 2009**) . Ils favoriseraient les processus biologiques tels que le développement des algues dans les réservoirs, les canalisations de grand diamètre et les eaux de lacs et contribuent à leur eutrophisation (**Richard, 1996 et Ladjal ,2009**) .

Tableau VI : Résultats des analyses des ortho phosphates en (mg/l) dans les dix sept forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Norme OMS
C1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2
C2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2

II-1-3 - Minéralisation globale

❖ Sulfates

Les concentrations en sulfates mesurées durant la campagne 1 varient entre 0 mg/l et 398 mg/l (Tableau XVII a, b annexe 6, Figure 13). Les plus faibles valeurs sont enregistrées au niveau des forages qui se localisent à l’Est de la plaine de la Mitidja F13,F14, F15, F16,F17 avec des valeurs respectives 85 mg/l ,76 mg/l ,0 mg/l , 60 mg/l ,24 mg/l et une moyenne de $49 \pm 32,16$ mg/l.

Durant la campagne 2, les concentrations enregistrées s’échelonnent entre 72,06 mg/l et 245,8 mg/l pour le site F10 ,F1 (figure 12) .

Les plus fortes valeurs sont enregistrés durant la période de saison sèche avec une moyenne de $156,68 \pm 46,56$ mg/l suite aux phénomènes d’évaporation liée à la proximité avec la surface.

Notons que les valeurs enregistrées au niveau des forages F1 et F3 dépassent la norme (**250 mg/l**) (OMS,2008).

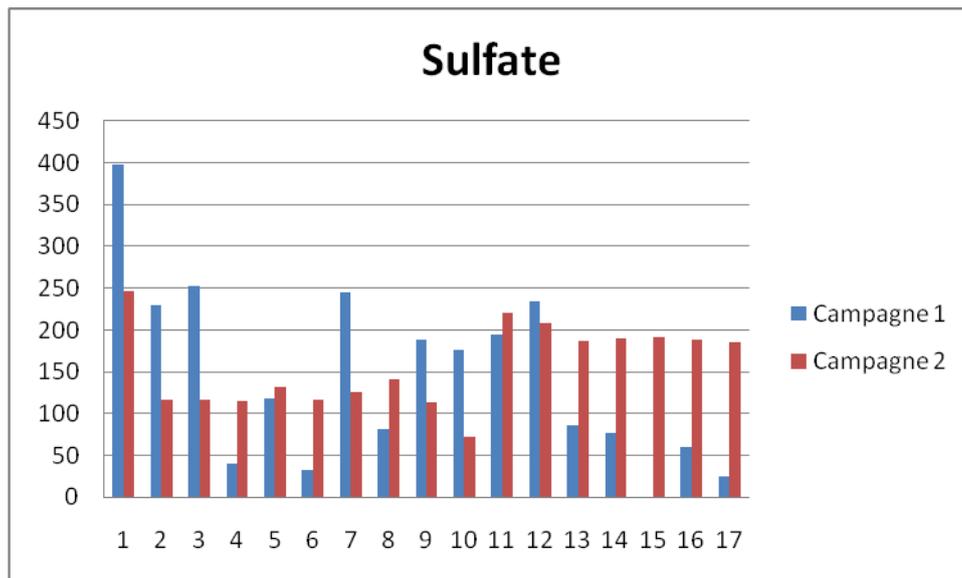


Figure 12 : Variation des sulfates au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

Ces concentrations élevées peuvent être attribuées à la nature du sol de la zone étudiées lorsque le temps de contact avec les roches est très élevé, c'est-à-dire que la présence de sulfates dans l'eau analysée résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfates répandus dans les roches que l'eau traverse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothibactéries, etc). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré H_2S toxique en sulfate (Hceflcd, 2006)

En général, l'ion sulfate est la forme prédominante du soufre dans les eaux souterraines. Sa présence peut avoir plusieurs origines (Blum *et al.*, 2002 ; Gilli *et al.*, 2004) :

- ✓ La dissolution du gypse et le lessivage des dépôts évaporitiques.
- ✓ L'oxydation des minéraux riches en soufre
- ✓ Les rejets d'eaux usées et industrielles contenant de l'acide sulfurique .
- ✓ L'utilisation d'engrais.

En excès, les sulfates provoquent des irritations gastro-intestinales et peuvent donner à l'eau un goût amer et avoir un effet laxatif sur les personnes n'étant pas habituées à cette eau (Self, 2010) .

❖ Chlorures

Les teneurs en chlorure dans les eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (**Rodier *et al.*,2005**). Les résultats de ce paramètres sont exprimés en mg /l et sont illustrés par la figure 13. Tous les points d'eaux prélevés et durant les deux campagnes présentent des valeurs en chlorures inférieures à la norme de potabilité à l'exception des forages suivant : F1 ,F4 ,F9 ,F12 (267 mg/l ,324 mg/l ,331mg/l ,283 mg/l) qui présentent des valeurs supérieures à la norme de potabilité de l'**OMS (2008)** fixée à 250 mg/l.

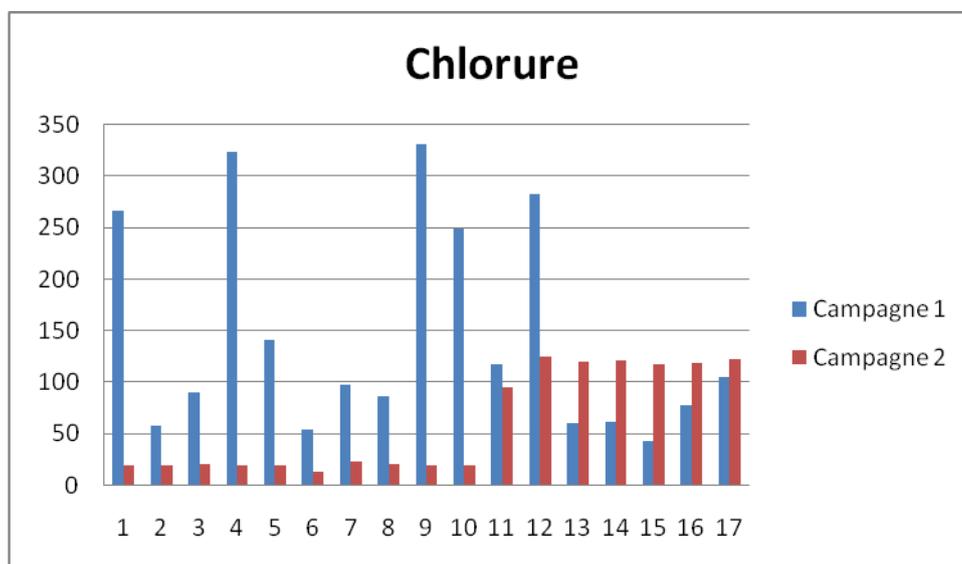


Figure 13 : Variation des Chlorures au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

D'après **USEPA (2006)** et **Belkhiri (2011)**, la présence de niveaux accrus de chlorures peut indiquer une contamination par les eaux usées agricoles, industrielles ou domestiques. L'augmentation des concentrations de chlorures peut également indiquer des intrusions d'eau saumâtre, raison pour laquelle en plus de la facilité de leur dosage, ils demeurent les meilleurs indicateurs de l'invasion marine dans les continents. Selon les mêmes auteurs, les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50 mg/l .

❖ **Bicarbonates**

Les concentrations en bicarbonates pour les deux campagnes varient de 214 à 634 mg/l pour les forages F17 et F4 avec une moyenne 424 ± 210 mg/l. La concentration maximale est enregistrée durant la saison des pluies dans la région ouest de la plaine de Mitidja (Sidi Rached) avec une forte teneur de 634 mg/l dépassant largement la norme (500mg/l) (OMS, 2008) (voir figure 14 tableau XVII a ,b annexe 6).

La concentration des eaux en bicarbonates est en fonction de la lithologie des terrains traversés (calcaire, dolomite), du pH de l'eau et de la température (Celier et Faby, 2003). Ils n'interviennent pas directement sur la santé (Rodier,1984) .

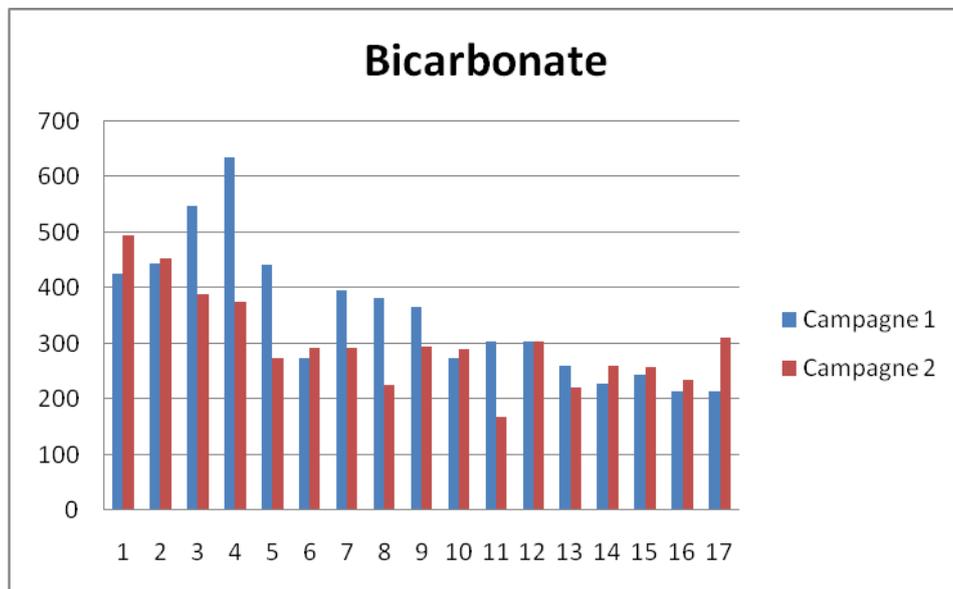


Figure 14 : Variation de la teneur en Bicarbonates au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

❖ **Alcalinité**

Les valeurs du Titre Alcalimétrique Complet des échantillons d'eau sont nettement inférieures aux normes fixées par l'OMS (2008) et varient faiblement d'un forage à l'autre et d'un site à l'autre (Tableau VII) .

PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau VII : Résultats du Titre Alcalimétrique Complet en (mg /l) dans les forages de la plaine de la Mitidja .

Forages	Titre Alcalimétrique Complet							
	Valeur		Max		Min		Moyenne ± Ecart-type	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Site1 : Est de la plaine de Mitidja								
F1	35	28	52	29	35	28	42,2 ±6,75	28,5 ± 0,5
F2	37	28						
F3	45	29						
F4	52	29						
Site 3 : Centre de la plaine de Mitidja								
F5	36	29	36	29	23	28	29 ± 5,08	28,6 ± 0,47
F6	23	29						
F7	33	28						
F8	31	28						
F9	30	29						
F10	23	29						
Site 3 : Ouest de la plaine de Mitidja								
F11	25	21	25	21	18	21	21 ± 2,97	21 ± 0,075
F12	25	21						
F13	21	21						
F14	19	21						
F15	20	21						
F16	18	21						
F17	18	21						
Normes (OMS 2008)	200							

❖ Calcium et Magnésium

D'après la figure 15 et le (Tableau XVII a ,b ,annexe 6), de fortes concentrations en Calcium sont enregistrées au niveau des eaux des forages situés à l'Ouest et au centre de la plaine de la Mitidja F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,avec une moyenne de $180 \pm 42,69$ mg/l durant la campagne 1. Durant la deuxième campagne, nous avons enregistré des valeurs plus faibles avec une moyenne de $84,14 \pm 13,14$ mg/l .

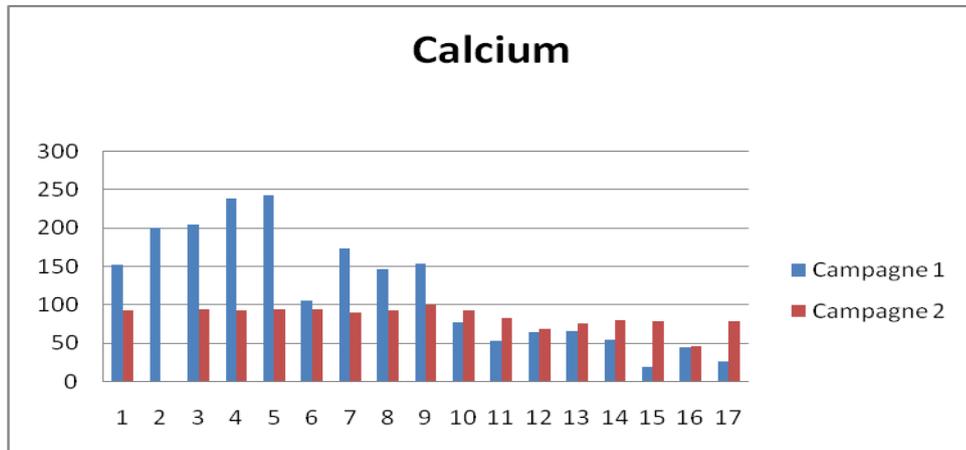


Figure 15 : Variation de Calcium au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

Les analyses chimiques faites au niveau des forages de la plaine de Mitidja montrent que les concentrations en Magnésium varient en période des hautes eaux (campagne 1) entre 5 mg/l et 118 mg/l. La valeur la plus élevée est observée au niveau du forage 10 (Blida 3) et la plus basse au niveau F5 (Mouzaia) .

En période des basses eaux (campagne 2) , les eaux souterraines de la plaine de la Mitidja ont des concentrations allant de 22 mg/l et 115,08 mg/l au niveau des forages F1 et F5 . (Voir figure 16) .Les teneurs en magnésium sont globalement très élevées au niveau des sites situés à l’Est de la plaine.

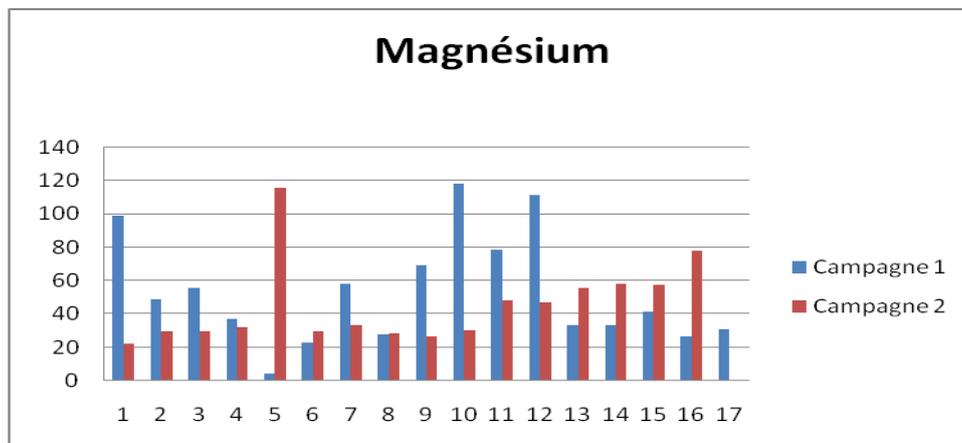


Figure 16 : Variation de Magnésium au niveau des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

Le Calcium et le Magnésium sont des éléments que l'on retrouve abondamment dans le sol et la roche, ils sont essentiels à la santé de l'être humain. Ces deux éléments sont présents dans toutes les eaux naturelles (**Benamer et al., 2011**) . ils proviennent essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique , et peuvent provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement soluble (**DIB ,2009**). Selon **Viadya et Gadhia (2011)** , si les teneurs en calcium et magnésium sont élevées dans l'eau , elles peuvent être à l'origine de maladie rénale .

❖ Dureté totale

La dureté totale est la somme des duretés dues au Calcium et au Magnésium. Dans les échantillons analysés, ce paramètre présente une variation d'un forage à l'autre qui serait liée à la nature lithologique de la formation géologique de la nappe phréatique de la Mitidja et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

Nous remarquons d'après le Tableau VIII, que les valeurs de la dureté de l'eau varient entre 19 °F et 79 °F. L'eau la plus dure est celle de forage F1 .

L'eau dure est généralement moins corrosive que l'eau douce en raison de l'augmentation des concentrations en Calcium. L'eau dure n'a pas d'effet nocif sur la santé mais la formation de calcaire peut générer des désagréments des matériels (entartage des canalisations) (**Rodier et al.,2005**).

Tableau VIII : Résultats du Titre Hydrotimétrique au niveau des forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17
C1	79	70	74	75	63	36	67	48	67	68	46	63	31	28	22	22	19
C2	33	36	36	36	71	36	36	35	36	35	37	37	42	44	43	44	44

❖ Sodium et Potassium

Les teneurs en Sodium mesurées au niveau des forages de la plaine de la Mitidja varient entre 24 et 227 mg/l au mois de Février (campagne 1) et entre 18 et 83 mg /l au mois de Mai (campagne 2) (Tableau IX). Les eaux de forages : F1, F4, F9, F12 de la campagne 1 sont plus chargées en sels de sodium. La valeur la plus faible est observée au niveau des eaux du forage F6 durant la deuxième campagne.

Les teneurs enregistrées restent inférieures à la norme de l’OMS (2008) (150 mg/l) Pour Montiel (1999) , la présence exagérée de sodium dans les eaux peut affecter certaines populations (sujets souffrant d’hypertension par exemple) et peut aussi affecter certaines sujets normaux (augmentation de la tension sanguine chez les adolescents).

Tableau IX : Résultats de sodium en (mg/l) au niveau des forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Moyenne ± Ecart type
C1	227	38	80	176	83	24	83	54	154	102	122	160	39	40	34	60	76	91 ± 56,4
C2	80	82	81	81	81	15	83	82	82	82	74,99	77,56	73,49	76,71	77,33	78,16	75,86	75 ± 15,37

Les teneurs en potassium sont très faibles (Tableau X). Elles varient entre $2 \pm 2,24$ mg /l campagne 1, et $3 \pm 0,37$ mg/l campagne 2 , et sont nettement inférieures aux normes fixées par l’OMS (2008) par une valeur inferieur à 50 mg/l .

Le potassium à faible dose ne présente pas de risques significatifs. Même des variations importantes n’auraient que des effets négligeables sur les concentrations de l’organisme (Rodier *et al.*,2005).

Les résultats obtenus dans cette étude sont semblables à ceux retrouvés par Djamai et Mesbah (2008) dans la nappe alluviale du haut Sebaou (Grande Kabylie).

Tableau X : Résultats de potassium en (mg/l) des eaux de forages de la plaine de la Mitidja

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Moyenn e ± Ecart type
C1	5	1	2	10	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	2 ± 2,24
C2	3,7	3,8	3,5	3,6	3,4	2	3,6	3,5	3,5	3,6	3,38	3,4	3,33	3,42	3,42	3,45	3,4	3,41 ± 0,37

II-2- Facies chimiques des eaux souterraines de la plaine de Mitidja

La chimie des eaux souterraines est dominée par la présence de certains ions , plus abondants que d'autre dans le système hydrogéologiques (**Demirel ,2004 ; Bhardwaj et al., 2009**) pour l'interprétation des résultats des analyses d'ions majeurs et leur évolution , des méthodes graphiques telles que le diagramme de Piper et de Schoeller-Berkaloff ont été utilisés dans cette étude pour évaluer l'hydrochimie des eaux souterraines de la région de Blida

II-2-1 Diagramme de piper

Le diagramme de Piper permet la visualisation d'un grand nombre d'analyse et de suivre l'évolution du chimisme des eaux de forages de la plaine de Mitidja. Le report des résultats des analyses chimiques de la première campagne de mois de février, sur le diagramme de Piper (Figure 17-a) a permis d'avoir une approche globale de la composition chimique des différentes eaux des forages de la plaine de Mitidja. L'observation de la figure nous a permis de conclure que le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien est le plus dominant (71%) et caractérise la majorité des forages (F1, F3, F4, F5, F7, F9, F10, F11, F12, F14, F16, F17). Ces résultats indiquent que la minéralisation des eaux de la région d'étude est liée aux ions Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} et Mg^{2+} . D'après **Alassane (2004)**, les ions chlorures peuvent tirer leur origine soit de la lithologie (les sédiments du Mio-Plio-Quaternaire) ou résulter des

activités anthropiques. Les marnes genschériennes gypsifères, qui constituent le substrum, donnent par leur phénomène de lessivage les ions Ca^{2+} et SO_4^{2-} (Alassane , 2004) .

Nous constatons également la présence d'une faciès Bicarbonaté calcique et magnésien (29 %) pour les eaux des forages F2, F6 ,F8 ,F13 ,F15. D'après Gouaidia (2008), ce type de faciès tire son origine des formations carbonatés bordant la nappe.

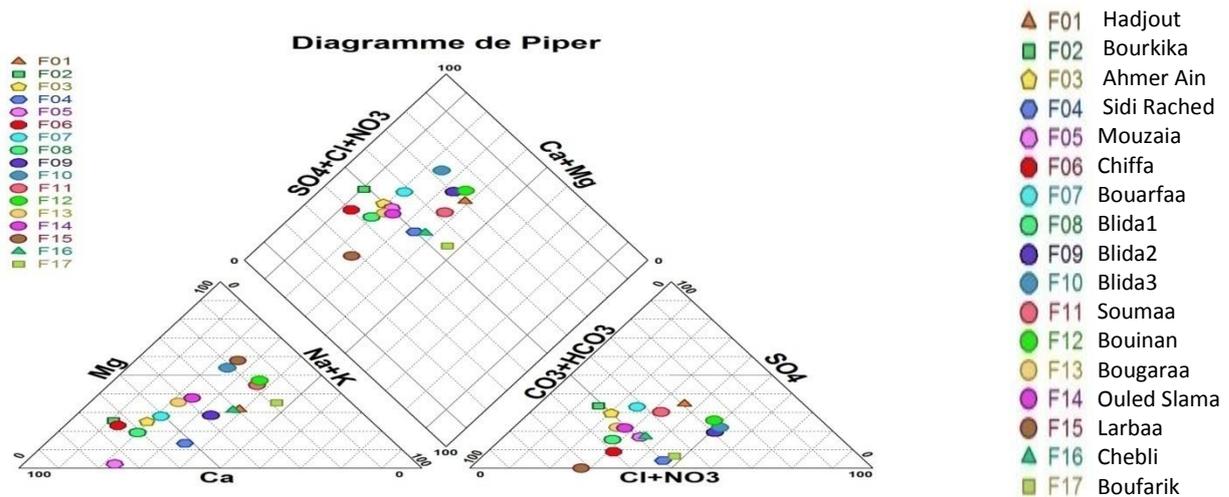


Figure 17- a : Diagramme de Piper 1^{ère} campagne de Février

Durant la deuxième campagne, on note la prédominance d'un faciès Bicarbonaté calcique et magnésien (64,7%), ceci pour les forages de l'ouest et le centre de la région d'étude (F1 ,F2 ,F3, F4 ,F5, F6 ,F7 ,F8 ,F9 ,F10 , F14). Le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien (35,29) pour les forages (F11, F12, F13 ,F15 ,F16 ,F17) côté Est de la plaine de la Mitidja. **Belaidi et Salhi (2011)** ont indiqué dans leurs travaux relatifs à la nappe de la Mitidja que la prédominance de ce type de faciès est due beaucoup plus à la nature des terrains traversés. Selon les mêmes auteurs, l'existence de ce faciès en période de la saison sèche est liée à la présence des évaporites dans les terrains traversés au niveau de l'Atlas Tellien et à l'infiltration à partir des oueds. Cette diversité des faciès hydro chimiques peut refléter l'état hétérogène géologique de l'aquifère. En général, les conditions climatiques (les précipitations et la température), la lithologie et les conditions hydrodynamiques (vitesse d'écoulement) ont favorisé le lessivage des couches traversées, ce qui engendre ces faciès.

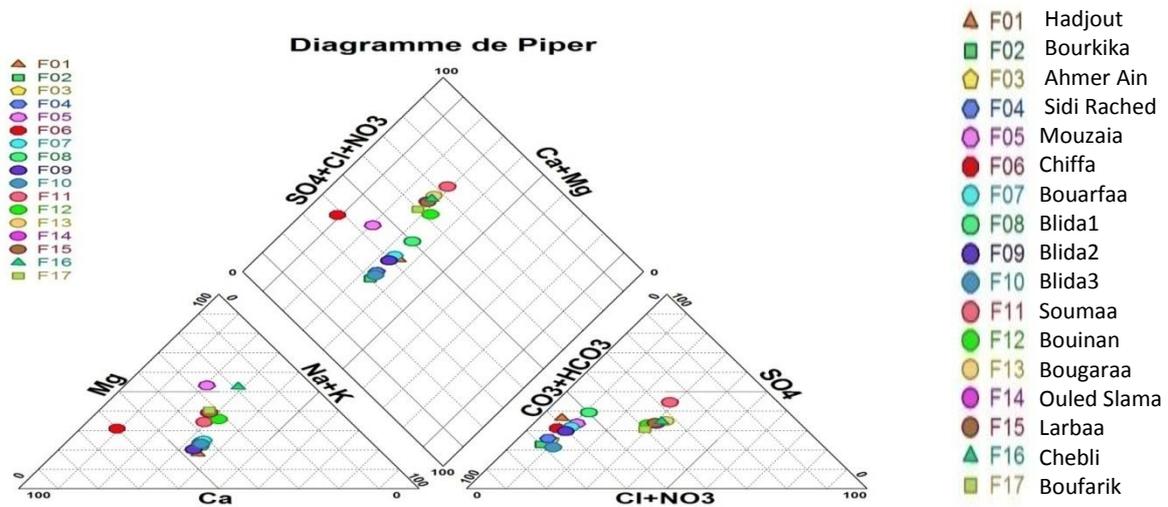


Figure 17- b : Diagramme de Piper second campagne de Mai

II-2-2 Faciès chimique de SCHOELLER -BERKALOFF

Le diagramme de SCHOELLER BERKALOFF montre une seule famille d'eau, Bicarbonaté et calcique et magnésienne (figure 18 a , b). Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées .

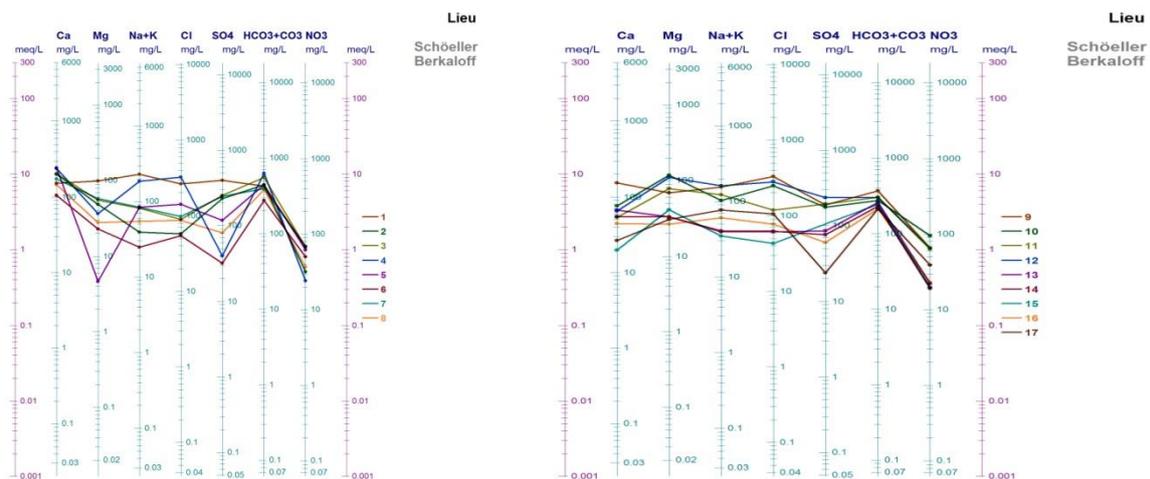


Figure 18- a : Classification hydrogéochimique des eaux souterraines de la nappe de Mitidja à partir de Diagramme de Schoeller- Berkaloff (1^{ère} campagne de Février).

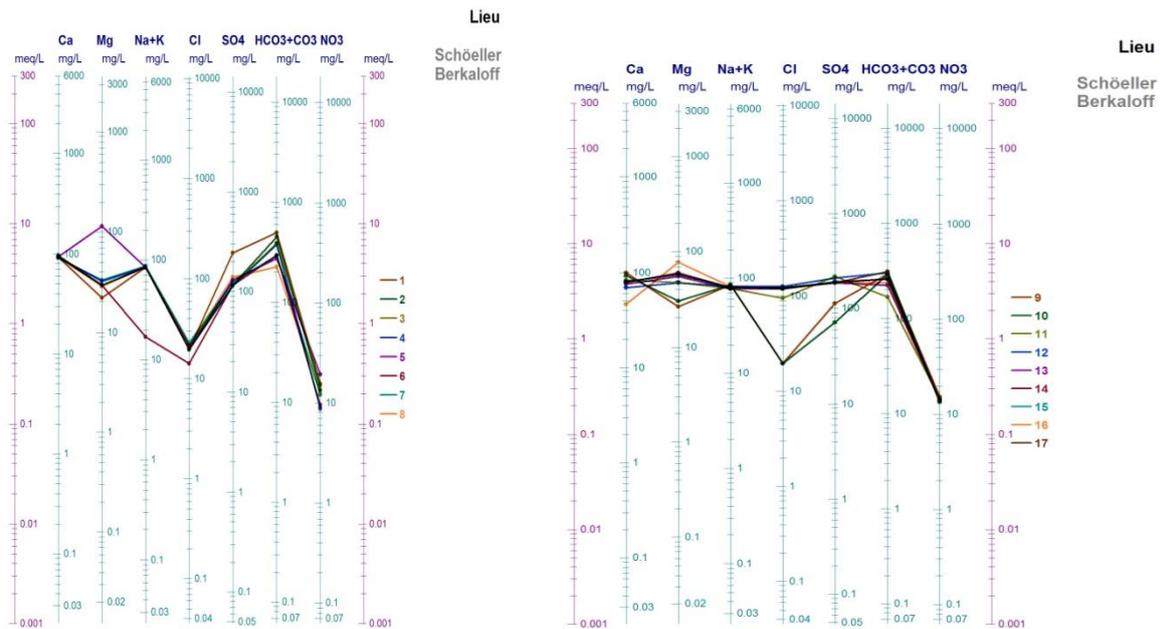


Figure 18 - b : Classification hydrogéochimique des eaux souterraines de la nappe de Mitidja à partir de Diagramme de Schoeller- Berkaloff (seconde campagne Mai).

II.3 Qualité des eaux pour l’irrigation

La rareté des précipitations et la forte évaporation ont engendré des processus de salinisation et de sodisation des eaux et des sols. Par ailleurs, l’eau utilisée dans l’irrigation doit présenter des caractéristiques physicochimiques tolérables par les plantes notamment la salinité. En effet, les eaux chargées en sels minéraux posent des problèmes pédologiques et agronomiques entraînant une influence sur la croissance physiologique des plantes. Parmi ces sels, on peut citer le cas des sulfates et du sodium, qui avec de fortes teneurs influent sur la structure physique du sol et sur le développement physique de la plante.

Pour mettre en évidence l’aptitude à l’irrigation des eaux de la région de Blida et estimer le phénomène de salinisation, nous allons utiliser deux méthodes, les plus fréquemment utilisés, à savoir: la méthode de RICHARDS et celle de WILCOX (Debiche , 2002) .

II-3-1 Diagramme de Richards

Richards (1954) a élaboré une classification, en se basant sur le SAR (Sodium Adsorption Ratio ou indice d'adsorption du sodium, aussi appelé "pouvoir alcalinisant") et la conductivité. Le SAR définie comme égal a :

$$S.A.R = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}{2}}}$$

Tous les ions sont exprimés en méq/l.

La représentation graphique des échantillons analysés durant le mois de février sur le diagramme de Richards (Fig 19 a b.), a permis le classement de l'eau d'irrigation selon la conductivité électrique et la valeur de SAR.

Les classes C3S1, caractérise la majorité des forages (75 %) et désigne des eaux admissibles pour l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés ou de bonne perméabilité dont la salinité doit être contrôlée. La classe C2S1 caractérise 25 % des forages et traduit une eau de bonne qualité pour l'irrigation pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels.

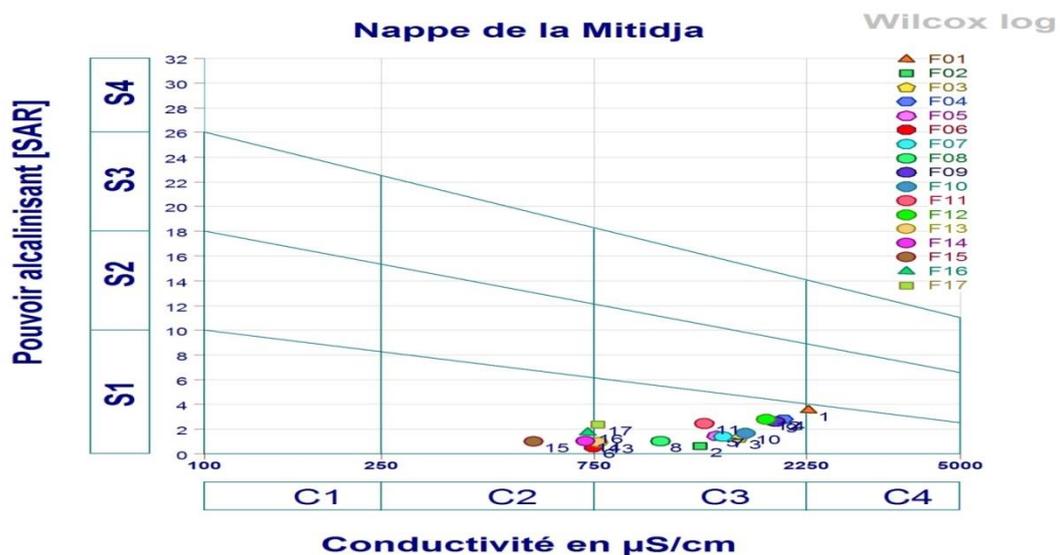


Figure 19- a : Classification des eaux selon le diagramme de Richards (1^{ère} campagne)

Durant la 2^{ème} campagne (figure 19 b), nous avons observé la prédominance de la classe C3S1 (94,11 %).

PARTIE EXPERIMENTALE

La méthode de Richards a montré que les eaux souterraines de la nappe de la Mitidja, sont moyennement minéralisées avec un faible pouvoir alcalinisant admissible à l'irrigation et le risque de dégradation des sols de la région d'étude est écarté.

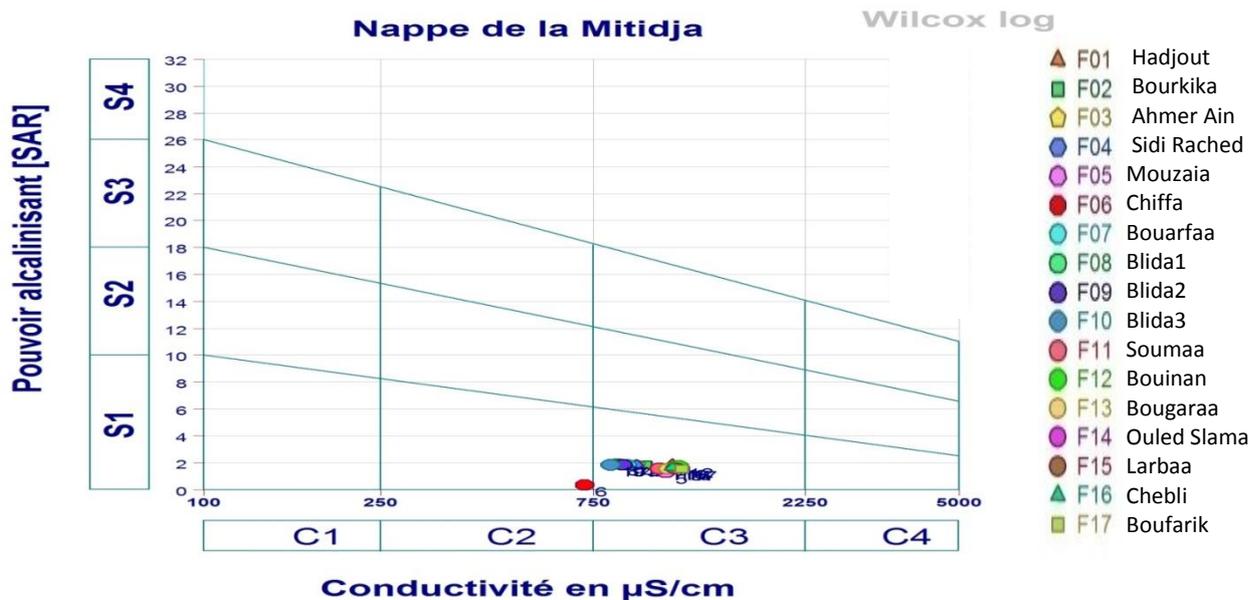


Figure 19 - b : Classification des eaux selon le diagramme de Richards (seconde campagne)

II-3- 2 Diagramme de WILCOX

Le diagramme de Wilcox est une représentation graphique du pourcentage du sodium (%Na) en fonction de la conductivité électrique, permettant de déterminer le risque de salinité des eaux.

La classification définit cinq classes d'eau excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise. L'augmentation de la charge en Na^+ influence négativement le développement des plantes. Cette classification est définie par la formule suivante:

$$\% \text{Na}^+ = \left[\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+)} \right] \times 100 .$$

PARTIE EXPERIMENTALE

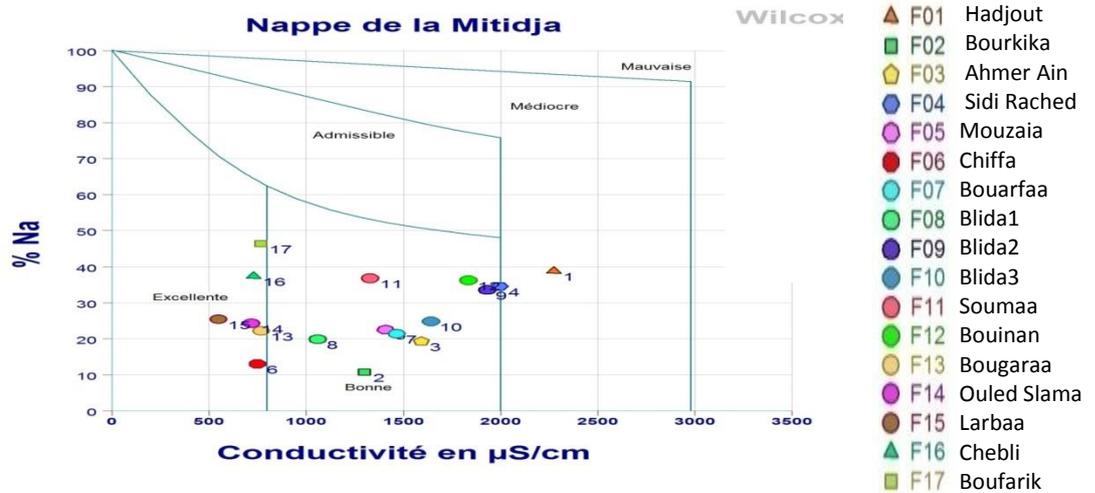


Figure 20 -a : Classification des eaux selon le diagramme de Wilcox (1^{ère} campagne)

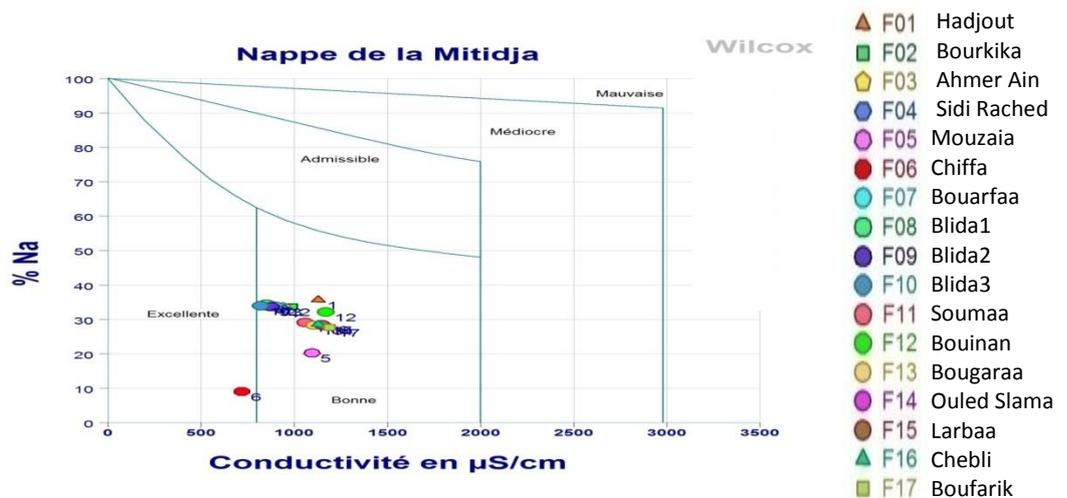


Figure 20- b : . Classification des eaux selon le diagramme de Wilcox (seconde campagne)

Pour les deux campagnes (figure 20-a et b), la majorité des forages étudiés appartiennent à la classe bonne, caractérisant des eaux moyennement minéralisés et admissibles à l'irrigation.

II-4 - Métaux lourds

Le problème majeur des métaux lourds réside dans le fait qu'ils ne sont pas éliminés par l'organisme (bioaccumulation), constituant ainsi un problème de toxicité à long terme.

Les activités humaines constituent actuellement la source principale de certains métaux qui à l'état de traces sont déjà toxiques pour l'homme. C'est le cas du mercure, du nickel, plomb, chrome, cobalt, cadmium, arsenic...

D'après les résultats (Tableau XI), nous avons noté que durant les deux saisons, la quasi-totalité des eaux des forages de la plaine de la Mitidja présentent des concentrations inférieures aux normes admises par l'OMS (2008).

Tableau XI : Résultats des paramètres polluants Métaux lourds 1^{ère} et second compagne (Mois de Février , Mai)

Métal µg/l		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	Normes mg/l
Al	C1	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,2
	C2	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
CN	C1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	0,07
	C2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Pb	C1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,01
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Fer	C1	0,02	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,02								0,3
	C2	13	50	22	<2	23	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	16	<2	
Ni	C1	2,1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,07
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
As	C1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,01
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Se	C1	13	<2	2,4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,01
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Cd	C1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,003
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Sb	C1	2,7	2	3,1	<2	<2	<2	<2	2,2	<2	2,7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,02
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Cu	C1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Cr	C1	<2	2,4	4,5	<2	2,1	2,1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,05
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Ag	C1	2,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4	4,2	5,2	3,2	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3	4	0,1
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Ba	C1	58,7	67	54	44	43	9	27	20	19	58	<2	53	50	40	56	53	54	0,7
	C2	52	55	53	59	55	56	45	57	59	60	59	58	56	56	59	58	59	
Mo	C1	3	2,2	2,1	2	2,4	<2	2,1	2,2	<2	3	2,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0,4
	C2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	

PARTIE EXPERIMENTALE

Zn	C1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3
	C2	47	22	15	7,8	15	16	<2	46	26	16	38	62	41	2,11	2,6	30	5,8	
B	C1	128	120	38,7	34	35	29	96	35	31	128	<2	40	55	60	70	50	53	0,5
	C2	60	62	62	62	64	67	65	65	62	69	66	66	68	74	74	75	69	
Hg	C1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	0,006
	C2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	

C1 : Campagne 1

C2 : Campagne 2

II-4 Résultats des Paramètres Bactériologiques

Les résultats des différentes analyses bactériologiques des eaux souterraines échantillonnées dans les dix sept forages de la régions (East ,centre , ouest) de la Mitidja sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XII : Résultats des analyses bactériologiques pour la première et la seconde campagne 2017 .

	Première campagne						Seconde campagne					
	CT	CF	SF	ASR	Salmonelle	Vibrion	CT	CF	SF	ASR	Salmonelle	Vibrion
F1	18	4	18	0	0	0	18	8	0	0	0	0
F2	18	4	0	0	0	0	18	6	0	0	0	0
F3	0	0	0	0	0	0	18	8	0	0	0	0
F4	0	0	0	0	0	0	10	3	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	0	18	7	0	0	0	0
F6	7	3	2	0	0	0	12	4	0	0	0	0
F7	18	10	18	0	0	0	12	4	0	0	0	0
F8	0	0	0	0	0	0	18	7	0	0	0	0
F9	0	0	0	0	0	0	18	8	0	0	0	0
F10	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
F11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F12	0	0	0	0	0	0	ID	0	0	0	0	0
F13	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
F14	4	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
F15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F16	0	0	0	1	0	0	ID	0	0	0	0	0
F17	0	0	0	1	0	0	ID	0	0	0	0	0
Normes OMS (2008)	10	00	00	Absence	Absence	Absence	10	00	00	Absence	Absence	Absence

ID : Indénombrable

❖ Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Leyral. *et al.*, 2002).

D'après les résultats (Voir Tableau XII), on observe que durant le mois de Février, les concentrations maximales en coliformes totaux dans les eaux de forage de la plaine de la Mitidja oscillent entre 0 et 18 UFC /100 ml dans les forages Ouest de la Mitidja (Hadjout,

Bourekika) mais ne dépassent pas les normes recommandées par l’OMS (10 germes /100 ml). .

En outre, on note l’absence totale en ces germes au niveau des forages F3,F4, F5, F8, F9, F10, F11 ,F12 ,F13,F15 ,F16, F17 .

Durant le mois de Mai, nous avons observé des taux qui ne sont pas conformes à la normes admissible par l’OMS (10 UFC / 100ml) pour l’ensemble des forages ,à l’exception du taux indénombrable observé au niveau de F12 ,F16 ,F17. Leur absence est signalée au niveau du forage F11 .

Cette contamination par les coliformes totaux pourrait être due à :

- ✚ Une mauvaise protection des forages
- ✚ Une méconnaissance des règles élémentaires d’hygiène.
- ✚ Et/ ou à une pollution avoisinante (terres agricoles , élevage des bétails , existence de fosses septiques et/ou des latrines) .

En général, le risque sanitaire lié directement à la présence de ce type de bactéries est faible, mais leur présence indique qu’une source d’approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (**Figarella et al ., 2001**). Cependant selon (**Barwick et al .,2000**) , il existe des cas où il a été mis en évidence une association entre la détection des coliformes totaux et l’apparition d’épidémies d’origine hydrique .

❖ Coliformes fécaux

Durant la première campagne, on note leur absence dans la majorité des forages de la Mitidja, hormis les forages situés à l’Ouest et au centre de la Mitidja F1, F2, F6, F7 (Voir Tableau XII).

Durant la seconde campagne, nous signalons la présence des coliformes fécaux au niveau des forages Ouest et Centre de la Mitidja, il s’agit de : F1, F2, F3, F4 ,F5, F6, F7,F8 ,F9 avec cependant un taux inférieur aux normes fixées par l’OMS (2008).

Par contre, nous signalons leur absence au niveau des forages situés à l’Est de la Mitidja (F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, F17). Selon **Larpen et Larpen –Gourgant (1995) et Rodier (1996)**, l’absence de ces indicateurs s’expliquent par le fait que ces germes n’ont pas

trouvé les conditions de milieu favorable pour se multiplier (richesse en matière organique facilement biodégradable, température, etc...)

❖ **Streptocoque fécaux**

Il en ressort de cette étude que durant les deux campagnes d'échantillonnage, Février et Mai, on note l'absence des streptocoques fécaux (Tableau XII) dans la majorité des forages à l'exception de F1, F6, F18 qui présentent ce type de germes avec un taux qui oscillent entre 2 et 18 UFC /100 ml durant la période hivernale. Les résultats obtenus sont conformes aux normes de potabilité et concordent avec ceux de **Hamdi (2011)** dans ces travaux relatifs à l'eau domestique dans quelques localités de la cuvette d'Ouargla.

La réglementation algérienne impose l'absence des entérocoques intestinaux dans 100 ml d'eau prélevés (**JORA, 2000**). De ce fait nous pouvons qualifier ces eaux souterraines de bonne qualité bactériologique.

❖ **Spores d'Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR (Tableau XII) ont montré la présence de spores dans les eaux issues des forages 16 et 17. Ces valeurs sont nettement supérieures aux normes algériennes de la qualité de l'eau souterraine qui exigent l'absence totale de ces germes dans les eaux souterraines (**JORA, 2009**).

Ces spores sont extrêmement persistantes dans l'environnement et résistantes aux processus de désinfection de l'eau (**Guergazi et Achour , 2011**). Par conséquent, leur valeur comme indicateur de contamination fécale a été mise en doute car les spores pourraient se retrouver naturellement dans l'environnement ou représenter une source ancienne de contamination fécale (**Pitkanen, 2010**) .

Dans la majorité des forages, ces eaux souterraines sont donc de bonne qualité bactériologique.

❖ Salmonelles

Il en ressort de cette étude, l'absence totale des salmonelles durant les deux périodes dans tous les échantillons d'eau prélevés à partir des 17 forages de la région d'étude (Voir Tableau XII).

❖ Vibrions cholériques

Les *Vibrions cholériques* n'ont pas été détectés au cours de cette étude pour les 17 forages durant les deux campagnes (Tableau XII). Cette absence peut être expliquée également par l'absence des porteurs de la population résidente dans cette région. De ce fait nous pouvons qualifier ces eaux souterraines de bonne qualité bactériologique.

Globalement, il en ressort de ces différentes analyses bactériologiques que les eaux provenant des différents forages dans la région de la Mitidja répondent aux normes admises par l'OMS (2008) et le JORA (1993). En général, l'analyse bactériologique de la qualité des eaux souterraines sera meilleure que celle des eaux de surface, car les agents pathogènes sont filtrés par le sol et le sous-sol au cours de la procédure de recharge (**Maier et al., 2000**). La fuite dans les systèmes d'évacuation des eaux usées, des fosses septiques, du lisier et les dépôts de déchets organiques enterrés, y compris des cadavres d'animaux sont responsables de la contamination des eaux souterraines (**Harvey et Harnas, 2002 ; Crowther et al., 2002 ; Fetouani et al., 2008**).

Conclusion

Au terme de cette étude qui avait pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de dix sept forages localisées dans la plaine de la Mitidja située au Nord de l'Algérie, nous avons abouti aux conclusions suivantes :

- ✚ La qualité chimique de l'eau souterraine pour les dix sept forages résulte d'une minéralisation moyenne. Cette minéralisation est confirmée par la géologie de la région ainsi que la lithologie de l'encaissant, les conditions hydrodynamiques (axes de drainages et leurs vitesses de circulation) de la nappe et en particulier au niveau de la région Ouest. Les paramètres comme le pH, la température et la dureté totale peuvent être considérés admissibles et ne présentant aucun danger pour la consommation.
- ✚ Des concentrations très élevées en nitrate supérieures aux normes de potabilité (50 mg/l) au niveau de la région Ouest de la plaine ont été enregistrées. Ce qui confirme l'impact de l'intensification de l'agriculture, les rejets des eaux usées domestiques et industriels qui peuvent modifier la chimie des eaux souterraines. Le danger de cette pollution est très grand sur la santé humaine, surtout que ces forages sont considérés comme sources d'approvisionnement en eaux potables dans cette région.
- ✚ Les paramètres chimiques qui interviennent le plus dans la qualité des eaux de la nappe alluvionnaire de la Mitidja sont: les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}), le calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{+}) le sodium (Na^+) avec des moyennes respectives de 101,98 mg /l , 149,79 mg /l , 101, 57 mg /l , 68,57 mg /l , 83,23 mg /l .
- ✚ Le diagramme de Piper a permis de mettre en évidence la présence de deux faciès chimiques. Il s'agit de faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien, et le faciès Bicarbonaté calcique et magnésien .
- ✚ Le diagramme de SCHOELLER –BERKALOF montre une seule famille d'eau Bicarbonaté calcique et magnésienne .

- ✚ Quant à la qualité des eaux pour l'irrigation, le diagramme de Richard et Wilcox a permis de montrer que les eaux sont moyennement minéralisées et admissibles à l'irrigation.
- ✚ Les métaux lourds n'ont pas été détectés pour les dix sept forages de la plaine .
- ✚ Globalement les analyses bactériologiques des eaux de dix sept forages étudiés présentent une bonne qualité bactériologique vis-à-vis des germes pathogènes due d'une part à leur éloignement de toute sorte de pollution anthropique et d'autre part par leur profondeur ce qui a permis aux différentes couches du sol de filtrer ces eaux.

Cependant, cet aquifère demeure très vulnérable à la pollution. De ce fait, il est primordial d'assurer la protection de cette ressource avant qu'elle ne soit détériorée par un usage intensif ou par des problèmes de pollution.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

A l'avenir, il serait préférable :

- ✓ Installer un réseau de piézomètres à travers la nappe, pour contrôler la fluctuation de la surface piézométrique, et prendre ainsi des mesures de gestion conservatoires et appropriées pour cette nappe.
- ✓ Instaurer un contrôle rigoureux des rejets domestiques et industriels liés à l'accroissement démographique et à l'essor industriel par la réalisation des stations d'épurations appropriées aux agglomérations et aux unités industrielles à assainir .
- ✓ Impulser le changement de comportement par : la promotion de l'hygiène de l'environnement .
- ✓ L'agriculture est le problème majeur des eaux souterraines , face à cette situation il serait indispensable de limiter l'utilisation intensive des engrais chimiques dans les

sols à forte perméabilité , afin de limiter l'infiltration des éléments chimiques vers la nappe .

- ✓ Réétudier l'emplacement des décharges ménagers des agglomérations en les installant loin des zones vulnérables à la pollution , pour éviter leurs effets sur les ressources hydriques .

- ✓ Surveiller en permanence la qualité des eaux au niveau des oueds .

References Bibliographiques

- Adelana , S-M-A et Macdonald , A-M .2008.** Applied groundwater studies in Africa , IAH Selected papers on hydrology , CRC press /Balkema , leiden , the Netherlands.
- Abubaker ,B et Adekola ,O. 2012.** Assessment of borehole water quality in Yola-Jimeta Metropolis, Nigeria .International journal of water Resources and Environmental Engineering Vol 4(9), 287-293 .
- Aminot , A et Chaussepied , M .1983 .** Manuel des analyses chimiques en milieu marin .Edition Paris .395p .
- Avril ,J-L ; Dabernat, H ; Monteil, H ; Denis,F .2000 .** Bactériologie clinique .3éme édition Ellipse Marketing SA.65p .
- AFNOR . 1992 .** Détermination de l'indice biologique global normalisé (BGN) .Essais des eaux .Normes française T90-350 . Assoc franç de normalisation . Paris 9 P.
- Athman , M . 2006 .**Mémoire présenté en vue d'obtention du diplôme de magister .Université de Batna 67p.
- Afoufou , R. 2003 .** Incidence de traitement d'oxydation sur l'élimination de la matière organique des eaux naturelles par coagulation –floculation .Mémoire de magister, spécialité Génie de l'eau ENSH , 58 p .
- Alassane , A . 2004 .** Etude hydrogéologique du continental Terl /Linal et des formations de la plaine littorale dans la région de Portonovo (Sud du Benin) : Identification des Aquifères et vulnérabilité de la nappe superficielle . Thèse de doctorat de troisième cycle .98P .
- Boeglin , J-C . 1983 .** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition .Ed. Techniques Ingénieur . pp 2-8.
- Boeglin , J-C . 2000 .**Contrôle des eaux douces et de consommation humaine .Edition Technique de l'ingénieur .24 p
- Boeglin J-C. 2001 .** Technique de l'ingénieur .Edition T1.110 p.
- Boeglin ,J-C . 2003 .** Technique de l'ingénieur .volume 1.Edition Paris .France ,148p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baziz, N. 2008 . Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé .Cas de la ville de Batna .Mémoire de Magister en Aménagement du territoire, présentés à l'université Colonel Elhadj Lakhdar Batna105p.

Bonnin ,J. 1982 . Aide Mémoire Hydraulique Urbaine, Éditions Eyrolles. p 25.

Binnie et Partners .1983. Schéma d'aménagement des ressources en eau de la région d'Alger et du Sébaou .

Baig, S-A et Khan , R . 2012 . Microbiological water quality risks to public health : potable water assessment for a flood-affected town in northern Pakistan . Rural and Remote Health 12. 2196 P .

Bouguerra , N et Dahleb ,K . 2005 . Qualité bactériologique des eaux de puits avant et après traitement par la brique poreuse . Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie . Option :contrôle de qualité et analyse . USDB . 4 p .

Belkhiri ,L . 2011 . Etude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d 'Ain Azel-Est Algérien . Thèse présentée en vue de l'obtention de diplôme de Doctorat en sciences à l'université Hadj Lakhdar Batna .84 P

Bentouati ,L et Bouzidi ,A . 2011 . Etude de la qualité des eaux souterraines de la wilaya de sétif . Science Lib Edition Mersenne .3 .10 p .

Boualem. ,R . 2009 . Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche. p 20-33.

Bonhomme , A-J-C . 2003 . Les bactéries du genre Vibrio et la santé publique vétérinaire .Thèse de doctorat vétérinaire .Ecole nationale vétérinaire d'Alfort . Faculté de médecine de Créteil. France .109p .

Benmessahel , 2011 . Etude du transfert des éléments fertilisants et phytosanitaires vers les eaux souterraines et l'impact d'un réseau de drainage sur leur circulation (cas de la Mitidja Centre et Ouest . Mémoire de magister ; Génie de l'eau . ENSH.126 p

Blum,A ;Chery,L ;Barbier,J ;Baudry,D ;Petelet-Giraud,E.2002.Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines .Outils et méthodologie .Rapport final BRGM RP-51549-FR,5 volume .26 P .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barbier ,V . 2011** . Nitrates et pesticides dans l'eau destinée à la consommation humaine . L'O.R.E. (Observation régionale de l'environnement) . Les dossiers de l'environnement en Poitou-Charentes 25p .
- Belaidi , M et Salhi ,M . 2011** . Note sur la piézométrie de la nappe de la Mitidja (campagne 2010) . Agence national des ressources hydrauliques .7p .
- Bouzidi ,A . 2001** . Application de certains indices diatomiques à un cours d'eau marocain : Oued Hassar, Rev. Sci. Eau, 14/1, 73-89p .
- Bontoux , J. 1993** . Introduction à l'étude des eaux douces" Qualité et santé". 2^{ème} édition, Edit. CEBEDOC, 165p.
- Bouredelt, J.C ; Bonnely, V ; Hesse,C ; Hanbry,A . 1989**. Mémento de l'eau .9ème édition .Tome II.DEGREMOT.983p .
- Bouguerra , N et Dahleb ,K . 2005** . Qualité bactériologique des eaux de puits avant et après traitement par la brique poreuse . Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie . Option :contrôle de qualité et analyse . USDB . 4 p .
- Blad, J; Borja, A; Muxika,I ; Franco,J; Valencia,V . 2005** . Assessing reference condition and physical-chemical status according to the European water Framework Directive .A case-study from the Basque country (Northern Spain) .Marine pollution Bulletin 50.1508- 1522p .
- Barwick, R ; Levy ,D ; Craun , G; Beach ,M ; Calderon , R . 2000** . Surveillance for waterborne-disease outbreaks – United States , 1997-1998 . Mortality and morbidity weekly Review Surveillance Summaries .49 (SSO4): 1-35 P .
- Butt , I ; Ghaffar, A . 2012** . Ground water quality assessment near Mehmood Boti Landfill ,Lahore, Pakistan ,Asian, journal of social sciences & Humanities .Vol 1,2;2186-8484.
- Beckers ,B et Steegmans , R .1979** . De kwaliteit van de oppervlaktewatern in Limburg Studiecentrum voor ecologie en Bosbouw,,gent rapport publié .
- Berne, F. 1972**.Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP. 207 p.
- Berne, F et Jean, C. 1991** .Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 306 p.
- Barroin , G . 2003**. Gestion des risques santé et environnement :le cas des nitrates , phosphore ,azote et prolifération des végétaux aquatiques .Paris .Le courrier de l'environnement de l'ANRA. 48 :13-26 .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cavallari , E ; DeLellis , L ; Balzani , E ; Lorenzi , I ; Stefanelli , G-P .2011 . Recherche de Salmonella en environnement hydrique . Les avantages de la PCR en temps réel .Analytical solutions . 5P .

Chery , L . 2006 . Guide technique qualité naturelle des eaux souterraines ; méthode de caractérisation des états de référence des aquifères français , édition Orleans ,,68p

Campy , M ; Macaire ,J-J. 2003 . Géologie de la surface ,érosion , transfert et stockage dans les milieux continentaux .Dunod ,2^{ème} édition ,Paris , France .440p.

Chevalier , P .2003 . Coliformes totaux . Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine .Groupe scientifiques sur l'eau . Institut national de santé publique du Québec .4p

Delarras , C . 2007 . Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou le contrôle sanitaire . Ed Tec et Doc Lavoisier .269 P .

Desjardin , R . 1990 . Le traitement des eaux . 2^{ème} édition revue .Ed Ecole polytechnique de Montréal , Canada .304p .

Djemai, M ; Mesbah , M .2008 . Ressource en eau de la plaine alluviale du haut Sebaou : impact de l'urbanisation , l'industrie et l'agriculture sur les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de surface et souterraines (Grande Kabylie ,Algérie) .14 p

Debeiche, T-H . 2002 . Evolution de la qualité des eaux (salinité ,azote et métaux lourds) sous l'effet de pollution saline , agricole et industrielle . Thèse de doctorat en science de la terre (Hydrogéologie et environnement) . Université de France –Comité , France .199 p.

Demirel , 2004 .The history and evaluation of saltwater intrusion into a coastal aquifer in Mersin, Turkey Journal of Environmental Management ,70 , 275 -282p .

Degremont , F.1989 .Mémento technique de l'eau . Tome 1 .Edition Lavoisier . France .245p

Degremont , T .2005 .Mémento technique de l'eau .Tome 2 .Ed Lavoisier ,France .785p .1928 p.

Drobenko ,B et Sironneau ,J .2008 .Code de l'eau .Edition Johanet . Paris .France .124p .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Demeke , A .2009 . Determinants of Household participation in water source Management : Achefer , Ambara Region , Ethiopia . A Thesis presented to the faculty of the Graduate School of Cornell university .54P .

Edwards , A-M-C et Tthornes J-B . 1973. Annual cycle in the river water quality: a time series approach. Water Res., 9, 1286-1295.

Figarella ,J ; Leyral ,G. ; Terret , M . 2002 .Microbiologie générale et appliqué . Jacques Lanore . 285 p .

Fall ,C . 2007 . Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'arrondissement du département de Guédiawaye ,Dakar ,Sénégal .81p.

Guilbert, L. 2000 . Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, p 21.

Gelinas , P. 1995 . Répertoire des Microorganismes pathogènes transmis par les aliments agricoles et agro-alimentaire .Edition Canada /170 p.

Ghizellaoui , S . 2008 . Evaluation and evolution of the quality of the water resources in the distribution network . Elsevier .Desalination .222: 502-512

Guergazi , S et Achour , S . 2011 .Effet de la désinfection par chlore sur la pollution des eaux de surface de la région de Biskra . Larhyss Journal 9 : 131-138

Gazzaniga, , J.L ; Ourliale ,J-P ; Xavier , L-C. 1998 .L'eau usage de gestion .Edition LITEC.P135.

Celier, J-L et Faby , J-A . 2003. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux .Ministère de l'agriculture ,de l'alimentation ,de la pêche des affaires rurales .98p

Gornas , S. 2004 . Evaluation du statut technique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origines diffuses et ponctuelles ,le cas du grand canal de plaine de Rhone , Paris, 239 p..

Gouaidia , L . 2008 . Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi –aride ,cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algériens . Thèse de doctorat en science de la terre .Option Hydrogéologie . Université Badjii Mokhtar Annaba . Algérie .130p .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Chekroud , H . 2007 . Etude de pollution des eaux de plaine de TELEZZA due aux activités agricoles et commerciales .Mémoire de magister .Université du 20 Aout 1955- Skikda .15, 26 p.

Georges , T et Pierre , J . 2002 . L'eau, patrimoine mondial commun, Belgique, presses universitaire de NUMUR . 303p.

Gregorio ,C ; Pierre-Marie , B . 2007 . Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté. 356 p.

Gilli , E ; Mangan ,C ; Mudru ,J . 2004 . Hydrogéologie .Objet ,méthode application ,DUNOD,Paris France .303p.

Gueragzi , S et Achour, S . 2005. Caractérisation physico-chimique des eaux d'alimentation de la ville de Biskra , pratique de la chloration .Lahryss.Journal :119-127.

Hade , A . 2002 .Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 360 p.

Hartani ,T . .2004 . La réutilisation des eaux usées en irrigation :cas de la Mitidja en Algérie ;projet INCO-WADEMED .Actes du séminaire « Modernisation de l'Agriculture irriguée » Rabat 23p.

Hakmi , A . 2006 . Traitement de l'eau de source Bousfer Oran .Mémoire de licence traitement des eaux .Université des sciences de la technologie Oran.48 P.

Henry , M-T et Beaudry, J . 1992 . Chimie des eaux ,1ère édition le Griffon d'argile . Canada 537 p.

Iguetoulene , H. 2009 . Contribution à l'étude de la qualité des eaux souterraines et son évolution dans la périmètre irrigué de la Mitidja Ouest (Mouzaia .w Blida). Mémoire de fin d'étude de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique ,spécialité conception des systèmes d'irrigation et de drainage .ENSH .11p .

Jakson , R-E . 1986 . Pollution et protection des aquifères ; édition ISBN .9-189P .

Jensen ,O-M . 1982 . Nitrate in drinking water and cancer in Northern Jutland ,Denmark, with special reference to stomatch cancer .Ecotoxical .Environ .Saf, 6.258p.

Jahasz , L ; Hill , M-J ; Nagy, G .1980. Possible relationship between nitrate in drinking water and incidence of stomatch cancer.LARC SCI.Pub.31.619p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Kumer ,V et Kakrani , B . 2000 . Water –Environment and pollution , Agro Bios Publication , New Delhi .258 P

Kaufman ,G. 2003 . A model comparison of karst aquifer evolution for different matrix-flow formulation . Journal of hydrology .283: 281-289 .

Kelin , H ; Yuang ,H-F ; Hong , L; Robert, W-E . 2005. Spatial variability of shallow ground water level , electrical conductivity and nitrate concentration and risk assessment of nitrate contamination in north china plain .Environnement international .31:896-903p .

Kettab , A . 1992 . Traitement des eaux , les eaux potables .Ed Office des publications Universitaires .Alger .7-29 p.

Kouzana , L ; Ben Mammou , A ; Gaaloul , N. 2007 . Intrusion marine et salinisation des eaux d'une nappe phréatique côtière (Korba,cap-Bon, Tunisie).Géo-Eco-Trop.31.57.70 P .

Kresic , N . 2007 .Hydrogeology and groundwater modeling 2^{ème} Ed – Boca Raton ; London .CRC Press .25 P.

Leclercq ,L et Maquet , B . 1987 . Deux nouveaux indices chimiques et diatomique de la qualité d'eau courante . Application au Samson et à ses affluents (bassin de la Meuse Belge) .Comparaison avec d'autres indices chimiques biocénologiques et diatomiques .Inst ,roy.Sc .nat .Belg .Document de travail 38,113p .

Landry ,B et Mercier , M .1992 .Notions de géologie , 3ème édition universitaire du Mirail .13P .

Lefevre ,R .1993 . Les zones humides :espaces en voie de disparition .Colloques sur les zones humides ou littoral aquitain édition DRAE d'aquitaine , France .27p

Limas , J . 1993 ,Hydrogéologie générale : principe et application .Edition Gaetan morin 2eme édition .Québec .527 p

Leyral ,G ; Ronnefoy , C ; Guillet , F . 2002 . Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris . 245p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ladjel , S . 2009 . Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologique d'une eau de consommation . Les cahiers techniques du stages T7 . Centre de formation en métiers de l'eau , Tizi Ouzou .101P .

Lamri , D et Belghyti , D. 2011. Bio-évaluation de la qualité des eaux par application des indices biotiques : Cas de l'Oued Moulouya (Maroc). .Science Lib Editions Mersenne : Vol. 3, N ° 110905, ISSN 2111-4706.

Metahri , M S . 2012 . Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées , par les procédés mixtes . Cas de la STEP EST de la ville Tizi –Ouzou . Thèse doctorat . UMMTO .

Mizier, O-M . 1998 . Guide de choix d'un turbidimètre .n°216 .10p

Montiel , A . 2004 .Contrôle et prévention de la qualité microbiologique des eaux .Revue Française des laboratoires .364 ;51-53 p

Marchaud ,D ; Lament , A ; Mouchet , P ; Lesoil ,M ; Baig , S ; Rovel ,J-M ; Mazounie , P ; Bouredelet , J-C ;Bonneley ,V ; Hesse , C ; Hanbry ,A . 2000 . Mémento technique de l'eau 9 ème édition . Tome II Degremont .983 P .

Milgrom ,P ; Roberts , J ; Ruffix , B. 2003 . Economie ,organisation et management . Edition : De Boeck université Belgique ;387p .

Mokeddem , K et Ouddane, S . 2005 . Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, pp 18-22.

Morhit , M .2009 . Hydrochimie ,éléments traces métalliques et incidences éco toxicologique sur les différentes composantes d'un écosystème estrien (Bab Loukkos) . Thèse de doctorat en sciences de l'environnement ,spécialité : Toxicologie ..Université MOHAMED V-AGDAL .Faculté des sciences .Rebat ,Maroc .202p.

Montiel , A . 1999 . Contrôle de la pollution de l'eau .Ed .Technique de l'ingénieur ,12p.

Ma, J-Z et Edmunds ,W-M . 2006 .Groundwater and lake evolution in the badain Jaran desert ecosystem , Inner Mongolia . Hydrogeology journal 14 , 1231-1243 .

Metahri , M .2012 . Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatés des eaux usées traités par procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou .Thèse de

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

doctorat en Agronomie .Option :Génie des procédés ,faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques .33p.

Monique , T-H ; Beaudry, J-P .1992 .Chimie des eaux .2ème édition . Le griffon d'argile .536p.

Maier, R-M ; Pepper, I-L ; Gerba , C-P . 2000 . Environmental Microbiology . Academic Press ,San Deigo .58 P .

Momba , M-N-B ; Malakate ,V-K ; Theron , J . 2006 . Abundance of pathogenic *Escherichia coli* , *Salmonelle typhimurium* and *Vibriion cholera* in Nkonkobe drinking water sources . Journal of water and health 4 (3) : 289-296

Nagpal , B-N ; Singh , S .; Chand , S-K ; Singh , A ; Srivastava , A ; Dua , V-K . 2011 . Microbiological quality of drinking water in the villages, rehabilitation colonies located in the Area of Major Dams of Narmada Bassibn . India Webmed Central .11P .

Niamien-Ebrottié , E-J ; Konan , K-F ; Gnagne , T ; Ouattarsa , ; .Gouréne ,G . 2008 . Etude diagnostique de l'état de pollution du système Fulvio-lagunaire Aby-Bia-Tanoé (Sud-Est, Cote d'Ivoire) .Sud sciences et technologie .16 / 5-13 p.

OMS , 2003. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. World Health Organisation.

OMS , 2004 . Directives de qualité pour l'eau de boisson .3ème ed . Volume 1 recommandation .Genève .110p

Oubraim , S . 2002 . Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau du réseau hydrographique de la Meseta Occidentale Marocaine : Cas de l'Oued Mellah. Thèse de doctorat d'état. Faculté des Sciences Ben M'Sik.

Ollagnier , S et Vittecoq , B . 2007 .Suivie de la qualité des eaux souterraines dans la Martinique , compagne de saison de pluies 2006 .Résultats et interprétations .Rapport BRGM/RP-56278-FR.22P.

Papa, M , 2005 . Les Eaux A Usage Industriel, Edition EP5 . p 17.

Paul , R . 1998 .Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Epuration, utilisation, Société d'Éditions techniques. 192 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pitkanen , T . 2010 . Studies on the detection methods of campylobacter and faecal indicator bacteria in drinking water . National Institute for health and welfare . Finland .118 P ..

Polan ,P et Henry, M . 1998 . Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de coticook . Régie régionale de la santé des services sociaux de l'Estrie . Direction de la santé publique et de l'évaluation . Québec . Canada 49p

Prescott , M ; Harley , J-P ; Klein , D-A . 2003 . Microbiologie . Ed .De Boeck Larcier , Paris .1137 P.

Piper, A-M . 1994 . Agraphie procedure in geochemical interpretation of water analyses.Am geophys. Union Trans .25, 914-923.

Prati , L ; Pavanello , R ; Pesarin , F . 1971 . Assessmant of surface water quality by a single .index of pollution water Research 5? 741-751.

Rejsek . 2002 . Analyse des eaux : espect réglementaires et techniques . Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine .ISBN 2-86617-420-8

Rodier , J . 1975. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Coll. Dunod technique, tome 2. Paris, 123-167- 668 P .

Rodier , J ; Bazin , Broutin ,J.P ; Chambon , P ; Champsaur , H et Rodi , L . 1984. L'analyse de l'eau :eaux naturelles ,eaux résiduaires, eaux de mer .5ème édition ;édition DUNOD, Paris,668.

Rodier, J ; Bazin , C ; Champon , P ; Champsaur, H ; Rodi , L . 2005 . L'analyse de l'eau :eaux naturelles ,eaux résiduaires, eaux de mer .8eme édition ,Dunod ,Paris ,France .1383p

Rodier , J . 1996 . Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8^{ème} Edition, paris . 1260 -1335 p ..

Rodier, J.1997. L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires Et Eaux De Mer), 8^{ème} Edition, Dunod, Paris. p 66.

Richardson , H-Y ; Nichols ,G ; Lane ,C ; Iain, R ; Lake , P ; Hunter , R . 2009 .Microbiological surveillance of private water supplies in England – The impact of environmental and climate factors on water quality .Water research 43 .2159 -2168 .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Richard , C . 1996 . Les eaux , les bactéries , les hommes et les animaux (collection BIO Edition ELSEVIER MASSON –Paris .22p .

Rekacewicz ,P et Diop , S .2004 .Atlas mondial de l'eau :une pénurie annoncée (Atlas Monde) .Paris .France .7P.

Savary , P . 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron. 261 p.

Self , J-R . 2010 . Domestic water quality Criteria . Manager ,Soil , Water and plant Testing Laboratory ,Colorado State University Crop Series: Irrigation , FactsHEET .3 p.

Seghirir , S . 1996 . Elimination des substances humiques extraies de l'eau de la retenue de hammam ghrouz par coagulation-floculation avec le fer ferrique et les sels d'aluminium . Thèse de magistère ,université de Constantine .Algérie .102 p.

Singleton , P et Sainsury , D . 1984 .Bactériologie . Edition Masson Paris .151p .

Santé Canada .1995 .La turbidité .Document de support aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada .56p.

Slimani , R . 2006 . Contribution à l'évaluation d'indicateur de pollution environnementaux dans la région de Ouargla : cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines) .Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne .77 P.

Schaffter, N et Parriaux , A .2002 . Pathogenic –Bacterial water contamination in Mountainous catchments ,water Research 36 .131-139 .

Souster ,M ; Mermoud ,A ; Musy , A .2007 . Ingénierie des eaux et du sol : processus et aménagement .Lausanne :presses polytechniques et universitaires Romandes .

Shanan , S ; Abd , H ; Hedenstrom , I ; Saeed , A ; Sandstrom , G . 2011 . Detection of Vibriion cholera and Acanthamoeba species from same naturalwater samples collected from different Cholera endemic areas in Sudan . Bio Medical Center Research 4 (109) .4P .

Touileb , M . 1997 . Utilisation de la méthode DRASTIC et du système d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité des nappes souterraines à la pollution (cas de Mitidja –Est). Mémoire de magister .Génie de l'eau .ENSH.75p.

Teillet , E ; Cordelle , S ; Urbano , C ; Schlich , P.2008 , Déterminer le gout de l'eau ne coule pas de source.conférence Agrostat ,session sensometrie II .Centre européen des sciences du gout , CNRS-UB-INRA en partenariat avec la lyonnaise des eaux , France .11p .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TardatHenry , M . 1992 . Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile,,pp 213-215.

USEPA , 2001 . United States Environmental Protection Agency . National Primary drinking water standards .4p

USEPA , 2006 . United States Environmental Protection Agency . Distribution System Indicators of Drinking water quality .66 P .

Villate , D et Gongallud , N-G . 2000 . L'élevage du gibier à plumes :élevage ,pathologie, habitat, population , .Edition France Agricole .225 p.

Vanbourdolle , M . 2007 .Infectiologie pharmacie-biologie .3 ème Edition Wolters Kluwer ,France .1036p .

Vilagines ,R . 2003 .Eau ,Environnement et santé publique .ED . Lavoisier 2ème edi Paris . 198p .

Vaidya , K et Gadhia , M . 2012 .Evaluation of drinking water quality (India) .African journal of pure and Applied chemistry .6 P :6-9

Vierling , E .2008 .Aliments et boissons :filières et produits .Wolters Kluwer France .277 p .

Yahiaoui ,S . 2011 ..Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la Mitidja et leur aptitude à l'irrigation . Mémoire de magister .Génie de l'eau . Ecole national supérieur d'hydraulique Arbaoui Abdellah .75p.

Annexe 1**Tableau XIII : Bassin versant de la plaine de Mitidja et les principaux oueds (ARNH , 2013)**

Bassins Versants (BV)	Oueds
Nador 'BV Occidental Mazafran (premier sous BV central) El Harrach (deuxième sous BV central) Hamiz et Réghaia (bassin oriental)	Oueds (Bourekika , Bouardoun , Bouyersen) Oueds (Djer , Bouroumi , Chiffa) Oueds (Djamaa , Smar) O Hamiz , O , Reghaia

Tableau XIV : Distribution générale des formations du remplissage de la Mitidja (**Sir M MacDonald ; Partners Limited , 1992**)

		Age	Formation	Lithologie	Epaisseur	Aquifère existants
Quaternaire		Actuel / récent	Alluvions des oueds, dunes, piémont de l'Atlas	Sable / Gravier, Sables éoliens, limons argileux	< 10 m 10 à 20 m	Aquifère de la Mitidja
		Pléistocène	Rharbien	Formation du Mazafran Formation de Hallola Formations dunaires	Limons et argiles limoneuses Sables consolidés	
	Soltanien Tensiftien		Formation de la Mitidja	Altérmance de graviers , de sables et d argiles	100 à 200 m	
	Amirien Saltinien		Non identifié dans la plaine de la Mitidja	—	—	
	Villafran- chien		Formation d'El Harrach	Argiles et cailloutis	0 à 200 m moyenne 100 m	
Tertiaire	Pliocène	Astien	Crès, sables, calcaires	100 à 130 m	Aquifère de l'astien	
		Plaisancien	Marnes et argiles bleues	200 m		
	Miocène et roches plus anciennes	Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives.	Diverses mais peu significatives dans l'évolution du bassin sédimentaire	—		

Annexe 2 : Normes de qualité des eaux potables selon l’OMS et le JORA

Tableau XV : Normes de qualité selon l’OMS et le JORA

Paramètres	Unités	Eau potable	Eau potable
Paramètres physiques		OMS (2008)	JORA (1993)
Turbidité	UNT	5	5
pH		6,5-8,5	6,5 – 8,5
Conductivité	µs /cm	2100	2800
Température	°C	25	25
Taux de sels dissous	mg /l	1000	2000
Paramètres de pollution			
Nitrite	mg /l	0,1	0,1
Orthophosphate	mg /l	0,2	0,2
Azote ammoniacal	mg /l	0,5	0,5
nitrate	mg /l	50	50
Minéralisation globale			
Sulfate	mg /l	250	250
Calcium	mg /l	100	200
Magnésium	mg /l	50	150
Titre hydrotimétrique	°F	200	200
Chlorure	mg /l	250	500
Bicarbonate	mg /l	500	500
Titre alcalimétrique complet	°F	200	200
Paramètre indésirables			
Fer	mg /l	0,3	0,3
Aluminium	mg /l	0,2	0,2
manganèse	mg /l	0,4	0,2
Métaux lourds	mg /l		
Cuivre	mg /l	2	1,5
Zinc	mg /l	3	5,00
Plomb	mg /l	0,01	0,05
Cadmium	mg /l	0,003	0,003
Chrome total	mg /l	0,05	0,05
Paramètres bactériologiques			
Coliformes totaux	UFC/100ml	10	00
Coliformes fécaux	UFC/100ml	00	00
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	00	00

ANNEXES

Spores d'anaérobies-sulfito-réducteurs	Spores /20 ml	00	00
Salmonelle	UFC/100ml	Absence	Absence
<i>Vibron cholerae</i>	UFC/100ml	Absence	Absence

Annexe 3 : Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques**❖ Appareillage**

- Agitateur magnétique.
- Balance analytique.
- Automate METROHM
- Auto analyseur à flux continu
- Robot SP50 SKALAR
- Spectromètre à émission optique
- Etuve.
- Plaque chauffante.
- Spectrophotomètre UV-Visible.
- Haute à flux laminaire.

❖ Verrerie

- Béchers
- Erlen Meyer.
- Fioles jaugées.
- Pipettes.
- Portoir.
- Tube à essai.
- Spatule.
- Eprouvettes graduées.

❖ Réactifs et colorants

- Nitrate d'argent.
- Dichromate de potassium.
- Chlorure de baryum.
- Hydroxyde d'ammonium.
- Hydroxyde de sodium.
- Heptamolybdate d'ammonium.
- Salicylate de sodium.
- Tartrate double de sodium et de potassiums.
- Nessler.
- Acide chlorhydrique.
- Acide sulfurique.
- E D T A.
- Murexide.
- Noir ériochrome.

❖ Composition des différents réactifs et solutions**❖ L'azote ammoniacal****➤ Solution de tartrate double de sodium potassium**

- * Tartrate double de sodium potassium500g.
- * Eau distilléeq.s.p 1000ml.

➤ Réactif de Nessler

- * Iodure de potassium36,5g.
- * Iodure de mercure50 g.
- * Hydroxyde de potassium150g.
- * Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

❖ Nitrites**➤ Solution de sulfanilamide**

- * Sulfanilamide1g.
- * Acide chlorhydrique à 10%q.s.p 100 ml.

➤ Solution de dichlorhydrate N-1 naphtyléthyldiamine à 0,1%**❖ Nitrates****➤ Solution de salicylate de sodium à 0,5 %**

- * Salicylate de sodium0,5 g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 30%

- * NaOH.....30g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Acide sulfurique concentré**

➤ **Tartrate double de sodium et de potassium**

- * Hydroxyde de sodium400g.
- * Tartrate de sodium et de potassium..... .60g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

❖ **Orthophosphates**

➤ **Solution d'heptamolybdate d'ammonium**

- * Heptamolybdate d'ammonium.....13g.
- * Eau distillée.....100 ml.

➤ **Solution d'acide ascorbique**

- * Acide ascorbique10g.
- * Eau distillée.....100 ml.

➤ **Solution d'acide sulfurique**

- * Acide sulfurique pur0,5g.
- * Eau distilléeq.s.p 100ml.

❖ **Sulfates**

➤ **Solution stabilisante**

- * Acide chlorhydrique60ml.
- * Ethanol.....200ml.
- * Chlorure de sodium.....150 mg.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Solution de chlorure de baryum**

- * Chlorure de baryum.....150 mg.
- * Acide chlorhydrique.....5 ml.

* Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

❖ **Calcium et Magnésium**

➤ **Solution d'E.D.T.A. N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) (0,02N ou 0,01M)**

* EDTA3,725g.

* Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Solution d'hydroxyde de sodium (Na OH) à 2N**

* NaOH (pastilles).....80g.

* Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH=10,1**

* Chlorure d'ammonium.....67,5g.

* NH_4OH (25 %).....570ml.

* E.D.T.A.....5ml.

* Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

* Conserver la solution dans une bouteille de polyéthylène

❖ **Réactif TA et TAC**

➤ **Carbonate de sodium : solution étalon (Na_2CO_3) à 0,025 mole /L**

* carbonate de sodium (Na_2CO_3) 2,65 g

Après refroidissement dans un dessiccateur pendant 4 h .

* Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

❖ **Cyanure**

❖ **Appareillage cyanure**

✓ Echantillonneur automatique

✓ Pompe à faible pulsation

✓ Réacteur/contrôleur de température /lampe UV (voir photo 10, annexe 7).

- ✓ Détecteur photométrique à flux, longueur d'onde 660 nm .

❖ Réactifs Cyanure

➤ Réactif de distillation pH 3,8

- * Acide citrique10g
 - * Eau distillée..... 350 ml
 - * Hydroxyde de sodium (soude) à 1 mol/l50ml
- ajuster le pH à 3,8 avec 12,5 ml d'acide chlorhydrique à 1 mol/l. Compléter dans une fiole de 500 ml avec de l'eau distillée.

➤ Solution Tampon pH 5,2

- * Hydroxyde de sodium2,3g
- * Hydrogénophthalate de potassium20,5g
- * Eau distillée.....800ml

Ajuster le pH à 5,2 avec un acide ou une base puis compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Introduire 1 ml de lubrifiant Brij 35 (30 Solution de chloramine –T)

- * Chloramine-T2g
- * Eau distillée800 ml

➤ Réactif coloré

- * Hydroxyde de sodium7gdans
- * Eau distillée.....800 ml
- * Acide 1,3-diméthyle barbiturique.....16,8 g
- * Acide iso-nicotinique.....1.....3,6 g

Ajuster le pH à 5,2 puis compléter à l'eau distillée à 1000 ml

➤ Solution de soude à 0,01 Mole/l

- * Hydroxyde de sodium.....0,4 g
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Solution mère de cyanure de potassium à 0,1 g/l de cyanure**

- * Hydroxyde de sodium(NaOH)0,4 g
 - * Eau distillée.....800ml
 - * Cyanure de potassium (KCN).....0,25g
- Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée

➤ **Solution fille à 0,01 g /l de cyanure**

- * Solution mère..... 10 ml
- * Soude à 0,01 Mole/l.....100 ml

❖ Dosage des Métaux lourds par ICP -OES

✓ Appareillage

Nébuliseur **Meinhard** utilisé pour les eaux propres. Verrerie courante du laboratoire (Fioles jaugées de 100mL, Pipettes graduées de capacité 1mL, 2mL et 10mL). Echantillonneur permettant une introduction pratique et reproductible de l'échantillon.(voir photo 12 Annexe 7) .

Pompe péristaltique : munie de tubes adaptés à la pompe. Concernant les réactifs et le gaz utilisées .

1 Réactifs

- Acide nitrique : [HNO₃]= 0.9035 mg/L, d=1.39g/mL.
- Solution standard 21éléments (As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn) à 100 mg/L.
- Solution Standard 7A éléments (Al, B, Ba) à 100mg/L, (Ag) à 50mg/L.
- Solution Standard Mercure à 1003±4 mg/L.

2. Gaz

- Les gaz utilisés sont : l'Argon de qualité N60 (99.9999) comme gaz vecteur de l'instrument analytique et l'Air.

✓ Domaine d'application

La méthode est applicable aux eaux destinées à la consommation humaine ainsi que pour les éléments d'où la teneur totale des éléments dans différents types d'eau (par exemple eaux souterraines, de surface, brutes, potables et résiduaires) d'où le domaine est de 2 à 100 µg/L. La méthode est appropriée pour les concentrations en masse des matières en suspension dans les eaux résiduaires inférieures à 2 g/l.

✓ Principe

Cette méthode consiste à mesurer l'émission de lumière par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi produit est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission caractéristiques sont produits par un plasma à couplage inductif par haute fréquence (ICP). Les spectres sont dispersés par un spectromètre à réseau et l'intensité des raies est évaluée par un détecteur. Les signaux des détecteurs sont traités et contrôlés par un système informatique.

Lors du dosage des éléments à l'état de traces, une correction appropriée du bruit de fond est utilisée pour compenser les variations des contributions du bruit de fond. La mesure d'absorbance se fait à une longueur d'onde de 396.153 nm

Chaque élément correspond à une ou plusieurs longueurs d'ondes recommandées. On utilise la longueur d'onde secondaire lorsque la longueur d'onde principale a des interférences qui ont un impact sur le résultat d'analyse.

✓ Matériels et réactifs

Appareil de spectrométrie d'émission optique par plasma à couplage induit ICP-OES optima 8000.

✓ Mode opératoire

- ✓ Prélever 300µL et 6mL de la solution mixture, compléter les volumes dans des fioles de 100mL, ces solutions sont de 3 et 60µg/L. Les valeurs du contrôle qualités sont reportées sur la carte de contrôle des paramètres.
- ✓ Prélever les échantillons dans des flacons en polyéthylène, les échantillons sont acidifiés avec l'acide nitrique (0.5%) et conservés pour une période de 01 mois.
- ✓ Ouvrir les gaz Argon et Air.
- ✓ Allumer dans l'ordre suivant : l'équipement, l'ordinateur, Après, exécuter le logiciel **WinLab** pour contrôler l'équipement (double clic sur l'icône).
- ✓ Choisir l'élément à analyser en appuyant d'abord sur la méthode à partir du logiciel (figure 1).
- ✓ Remplir les tubes avec les standards, les échantillons et les contrôles qualité.

- ✓ Cocher sur auto pour ouvrir la fenêtre **AutomatedAnalysis Control** puis sur **Open** pour ouvrir le fichier d'enregistrement des données (la date et le nom de l'élément à analyser) .
- ✓ Enregistrer les codes ainsi que la position des échantillons (*Figure 3*) de telle manière que chaque tube soit attribué à une position dans la palette de l'échantillonneur.
- ✓ La position des standards est programmée par défaut, en commençant par la plus faible jusqu'à la plus haute concentration. et au choix pour les autres tubes en indiquant le code de chaque échantillon.
- ✓ Placer la gamme d'étalonnage et les échantillons à analyser dans l'échantillonneur, faire correspondre chaque élément (tubes) avec ce qui a été programmé.
- ✓ Cocher sur **Analyse All** pour commencer l'analyse
- ✓ Une fois l'analyse terminée, finir dans l'ordre suivant : Eteindre le plasma, fermer les gaz Argon et air et désactiver le logiciel **WinLab** .

- ✓ **Expression des résultats**

Le logiciel indique directement les résultats des concentrations des métaux et les résultats sont reportés à deux chiffres après la virgule. .

Annexes 4 : Matériels utilisés pour les analyses Bactériologiques

❖ Appareillage

- Autoclave.
- Bain marie.
- Bec bunsen.
- Etuve (37°C et 44°C).
- Balance.
- Conditionneur.
- Agitateur de type vortex.
- Densitomètre.
- Rampe de filtration .

❖ Verrerie et matériel consommables

- Boîtes de pétri. Stérile
- Tube à essais à vis.
- Pipette Pasteur
- Portoirs
- Pince métallique
- Ance de platine
- Fiole à vide.
- Spatule.
- Membrane filtrante (0,22 µm)

❖ Réactifs et Additifs

- Additif SFB.
- Alun de fer.
- Sulfite de sodium.
- Réactifs de Kovacs.
- Additif Hektoen.

❖ Milieu de culture

- Gélose viande foie (VF).
- Gélose Hektoen.
- Bouillon au sélénite de sodium cystéine (SFB).
- Eau peptonée alcaline (EPA)
- Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).
- Gélose TSI.

- Milieu Muller-Hinton
- Milieu de Ferguson (Urée-indole)

Formules des différents milieux de culture. (Denis *et al.*, 2007)

❖ Gélose Lactosée au TTC Tergitol

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pancréatique de viande10,0 g
- Extrait de viande5,0 g
- Extrait autolytique de levure.....6,0 g
- Lactose20,0 g
- Tergitol 70,1 g
- Bleu de bromothymol50,0 mg
- Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium25,0 mg
- Agar agar bactériologique.....10,0 g
- **pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.**

❖ Gélose Viande Foie

- Glucose.....2,0 g
- Amidon.....30,0 g
- Agar.....6,0 g
- Eau distillée.....1000 ml
- Ajuster le pH à 7, 6-7,8, stérilisé pendant 15minutes à 121°C.

❖ Bouillon au Sélénite de Sodium Cystéine (SFB)

- Peptone pancréatique de caséine.....5,0 g
- Lactose.....4,0 g
- Monohydrogénosélénite de Na.....4,0 g
- 1-Cystéine.....0,01 g
- Eau distillée.....1000 ml
- Ajuster pH à 7 ±0,2

❖ Gélose Hektoen

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pepsique de viande..... 12,0 g
- Extrait autolytique de levure 3,0 g
- Lactose..... 12,0 g
- Saccharose 12,0 g
- Salicine..... 2,0 g
- Sels biliaires9,0 g
- Chlorure de sodium..... 5,0 g
- Thiosulfate de sodium 5,0 g
- Citrate ferrique ammoniacal 1,5 g
- Bleu de bromothymol 65 mg
- Fuchsine acide 40 mg
- Agar agar bactériologique 13,5 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,6 \pm 0,2$.

❖ Eau peptonée alcaline (EPA)

- * Peptone.....20 g
- * Chlorure de sodium30 g
- * Eau distillée.....1000 ml
- * Ajuster le pH à $7,2 \pm 0,1$, autoclaver à $121 \pm 1^\circ\text{C}/15$ min.

❖ Gélose Nutritive Alcaline Biliée (GNAB)

- * Peptone de viande10 g
- * Extrait de viande.....3 g
- * Chlorure de sodium.....5 g
- * Agar.....18 g
- * Eau distillée.....1000 ml
- * Dissoudre, ajuster le pH à 9, stériliser à l'autoclave à $121^\circ\text{C}/20$ min.

❖ **Milieu Muller-Hinton**

- Infusion de viande de bœuf..... 300,0 ml
- Peptone de caséine 17,5 g
- Amidon de maïs1,5 g
- Agar agar bactériologique.....17,0 g
- pH = 7,4

❖ **Gélose TSI**

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone.....14,0 g
- Extrait autolytique de levure.....3,0 g
- Extrait de viande3,0 g
- Glucose.....1,0 g
- Lactose10,0 g
- Saccharose10,0 g
- Chlorure de sodium.....5,0 g
- Thiosulfate de sodium.....0,3 g
- Citrate ferrique ammoniacal0,3 g
- Rouge de phénol.....24,0 mg
- Agar agar bactériologique.....13,5 g
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,4 ± 0,2..

❖ **Milieu de Ferguson (Urée-indole)**

Pour un litre d'eau purifiée

- L –Tryptophane.....3g
- Phosphate monopotasique.....1g
- Phosphate dipotasique.....1g
- Chlorure de sodium.....5g
- Urée.....20g
- Rouge de phénol à 1%.....2,5ml
- Alcool à 95%.....10 ml

Annexes 5 : Figures simplifier d-identification bactériologiques

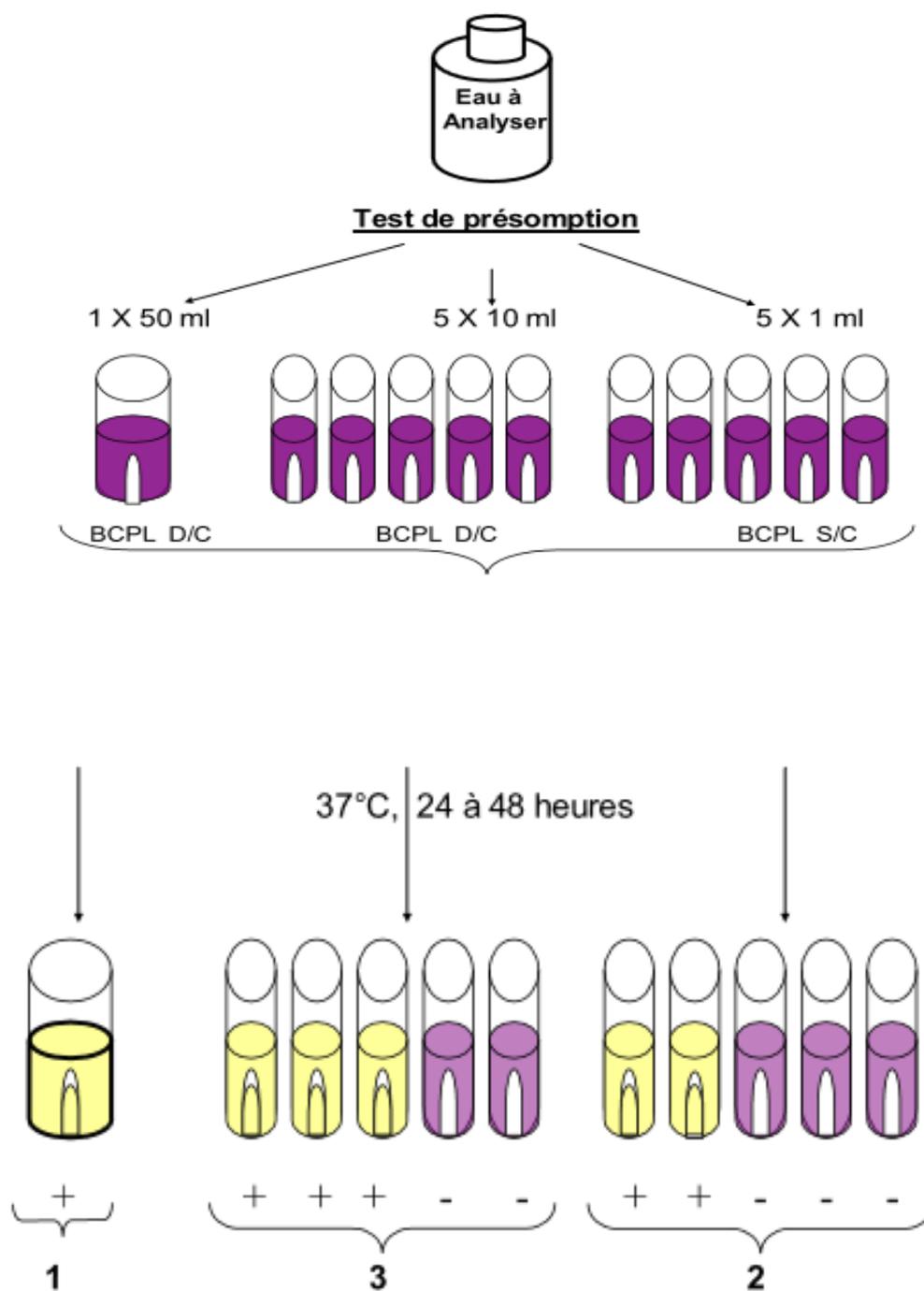


Figure 21 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux

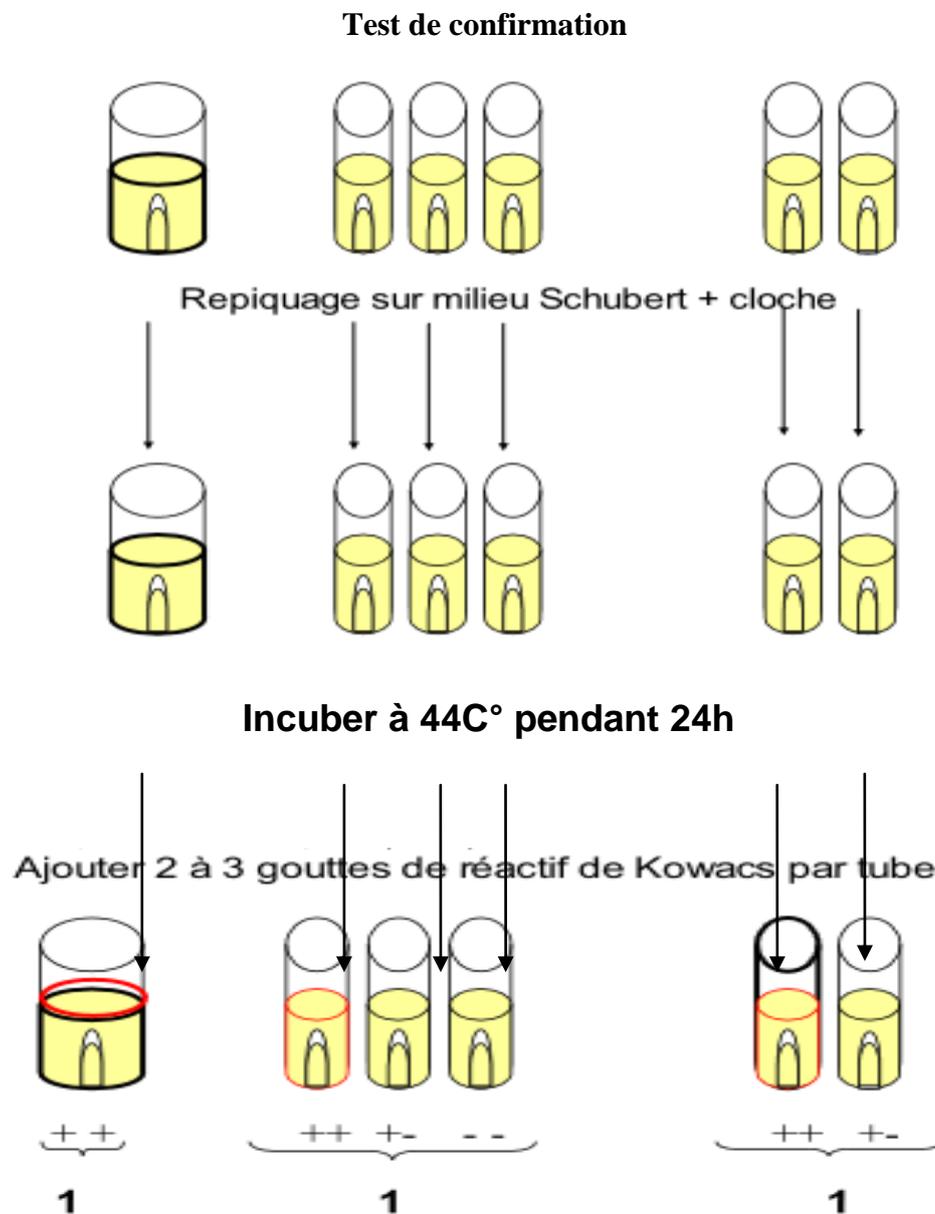


Figure 22 : Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérants et *Escherichia Coli*

Test de présomption

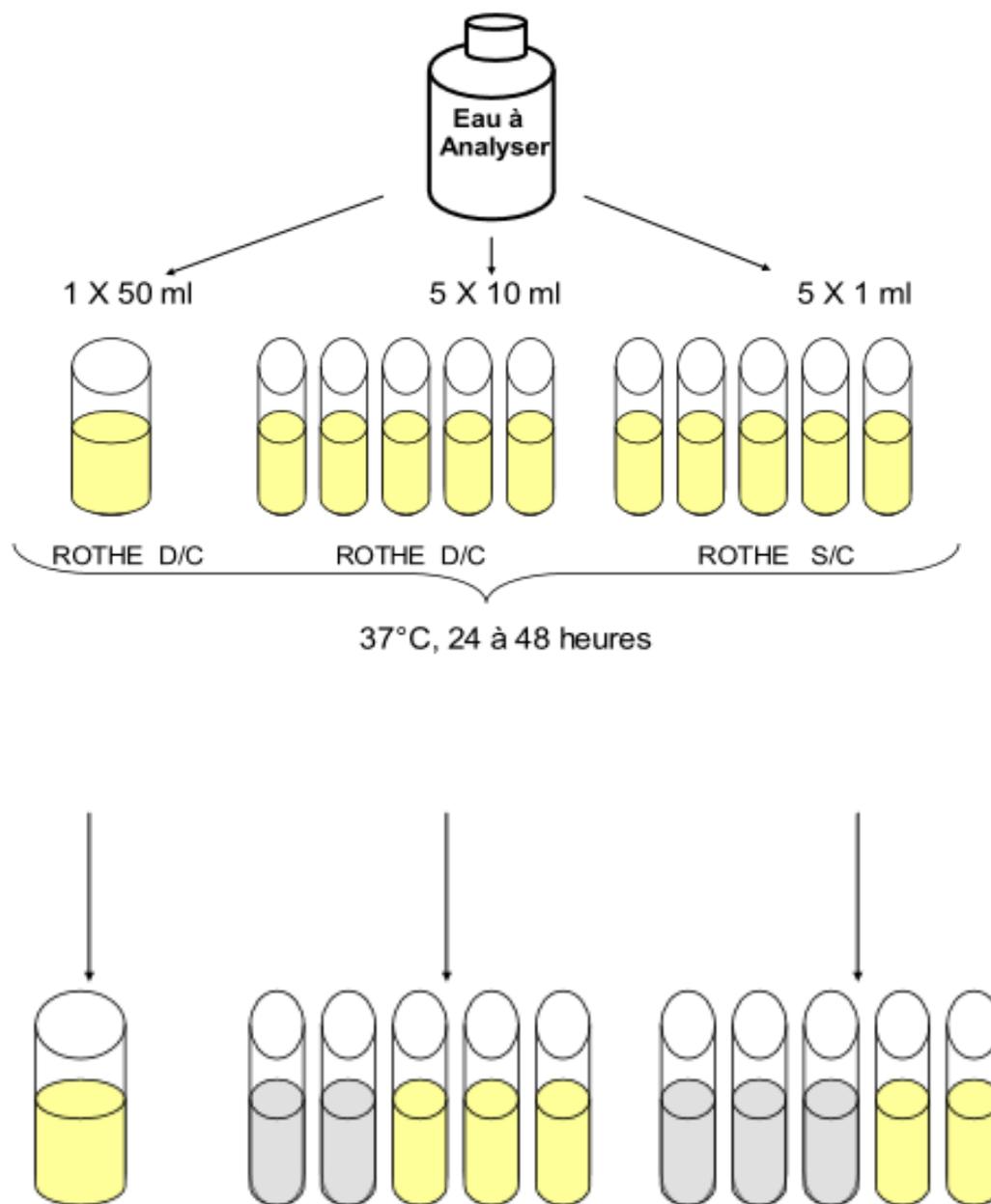


Figure 23 : Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.

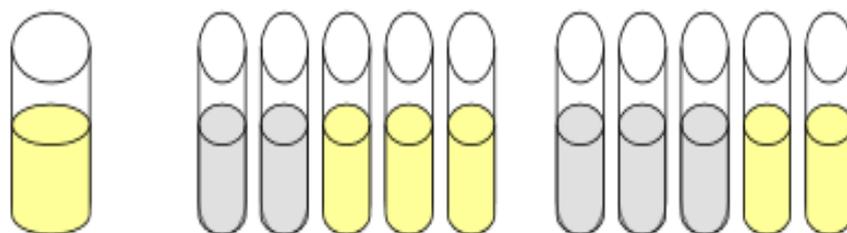
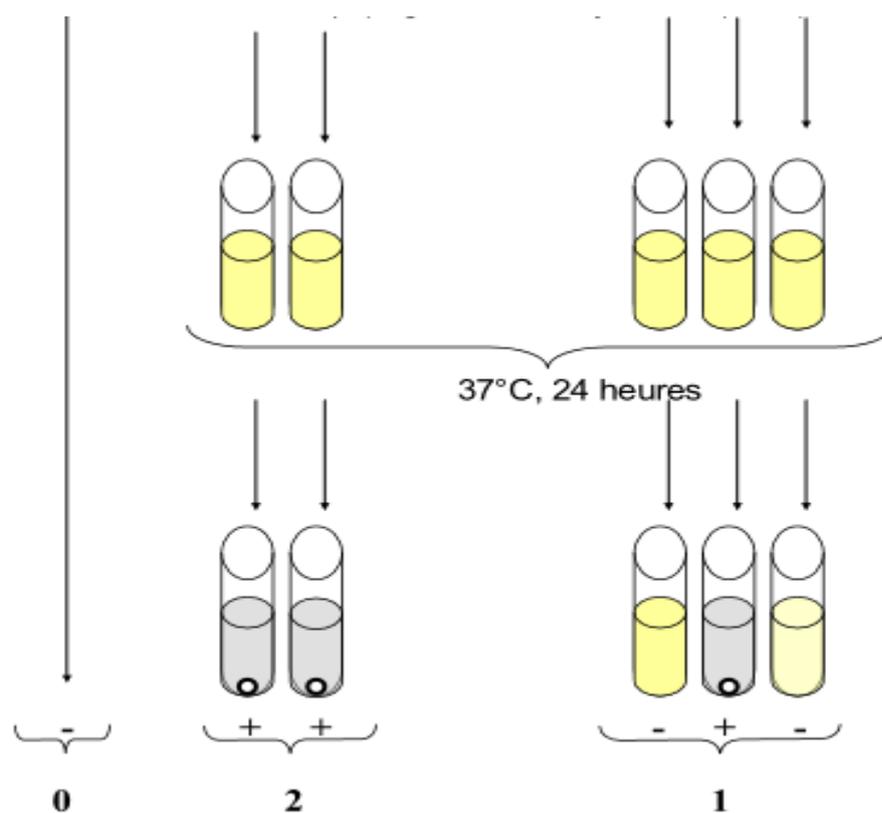
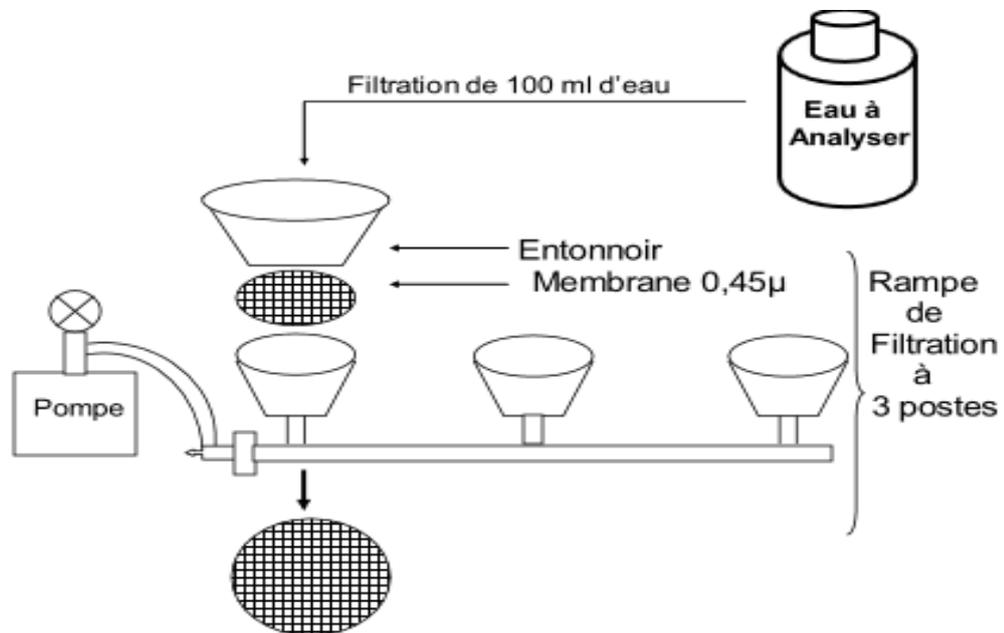
Test de confirmation**Repiquage sur milieu Lytski Eva**

Figure 24 : Dénombrement des Streptocoques du groupe « D » .



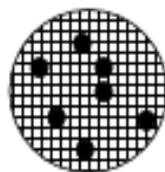
Déposer la membrane filtrante 0,2 μ , face quadrillée sur le fond de la boîte

Ajouter environ 18 ml de Gélose TSC, TSN ou VF

Laisser solidifier sur pailleasse

Incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, 20 ± 4 h puis 44 ± 4 heures

(en cas de colonies caractéristiques)



Compter le nombre de colonies caractéristiques
et le rapporter à 100 ml d'eau à analyser.

Figure 25 : dénombrement des clostridium sulfito –réducteurs ASR par méthode de filtration sur membrane .

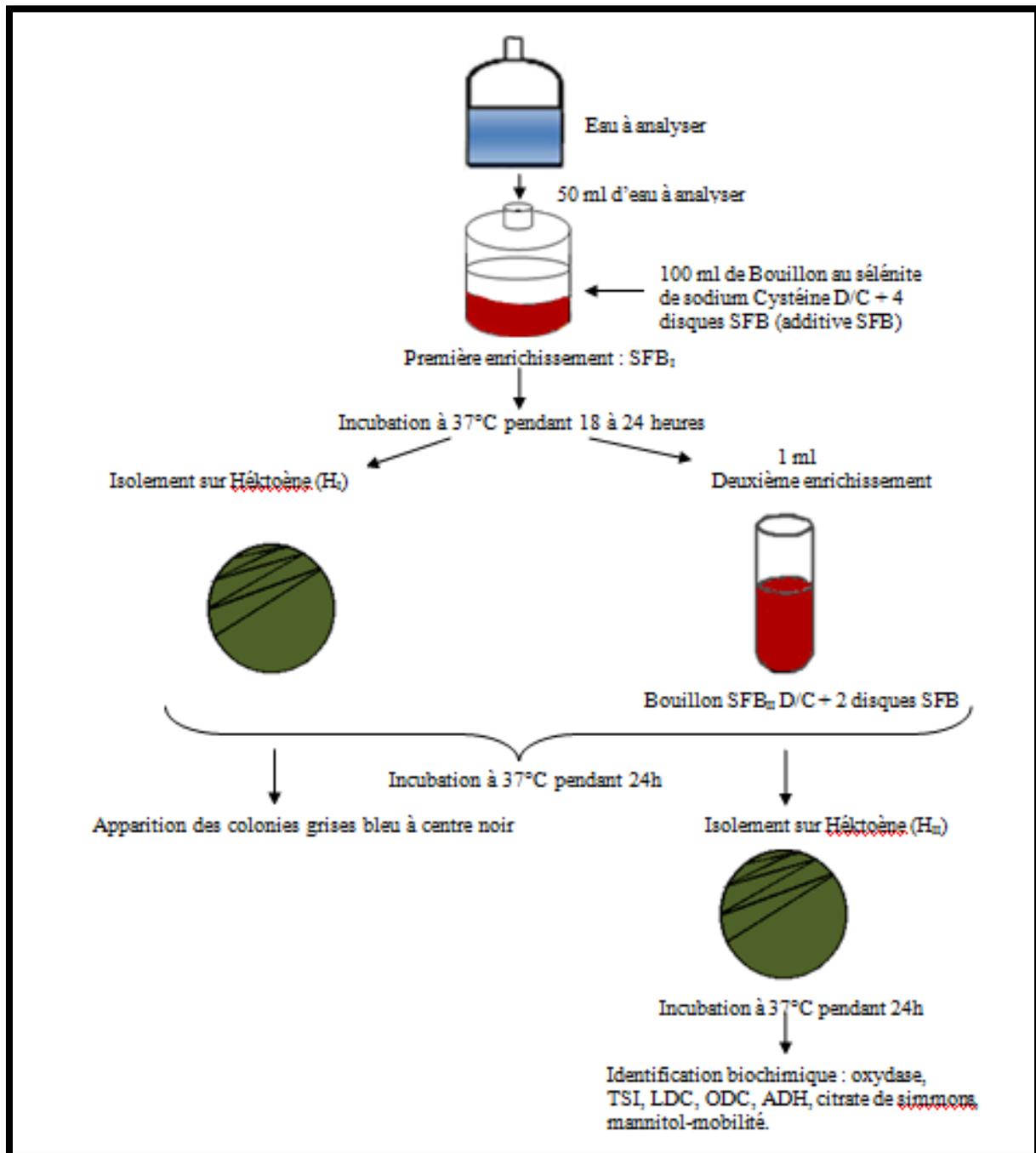


Figure 26 : Recherche et dénombrement des salmonelles .

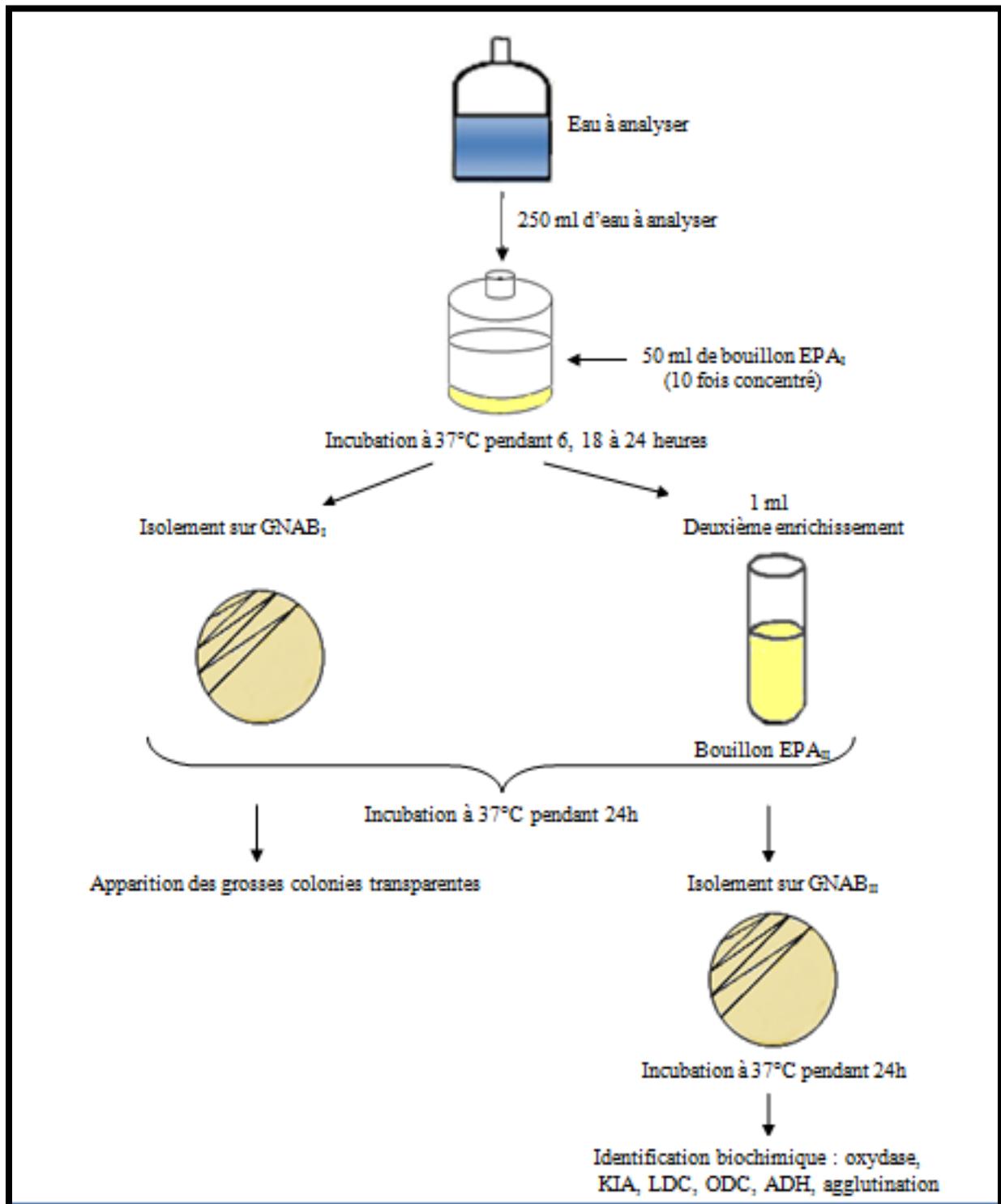


Figure 27 : Recherche et dénombrement de *Vibrio cholerae*.

Annexes 6 : Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau XVI : Résumé statistiques des paramètres physico-chimiques

Paramètre	Moyenne (OMS 2008)	Période de la saison froide			Période de la saison chaude		
		Max	Min	Moyenne ± Ecart type	Max	Min	Moyenne ± Ecart type
T °C		18,9	16,9	17,69 ± 0,69	22,5	17,8	20,40 ± 1,98
PH	6,5-8,5	8,3	7,5	7,9 ± 0,23	7,6	7,43	7,53 ± 0,046
Condu (µs /cm)	2800	2600	569	1023 ± 399,57	1176	1035	1117,94 ± 56,83
Turb(NTU)	1000	1,89	0,29	0,75 ± 0,51	2,15	1,15	1,72 ± 0,35
TH (°F)	200	79	19	52 ± 20,62	71	33	40,05 ± 8,52
TAC (°F)	200	52	18	29 ± 9,62	29	21	25,47 ± 3,75
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	500	634	214	351 ± 117,29	496	169	302,52 ± 81,82
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	398	0	143 ± 104,50	245,8	72,06	156,58 ± 40,56
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	95	19	48,2 ± 22,19	19,24	8,74	13,71 ± 2,24
Ca ⁺² (mg/l)	100	242	20	119 ± 72,33	100,03	46,25	84,14 ± 13,14
Mg ⁺² (mg/l)	50	118	5	53 ± 31,46	115,08	22	84,14 ± 13,14
Na ⁺ (mg/l)	150	227	24	91 ± 56,45	83	15	75,47 ± 15,37
K ⁺ (mg/l)	50	10	1	2 ± 2,24	3,8	2	3,41 ± 0,37
Cl ⁻ (mg/l)	250	331	43	144 ± 99,03	125	19,49	59,96 ± 48,55
O ₂ dessous	5 < O ₂ < 8	11,4	9,31	10,52 ± 1,65	-	-	-

ANNEXES

Tableau XVII .a : Résultats des analyses physico-chimiques la 1^{ère} campagne (15 Février)

Paramètre	Unité	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17
O ₂ dessous	mg/l	9,86	9,35	10,87	9,31	9,91	9,61	9,85	11,40	10,33	10,10	10,87	10,23	10,57	10	9,64	10,38	10,10
T °	°C	17,2	17,2	17	17,2	17,2	17,3	17,9	17,2	16,9	17,1	17,9	18,9	18,1	17,7	18	18,7	19,3
PH		8,0	7,9	7,6	7,5	7,6	7,7	7,9	7,7	7,9	7,8	7,8	7,8	8,3	8,2	8,2	8,3	7,9
Cond	µs /c m	2600	1519	1871	2530	1805	800	1740	1422	2330	1971	1682	2210	821	830	569	857	974
Turbidité	NTU	0,52	0,31	0,38	0,97	1,74	0,34	1,29	1,89	0,43	0,51	0,69	1,54	0,4	0,75	0,58	0,32	0,29
TH	°F	79	70	74	75	63	36	67	48	67	68	46	63	31	28	22	22	19
TAC	°F	35	37	45	52	36	23	33	31	30	23	25	25	21	19	20	18	18
HCO ₃ ⁻	mg/l	427	445	549	634	442	275	397	381	366	275	305	305	259	229	244	214	214
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NO ₂ ⁻	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PO ₄ ³⁻	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
SO ₄ ²⁻	mg/l	398	229	253	40	118	32	245	81	188	176	194	234	85	76	0	60	24
NO ₃ ⁻	mg/l	67,0	32,0	68,0	24,0	62,0	50,0	69,0	37,0	65,0	95,0	63,0	65,0	22,0	19,0	20,0	23,0	39,0
Ca ²⁺	mg/l	153	200	204	238	242	106	173	146	154	77	54	65	67	56	20	44	27
Mg ²⁺	mg/l	99	48	55	37	5	23	58	28	69	118	78	111	33	33	41	27	31
Na ⁺	mg/l	227	38	80	176	83	24	83	54	154	102	122	160	39	40	34	60	76
K ⁺	mg/l	5	1	2	10	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1
Cl ⁻	mg/l	267	58	90	324	141	55	98	87	331	249	118	283	61	62	43	78	106

ANNEXES

Tableau XVII. b : Résultats des analyses physico-chimiques la 2^{ème} campagne (15 Mai)

Paramètre	Unité	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17
O ₂ dessous	mg/l	9,88	8,99	10	10,5	9,75	8,99	11,5	8,3	11,2	10,87	9,39	10,19	10,32	9,91	14,23	10,14	10,68
T °	°C	22,5	22,1	22,4	21,7	21,7	22,4	21,9	21,8	22,1	21,9	17,9	17,8	17,8	17,9	18,5	18,3	18,2
PH		7,43	7,49	7,52	7,55	7,58	7,57	7,59	7,59	7,57	7,60	7,48	7,50	7,52	7,54	7,50	7,58	7,55
Cond	µs / c m	1155	1176	1164	1155	1164	1167	1157	1169	1174	1170	1035	1054	1053	1056	1054	1058	1044
Turbidité	NTU	1,95	2,01	2,15	1,98	1,94	1,95	2,03	2,12	2,12	1,94	1,27	1,31	1,15	1,33	1,29	1,44	1,39
TH	°F	33	36	36	36	71	36	36	35	36	35	37	37	42	44	43	44	44
TAC	°F	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	21	21	21	21	21	21	21
HCO ₃ ⁻	mg/l	496	453	389	376	275	292	292	226	294	290	169	305	222	260	257	236	311
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NO ₂ ⁻	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PO ₄ ⁻³	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
SO ₄ ²⁻	mg/l	245,8	117,06	116,44	115,24	131,22	116,63	126,12	140,64	113,25	72,06	220,02	207,62	186,11	189,04	191,05	187,77	185,9
NO ₃ ⁻	mg/l	15,52	13,48	14,78	8,74	19,24	9,45	12,12	12,48	15,18	13,44	14,57	13,87	14,12	14,14	14,13	14,04	13,89
Ca ²⁺	mg/l	92,34	96,96	93,88	92,34	03,88	93,88	90,8	92,34	100,0	92,34	83,72	68,97	75,75	80,14	79,34	46,25	78,54
Mg ²⁺	mg/l	22	29,37	29,37	32,14	115,08	29,37	33,06	28,45	26,6	30,3	47,86	46,89	55,35	57,77	57,53	77,83	60,43
Na ⁺	mg/l	80	82	81	81	81	15	83	82	82	82	75	78	73	77	77	78	76
K ⁺	mg/l	3,7	3,8	3,5	3,6	3,4	2	3,6	3,5	3,5	3,6	3,38	3,4	3,33	3,42	3,42	3,45	3,4
Cl ⁻	mg/l	19,49	19,49	21,27	19,49	19,49	14,18	23,04	21,27	19,49	19,49	95,78	125	120	122	118	119	123

Annexe 7 : Quelques photos des Forages de la plaine de Mitidja



Photo 1 : Forage 01



Photo 2 : Forage 02



Photo 3 : Forage 03



Photo 4 : Forage 06



Photo 5 : Forage 07



Photo 6 : Forage 08



Photo 7 : Forage 10



Photo 8 : Forage 11



Photo 9 : Forage 12

Appareillage utilisé pour les paramètres physico-chimiques



Photo 10: Auto analyseur à flux continu

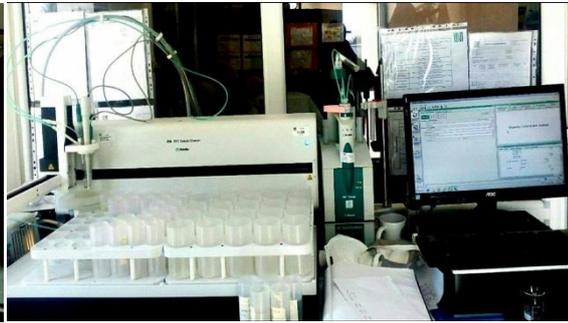


Photo 11: Automate METROHM



Photo 12 : Spectromètre à émission optique



Photo 13 : Sonde sension 156 HACH



Photo 14 : Spectrophotomètre



Photo 15 : Rampe de filtration

