

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Laboratoire de Matériaux,
Technologie des Systèmes
Énergétiques et Environnement



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies

Département des Sciences et Technologie



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie chimique

Par : RECIQUI Soufiane et BAHAZ Tayeb

Thème

Evolution de la pollution des eaux souterraines de la vallée de M'zab

Soutenu publiquement le :/06/2019

Devant le jury :

M.MANSOURI Khaled	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Mme.MOULAI Kerroumia	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mme.BOUSDIRA Dina	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mme.K.BOUAMER kheira	MAA	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2018/2019

N° d'ordre :

N° de série :

Remerciements

Merci dieu de m'avoir donné la santé, la volonté, la patience et les moyens d'accomplir ce travail modeste: "Dieu soit loué." Nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à Mme K. BOUAMEUR, sous ma supervision, toujours attentive et disponible tout au long de cette thèse, ainsi que pour l'inspiration, l'assistance et le temps qu'elle a voulu consacrer à nous. Ce qui a facilité notre arrivée et m'a aidé à le découvrir. Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement au développement de ce travail, que ce soit par l'amitié, les conseils ou l'appui moral.

Dédicace

J'AI L'HONNEUR DE DÉDIER CE MODESTE TRAVAIL
À LA MÉMOIRE DE MON TRÈS CHER «PAPA» QUI A GUIDÉ MES
PREMIERS PAS À L'ÉCOLE, QUI FUS
TOUT AU LONG DE SA VIE LE SOUTIEN DES TIENS, TU ME MANQUERAS
TOUJOURS ; QUE LA SOIT AVEC TOI DANS LA MAISON DE L'ÉTERNELLE.
À CELLE QUI ATTENDUE AVEC PATIENCE LES FRUITS DE SA BONNE
ÉDUCATION, QUI M'A TOUT DONNÉ, QUI A
TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR MOI, À CELLE QUI TIENT LE PARADIS SOUS
SES PIEDS, À MON ANGE
« MA MÈRE » QUE DIEU TE DE DONNE SANTÉ ET DE LANGUE VIE.
À TOUS MES FAMILLES
À TOUS MES AMIES
. SPÉCIALEMENT JE REMERCIE MON AMI SOUFIANE QUI A FAIT CE
TRAVAIL AVEC MOI.

Tayeb

Dédicace

J'AI L'HONNEUR DE DÉDIER CE MODESTE TRAVAIL
À LA MÉMOIRE DE MON TRÈS CHER «PAPA» QUI A GUIDÉ MES
PREMIERS PAS À L'ÉCOLE, QUI FUS
TOUT AU LONG DE SA VIE LE SOUTIEN DES TIENS, TU ME MANQUERAS
TOUJOURS ; QUE LA SOIT AVEC TOI DANS LA MAISON DE L'ÉTERNELLE.
À CELLE QUI ATTENDUE AVEC PATIENCE LES FRUITS DE SA BONNE
ÉDUCATION, QUI M'A TOUT DONNÉ, QUI A
TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR MOI, À CELLE QUI TIENT LE PARADIS SOUS
SES PIEDS, À MON ANGE
« MA MÈRE » QUE DIEU TE DE DONNE SANTÉ ET DE LANGUE VIE.
À TOUS MES FAMILLES
À TOUS MES AMIES
. SPÉCIALEMENT JE REMERCIE MON AMI TAYEB QUI A FAIT CE
TRAVAIL AVEC MOI.

SOUFIANE

المخلص

في وقتنا الحاضر اصبحت المياه القريبة من السطح اكثر عرضة لشتى انواع الملوثات منها الصناعية او البيولوجية والكيميائية و انواع اخرى مختلفة .

كان الهدف من عملنا هذا هو اجراء دراسة تحليلية حول تلوث المياه الجوفية القريبة من السطح خلال فترة 2005 الى 2018 من اجل الحصول على نتائج تمكننا من وضع استراتيجية تقوم على اساس علمية للحد من التطور السريع للملوثات او التخلص منها نهائيا .

الكلمات المفتاحية : المياه القريبة من السطح , تحليل المياه الملوثة , الملوثات الصناعية .

Résumé:

À l'heure actuelle, les eaux proches de la surface sont devenues plus vulnérables à divers types de contaminants, notamment industriels, biologiques, chimiques et autres.

L'objectif de notre travail est de mener une étude analytique sur l'évolution de la pollution des eaux de la nappe proche de la surface pendant une période de 2005 à 2018, afin d'obtenir des résultats qui permettraient d'élaborer une stratégie reposant sur des bases scientifiques afin de limiter le développement rapide des polluants ou de les éliminer définitivement.

Mots clés: nappe phréatique, Analyse des eaux pollution, polluants industriels.

Abstract:

At present, water near the surface has become more vulnerable to various types of contaminants, including industrial, biological, chemical and other types.

The objective of our work was to conduct an analytical study on the evolution of the water pollution of the water table near the surface during a period of 2005 to 2018, in order to obtain the results of developing a science-based strategy to limit the rapid development of pollutants or to eliminate them definitively.

Keywords: Near-surface, pollution water analysis, industrial pollutants,

Sommaire

Introduction générale	1
I -1 Structure de l'eau	2
I -1-1 Molécule d'eau	2
a) Etats de l'eau	2
• Eau sous forme solide.....	2
• Eau sous forme liquide.....	2
• Eau sous forme gaz.....	2
I -2 Propriétés physiques	2
a) Masse volumique	3
b) Propriétés thermiques	3
I -2-3 Viscosité	3
I -2-4 Tension superficielle	3
I -2-5 Pression osmotique	3
I -3 Propriétés électriques	4
I -4 Propriétés optiques	4
I -5 Propriétés chimiques	4
I -5-1 Auto-dissociation de l'eau	4
I -5-2 Réaction d'oxydo-réduction	5
I -5-2-1 Oxydation de l'eau.....	5
I -5-2-2 Réduction de l'eau	5
I -5-2-3-1 Hydrolyse d'un sel	5
I -5-2-3-2 Estérification en milieu acide	5
I-6 Pollution des eaux	5
I-6-1 Généralités	5
I-6-2 Type de pollution (classification selon la répartition géographique) :	6
a) Pollution ponctuelle	6
b) Pollution diffuse	6
I-6-3 Source de pollution	6
a) Pollution naturelle	6
b) Pollution industrielle	7
c) Pollution urbaine	7

d) Pollution agricole	7
e) Pollution atmosphérique	8
I-6-4 Principaux polluants des eaux	8
A- Pollution selon le type de polluant	8
a) Pollution physique	8
• Température	9
• Potentiel Hydrogène.....	9
• Conductivité électrique	10
I-6-4-1-2 Pollution chimique	10
• Demande Chimique en oxygène (DCO)	10
• Demande Biochimique en oxygène (DBO ₅)	11
• Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	11
• Nitrates (NO ₃ ⁻)	12
• Nitrites (NO ₂ ⁻)	12
• Ortho phosphates (PO ₄ ³⁻):	12
I-6-4-1-3 Pollution biologique	13
Matériels et méthodes	14
II -1 Présentation géographique de la zone d'étude	14
II-2 Méthodes utilisé	16
II-2-1 Méthode électrochimique	16
II-2-1-1 pH mètre	16
II-2-1-2 Conductimètre (HACH)	16
II-2-2 Spectrophotomètre UV-VIS DR6000, HACH	17
II-2-2-1 Turbidité mètre	17
II-2-2-2 Thermomètre	18
II-2-3 Spectrophotométrie UV-visible	18
II-2-3-1 Loi de Beer-Lambert	18
II-2-4 Spectrophotométrie d'émission de flamme	19
II-2-6 Méthode d'analyse volumétrique	19
II-2-7 Méthode gravimétrique	20
II-2-8 Méthodes par volatilisation	20
II-3 Programme	20
II-3-1 Diagramme de Schoeller-Berkaloff	20
II-3-2 Diagramme de PIPER	21
II-3-3 Diagramme de STABLER	22

II-3-4 Diagramme de Wilcox	22
Résultats et discussions.....	24
III -2 Résultats et Interprétation	25
III -2-1 Paramètres Physiques	25
III -2-1-2 Température	25
III -2-1-3 Potentiel Hydrogène	26
III -2-1-4 Conductivité électrique	26
III -3 Paramètres chimiques	27
III -3 -1 Chlorures	27
III -3 -2 Calcium	28
III -3 -3 Magnésium	28
III -3 -4 Dureté totale ou Titre hydrométrique.....	29
III -3 -5 Alcalinité.....	29
III -3 -6 Potassium	30
III -3-7 Nitrate	31
III -3-8 Nitrite	31
III -3-9 Ammonium	32
II -3-10 Ortho phosphates	33
III -4 Analyse graphique	33
III -4 -1 Diagramme de PIPER	33
III -4 -2 Diagramme Stabler	35
III -4 -3 Diagramme de Schoeller-Berkaloff	36
III -4 -4 Wilcox	37
III -4 -5 Aptitude des eaux à l'irrigation	38
Conclusion générale	39

Liste des figures:

Figure II -1	: Limites de la vallée de l'oued M'zab (Image IKONOS/2000)..	14
Figure II-2	: Principe de mesurage par atténuation.....	17
Figure III- 3:	Variation de la température des échantillons.....	27
Figure III- 4:	Variation du pH des échantillons d'eau.....	28
Figure III- 5	: Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau...	29
Figure III- 6:	Variation de Les chlorure des échantillons d'eau.....	29
Figure III- 7	: Variation de Le Calcium des échantillons d'eau.....	30
Figure III- 8	: Variation de Le Magnésium des échantillons d'eau.....	30
Figure III- 9	: Variation de la dureté totale des échantillons d'eau.....	31
Figure III- 10	: Variation de l'alcalinité des échantillons d'eau.....	32
Figure III- 11	: Variation de la teneur en potassium dans les échantillons d'eau.....	32
Figure III- 12	: Variation de la teneur en nitrates dans les échantillons d'eau.	33
Figure III- 13	: Variation de la nitrite dans les échantillons d'eau.....	34
Figure III- 14	: Variation de la teneur d'Ammonium dans les échantillons d'eau.....	34
Figure III- 15	: Variation de Ortho phosphates dans les échantillons d'eau....	35
Figure III- 16	: Représentation les échantillons sur le diagramme de Piper.2019.....	36
Figure III- 17	: Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme Satabler.....	37
Figure III- 18	: Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff 2019.....	38
Figure III- 19	: Représentation des résultats d'analyses selon wilcox.2019.....	39

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau N°1 : Qualité DBO5 (demande Biochimique en oxygène).....	11
Tableau N° 2 : Secteur public, grandes industries de production.....	15

Liste des Abréviations :

ADE	Algérienne des eaux
PH	Potentiel Hydrogène
mV	Millivolt
TDS	Solides Totaux Dissous
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique
UV	Ultra-violet
Nm	Nanomètre
μ S	Micro -Siemens
DCO	Demande Chimique en oxygène
DBO	Demande Biochimique en oxygène
TH	Titre hydrométrique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
STEP	station d'épuration
CM	matériaux de construction
MME	matériel métallique, électrique et industrie
CHI	chimie
TEX	textile
P.E.T	poly éthylène téréphtalate
PVC	polyvinyl chloride

Introduction générale

L'élément le plus important au monde pour les êtres vivants est l'eau, l'homme l'utilise dans divers domaines de la vie, qu'il soit industriel, agricole ou domestique.

Récemment, il y a eu une augmentation significative de la pollution touchant les eaux des surfaces et de la nappe proche en raison d'activités humaines, ce qui peut conduire à l'épuisement de cette source de vie vitale par pollution.

La pollution de l'eau est causée par des organismes microbiens, des capes industrielles ou des produits chimiques qui nuisent à la circulation naturelle de la nappe.

Pour que l'eau soit potable, il faut qu'il entre dans le seuil des normes de potabilité. Il ne doit contenir ni germes ni éléments toxique et même les minéraux de constitution doivent respecter l'intervalle de normalisation. C'est une exigence pour toute eau potable.

L'eau ciblée dans cette étude c'est l'eau de la nappe proche de la vallée du M'zab qui était pour une long durée destinée à la potabilité, à l'irrigation et à plusieurs usages, mais avec le temps elle devient de plus en plus dégradée, polluée et peut être abandonné.

Cette pollution et une résultante des déchets soit liquides ou solides comme les produits chimiques des usines dispersées sans traitement dans l'environnement de la vallée de M'zab et ont donc affecté la couche superficielle de l'eau.

Dans ce travail, nous avons mené une étude analytique sur l'évolution de pollution des rejets non traités au niveau de la nappe phréatique de la vallée de M'zab afin ou proposer des solutions efficaces capables de réduire ou d'éliminer complètement la pollution pour une vie meilleure et un environnement plus propre.

Chapitre I :

Le chapitre I, est consacré à l'eau, ses sources, son importance dans la vie quotidienne et l'impact de la pollution sur l'environnement.

Chapitre II :

Ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, l'industrie existante, matériels utilisés et les méthodes appliqués à l'analyse.

Chapitre III :

Dans ce chapitre on représente les résultats d'analyses des eaux de la nappe avec discussion de leur évolution dans le temps en utilisant des diagrammes et des histogrammes pour l'interprétation des résultats.

Et enfin une conclusion générale et des recommandations.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

L'eau est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme. Elle est indispensable pour la survie et pour le développement de n'importe quelle société.

Cette source vitale est en danger à cause de son utilisation excessive et l'impact des eaux usées des déchets industrielles, c'est pour ces raisons qu'il faut savoir comment économiser, mais surtout comment protéger cette ressource rare. [2]

I -1 Structure de l'eau :

I -1-1 Molécule d'eau :

L'eau est un composé hydrogène-oxygène de formule chimique H_2O , plus particulièrement à l'état liquide.

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) relié à deux atomes d'hydrogène (H) par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5° , et de longueur de liaison (O-H) vaut 0.096 nm. La molécule présente un moment dipolaire élevé (1.85 Debye), dû à la forte électronégativité de l'atome d'oxygène. Cette polarisation est à l'origine de nombreuses propriétés remarquables de l'eau, notamment la formation des liaisons hydrogène dans l'eau. [3]

a) Les états de l'eau :

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états : sous forme solide, liquide et gazeuse.

- **L'eau sous forme solide** : L'eau est solide quand la température est inférieure à $0^\circ C$. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, celle des glaciers alpins, la neige sur laquelle nous pouvons skier, la grive qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2.1% de l'eau présente sur la Terre.
- **L'eau sous forme liquide** : Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97.2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, et les rivières correspondent à 0.01 % de l'eau présente sur Terre et les eaux souterraines à 0.06 % de cette eau.
- **L'eau sous forme gaz** : Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0.001% de l'eau de la Terre. [3]

I -2 Propriétés physiques :

a) Masse volumique :

La masse volumique de l'eau dépend de la température, elle admet un maximum de 100 Kg/m^3 à $3.98 \text{ }^\circ\text{C}$; il est noter que pratiquement le changement de pression n'influe pas sur la masse volumique. [4]

b) Propriétés thermiques :

Chaleur massique : $4.18 \text{ KJ/Kg. }^\circ\text{C}$ ($1\text{Kcal/Kg. }^\circ\text{C}$) à 0°C . Elle varie avec la température en présentant un minimum à $+35^\circ\text{C}$.

Les chaleurs latentes de transformation sont pour la fusion de 330 KJ/Kg (ou 79 Kcal/Kg) et pour la vaporisation 2250 KJ/Kg (539 Kcal/Kg) à la pression normale et à $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'importance de la chaleur massique et de la chaleur latente de vaporisation fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volantes thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur. [5]

I -2-3 Viscosité :

La viscosité diminue lorsque la température croit par contre elle augmente avec la teneur en sels dissous [5], quant à sa variation en fonction de la pression elle est si faible que d'habitude on n'en tient pas compte. [4]

I -2-4 Tension superficielle :

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface.

L'addition de sels dissous augmente généralement la tension superficielle. [5]

I -2-5 Pression osmotique :

La pression osmotique traduit un phénomène que s'établit entre des phases liquides de concentration différentes séparées par une membrane semi-perméable [5].

Chapitre I

$$\Pi = \Delta C R T$$

ΔC : Différence de concentration (mol/m^3)

R : constant de gaz parfait : $8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

T : Température en K.

Π : Pression osmotique en Pa

I -3 Propriétés électriques :

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est e $4.2 \mu\text{S}/\text{m}$ à 20°C . Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température. [5]

I -4 Propriétés optiques :

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre à peine. L'eau absorbe fortement l'orange et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse.

Cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité des traitements d'épuration [5].

I -5 Propriétés chimiques :

I -5-1 Auto-dissociation de l'eau :

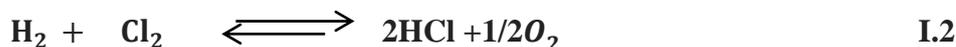
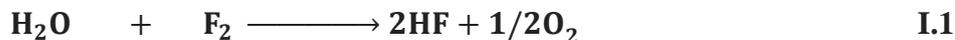
L'eau est une substance qui a une forte propension à dissoudre d'autres éléments.

La première opération chimique réalisable avec l'eau est sa dissociation en protons H^+ et en ions hydroxydes OH^- . La répartition entre les deux se mesure avec le pH (potentiel hydrogène). L'échelle va de 0 à 14 : plus on se rapproche de 0, plus l'eau est acide, plus on se rapproche de 14, plus elle est basique. L'eau est neutre lorsque son pH est à 7.

L'eau joue un rôle très important dans toutes les réactions chimiques que impliquent des matières chargées électriquement.

I-5-2 Réaction d'oxydo-réduction :

I-5-2-1 Oxydation de l'eau : c'est l'oxygène que se fait oxydé [6]



I-5-2-2 Réduction de l'eau : c'est l'hydrogène que se fait réduire



I-5-2-3 Réaction d'hydrolyse :

C'est l'action des espèces dissociées de l'eau

I-5-2-3-1 Hydrolyse d'un sel :



I-5-2-3-2 Estérification en milieu acide :



I-6 Pollution des eaux :

I-6-1 Généralités :

La pollution comme étant toute modification défavorable des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse d'utilisée.

La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre.

L'ensemble des éléments perturbateurs parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction

dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement. [7]

I-6-2 Type de pollution (classification selon la répartition géographique) :

On a deux types de pollution selon la répartition géographique : pollution diffuse et ponctuelle. [7]

a) Pollution ponctuelle :

Une pollution ponctuelle est une pollution provenant d'un site facile à localiser et peut être par exemple le point de rejet d'un effluent ou une zone contaminée. C'est une source fixe et généralement d'émission polluantes importantes. [7]

b) Pollution diffuse :

Sont des pollutions dues non pas à des rejets ponctuels et identifiables, mais à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis à l'environnement de façon indirecte. Les sources diffuses se caractérisent par des apports de substances émises par des sources mobiles, des sources couvrant de larges étendues ou un grand nombre de sources de pollution d'émission faible.

Les pollutions par des sources ponctuelles sont souvent plus faciles à traiter (en installant par exemple un filtre au niveau du tuyau par lequel les produits polluants sont rejetés dans le milieu naturel), alors que les émissions polluantes provenant de sources diffuses sont difficiles à recenser, à mesurer et donc à contrôler. [7]

I-6-3 Source de pollution :

C'est une classification selon l'origine de la pollution. [7]

a) Pollution naturelle :

Cependant, et grâce notamment aux développements technologiques et analytiques qui ont permis des mesures de plus en plus fines pour de nombreux éléments polluants, il a été montré que certains polluants dans les eaux et les sols peuvent également avoir une origine naturelle. On retrouve le plus souvent ces polluants dits géogéniques dans des zones où ils sont naturellement concentrés.

Cette accumulation naturelle résulte de processus géologiques. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds (exp : arsenic...).

Des irrptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions. [7]

b) Pollution industrielle :

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire : il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits. Il est évident que les effluents déversés sans traitement approprié entraînent des changements indésirables dans le milieu récepteur et des pollutions très néfastes. [7]

c) Pollution urbaine :

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité.

Les eaux résiduaires urbaines peuvent être considérées comme la plus importante industrie en termes de masse de matériaux bruts à traiter ; Dans la communauté européenne il est produit quotidiennement un volume proche à 40 millions de m³ d'eaux usées.

Le « tout -à- l'égout » est une expression significative ; elle exprime cette diversité. On trouve les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques. [7]

d) Pollution agricole :

Ce type de pollution s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins).

Néanmoins, le problème de la pollution agricole est un peu différent, dans la mesure où cette source de pollution n'arrive qu'indirectement à la station. C'est le cas en particulier des engrais et pesticides qui passent d'abord à travers les milieux naturels (nappes phréatiques, rivières...). C'est aussi le cas des déchets solides issus des industries agro-alimentaires et des concentrations des élevages qui entraînent un excédent de déjections animales (lisiers de porc, fientes des volailles...) par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles ; celles-ci, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent aussi une source de pollution. [7]

e) Pollution atmosphérique :

En ce qui concerne l'eau de pluie, bien que longtemps considérée comme propre, l'eau d'origine pluviale est en fait relativement polluée. L'origine de cette pollution peut provenir des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par les véhicules, les usines ou les centrales thermiques. Ces polluants (oxyde de carbone, dioxyde de soufre, poussière...) sont envoyés vers le sol à la moindre averse.

Lorsqu'elle ruisselle, l'eau de pluie a un second effet nocif: elle transporte les hydrocarbures, les papiers, les plastiques et les débris végétaux accumulés sur la terre et les toitures. De plus, cette pollution est déversée sur de courtes périodes et peut atteindre des valeurs très élevées ce qui provoque un effet de choc sur le milieu biologique. [7]

I-6-4 Principaux polluants des eaux :

A- Pollution selon le type de polluant :

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique. [7]

a) Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique, il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau; qui lui confèrent un caractère

trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau).

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique due à la température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz. [7]

- **La Température :**

La température élevée réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier les teneurs en oxygène. si la température d'eau varient de 13°C à 20°C, la concentration en oxygène chute de 13%. Or, le rôle d'oxygène est fondamental pour les organismes vivants et pour l'oxydation des déchets. [10] Les températures basses affectent l'auto-épuration des rivières car les réactions d'oxydation sont ralenties. Au contraire, une température plus élevée accélère ces réactions, mes entraine par voie de conséquence une plus forte consommation d'oxygène dissous.

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est :

- Excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ;
- Passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C
- Médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C

Lorsque la température est supérieure à 30°C, on parle d'une pollution excessive. [9]

- **pH :**

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la forme et de la flore. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH .L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les équilibre ioniques des autres éléments en augmentant au diminuant leur toxicité [10]. on peut classifier les eaux de la manière suivante :

- pH inférieur à 5 : acidité forte.
- pH égale à 7 : neutralité (eau pure).
- pH de 7 à 8 : neutralité rapprochée (eau de surface).
- pH de 5.5 à 8 : majorité des eaux souterraines.

- PH supérieur à 8 : alcalinité, évaporation intense. [9]

- **La conductivité électrique :**

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et la résistance qu'elle oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance peut être exprimée par la conductivité électrique qui constitue une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solution dans l'eau [10].

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- Conductivité égale à $0.05\mu\text{s/cm}$: eau déminéralisée.
- Conductivité de 10 à $80\mu\text{s/cm}$: eau de pluie.
- Conductivité de 80 à $100\mu\text{s/cm}$: eau peu minéralisée.
- Conductivité de 300 à $500\mu\text{s/cm}$: eau moyennement minéralisée.
- Conductivité de 1000 à $3000\mu\text{s/cm}$: eau saline. [9]

I-6-4-1-2 Pollution chimique :

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses. Ainsi résulte de la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire).

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories: Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autre éléments toxiques. [7]

- **Le Demande Chimique en oxygène (DCO) :**

La DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions de l'essai. Contrairement à la DBO5 où l'oxydation se fait lentement, par l'activité des microorganismes, l'oxydation, pour la mesure de le DCO est provoqué à l'aide d'un oxydant (bichromate de potassium) et des conditions données (ébullition, catalyseur,...). Alors que la DBO5 ne mesure que la matière organique naturellement et rapidement dégradable, la DCO permet de mesurer la majeure partie de la matière organique biodégradable et peu dégradable. C'est pourquoi les valeurs de DCO sont

Chapitre I

nécessairement supérieures aux valeurs de DBO5. Le rapport DCO-DBO5 permet d'évaluer le caractère biodégradable de matière organique. [10]

- **Le Demande Biochimique en oxygène (DBO₅) :**

L'effet principal d'un apport de matières organique dégradables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui en résulte.

En effet, la présence de microorganismes dans les eaux permet la dégradation en éléments plus simples, de certaines substances plus complexes d'origines naturelle (végétaux ou animaux morts) ou artificielles (eaux usées). Or cette activité de dégradation ou auto-épuration, est consommatrice d'oxygène. Il a alors semblé naturel d'évaluer cette pollution organique en quantité d'oxygène demandée.

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques, avec le concours des microorganismes, dans des conditions données et sur une période fixée à cinq jours. [10]

Tableau N°1 : Qualité DBO₅ (demande Biochimique en oxygène). [9]

DBO ₅	Qualité
DBO ₅ < 3	Très bonne
3 < DBO ₅ < 5	Bonne
5 < DBO ₅ < 8	Moyenne
DBO ₅ > 8	Mauvaise, voire très mauvaise

- **L'azote ammoniacal (NH₄⁺):**

La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origines humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui transforment rapidement en ammoniaque ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestique. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée(NH₃). La proportion de NH₃ augmente en fonction croissante du pH et de la température. [10]



I.6

- **Les nitrates (NO_3^-) :**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence dans l'eau si la source est organique, atteste que l'auto-épuration à jouer. Ils proviennent des engrais et des rejets urbains et industriels. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Le développement excessif des végétaux aquatiques s'observe au-delà de 2 à 5 mg/l [10]. Il existe quatre classes distinctes en fonction de la concentration en nitrates retrouvée dans l'eau :

- Eau de qualité optimale pour être consommée ($< 25 \text{ mg/L}$).
- Eau de qualité acceptable de ($25 \text{ à } 50 \text{ mg/L}$).
- Eau non potable nécessitant un traitement (de $50 \text{ à } 100 \text{ mg/L}$).
- Eau inapte à la production d'eau potable ($> 100 \text{ mg/L}$). [9]

- **Les nitrites (NO_2^-) :**

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active ; les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0,01 mg/L). En dessous d'un centième de mg/L, les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une autoépuration active, en présence de quelques dixièmes de mg/L la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/L.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique. [9]

- **Ortho phosphates (PO_4^{3-}):**

D'origine urbaine (composant des détergents) et agricole (lessivage d'engrais), les ortho phosphates sont comme les nitrates un nutriment majeur des végétaux et peuvent entraîner leur prolifération à partir de 0.2 mg/l. On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation. [10]

I-6-4-1-3 Pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire.. [7]

Matériels et méthodes

Chapitre II

Pour mieux connaître et maîtriser la pollution d'eau, il est nécessaire de savoir quelles sont les sources de pollution, les identifier et les quantifier. Cette connaissance permet ensuite de prendre des mesures de réduction des émissions à la source [8]. Pour cela on doit connaître les méthodes utilisées pour ça.

II -1 Présentation géographique de la zone d'étude :

Notre étude est basée sur des travaux antérieurs, où on a pris des résultats des analyses qualitatives des eaux le long d'un intervalle du temps de 2005 à 2018 à partir de la nappe phréatique de la vallée de M'zab.

La région du M'zab, située à 600 km au sud de la capitale est considérée comme l'une des grandes oasis du Sahara algérien. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa, regroupant trois chefs lieu de communes ; Daia Ben-Dahoua ;Ghardaïa chef-lieu de la wilaya occupant l'amont et le centre de la vallée, Bounoura et El Atteuf occupant la partie aval de la vallée. [8]

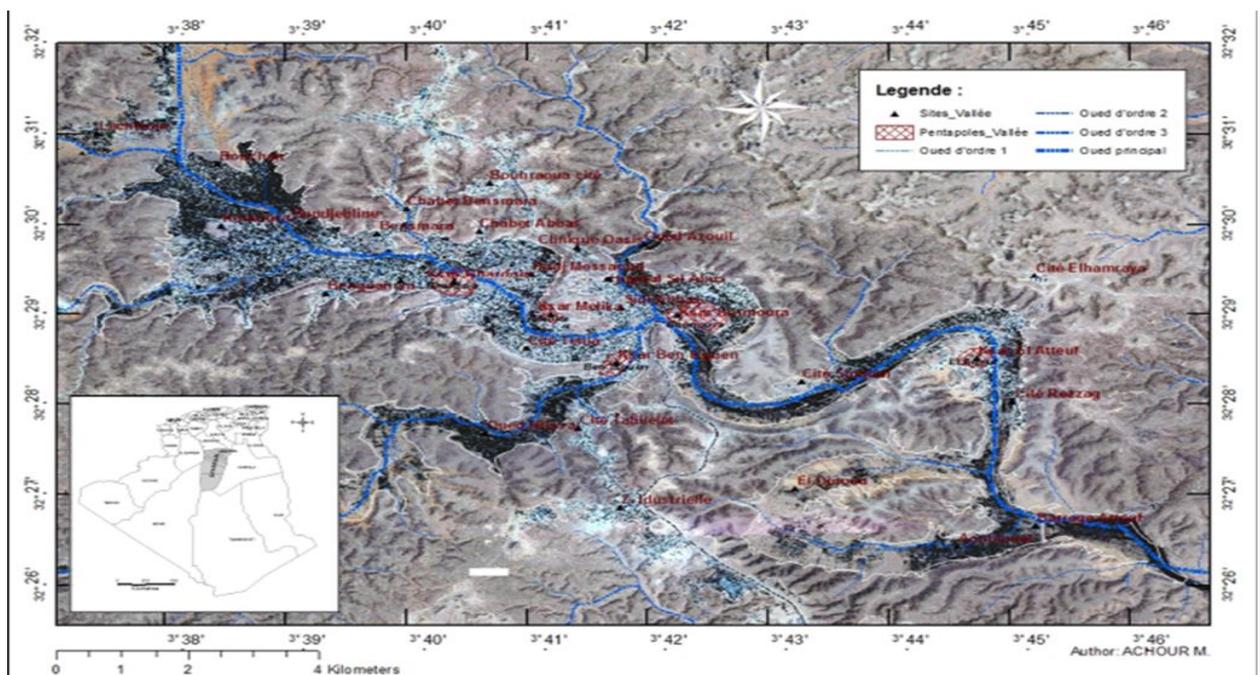


Figure II.1 - Limites de la vallée de l'oued M'zab

(Image IKONOS/2000)

Géographiquement la vallée du M'zab est comprise entre 32° 26' et 32° 31' de latitude Nord et 3° 37' et 3° 46' de longitude Est. Elle est alignée approximativement NWSE, en partant de Bouchen, zone de confluence de l'oued El Hameur (Laadira) avec l'oued Touzouz, jusqu'à El Atteuf sur une longueur de 23,50 km. La largeur de la vallée varie entre 2,35 et 1,50 km en amont et diminue au fur et à mesure vers l'aval pour atteindre 0,55 km tout au sud de la ville d'El Atteuf . Les altitudes quant à elles sont relativement faibles, elles diminuent progressivement de l'amont vers l'aval, 514 à 508

Chapitre II

mètres à Bouchen, 505 à 485 mètres au niveau de la ville de Ghardaïa, 455 à 450 mètres au niveau d'El Atteuf, et 435 mètres à Ahbas point le plus bas de l'oasis d'El Atteuf. [8]

Industrie existants dans la zone d'étude et source de pollution :STEP

A) PRESENTATION DE LA STEP :

La STEP Kef Eddoukhane est située à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, à l'aval de la digue d'El Atteuf, d'une superficie d'environ 79 ha, elle contient des ouvrages.

- Ghardaïa et précisément la vallée de M'zab possède actuellement plusieurs sociétés et usines dans la zone industrielle et d'autres éparpillés sur la zone d'étude. Qui à leur tour produisent des résidus qui contribuent à la pollution de l'eau souterraine.

B) Liste des industries de la vallée du M'Zab :

La liste qui suit est tirée principalement et a été mise à jour en fonction des informations reçues.

Les entreprises suivantes sont les groupes principaux :

- secteur public, grandes industries de production, unités de service et PMI (petites et moyennes industries), secteur privé.

Tableau N° 2 : Secteur public, grandes industries de production :

	Commune de Ghardaïa	Matières primaires
ERCC	fabrique de poudre de plâtre Commune de bounoura	Roche
ALANABIB	tubes en acier soudés en spirale	Fer
Sabrinal	Société de cosmétiques	Produits chimiques
SARSO	Moulins et Pâtisseries	Blé
SONELGAZ	production d'électricité	-
Prochisa	Produit chimiques du sahara,sarl	Produits chimiques
ghardaia plast	Fabrication tubes PVC rigide et accessoires	Plastique
Ghardaia Flacons	Fabrication des préformes et soufflage des bouteilles en P.E.T	Roche
S.P.D.G	Société de platre et Dérivés ghardaia	Roche
ECO SUD	Société de Production d'Enduits,Peintures et Colles de Bâtiments	Produits chimiques
El Amal Des Oasis	Usine de granit et de tuiles	Roche

Chapitre II

Les branches d'activité économique sont désignées comme suit :

CM matériaux de construction

MME matériel métallique, électrique et industrie

CHI chimie, détergents, ... etc.

TEX textile

II-2 Méthodes utilisé :

II-2-1 Méthode électrochimique :

II-2-1-1 pH mètre :

L'appareil pH-mètre portatif sensION1 (Figure II.2) est conçu pour la mesure d'échantillons sur le terrain ou en laboratoire.

L'appareil mesure le PH de l'échantillon, de -2,0 à 19,99, ainsi que sa température.

Les valeurs de PH affichées sont compensées en température grâce à la température de l'échantillon mesurée ou à une température par défaut. L'appareil mesure et affiche aussi les valeurs en mV.

La précision des résultats mesurés est la suivante :

Pour le pH, la précision est de 0,01% de la valeur lue.

Pour la température, si celle-ci est comprise entre 0 et 70 °C, la précision est de ± 0.3 °C et si la température est comprise entre 70 et 100 °C, elle est de ± 1.0 °C. [16]

II-2-1-2 Conductimètre (HACH) :

Le conductimètre sens ION5 se caractérise par un affichage LCD numérique personnalisable, affichant simultanément la température et les résultats de mesure.

Chapitre II

Cet appareil de mesure répond aux spécifications d'imperméabilité à l'eau IP67. Il offre un support d'électrode, un design ergonomique, la collecte des données et une communication RS232 pour l'impression des résultats vers un ordinateur ou une imprimante.

L'appareil de mesure peut être utilisé pour un large éventail d'applications de laboratoire. La qualité de l'eau, la salinité, les acides, les bases et d'autres échantillons aqueux peuvent être facilement analysés en conductivité avec les sondes de conductivité disponibles.

Il permet la mesure de la conductivité, des TDS (solides dissous totaux), de la température et de la salinité des échantillons. [16]

II-2-2 Spectrophotomètre UV-VIS DR6000, HACH :

Ce matériel de laboratoire est équipé d'un monochromateur de type Czerny-Turner, réduisant les aberrations et minimisant la bande spectrale passante. Le faisceau de mesure est aligné de manière optimale grâce au miroir du coupleur de sortie. La bande passante est séquencée par 4 filtres, réduisant la lumière diffusée interne à <0.05%. La stabilité de base du signal de mesure, ainsi que la haute sélectivité, est assurée par 2 détecteurs en silicone à faible bruit

Efficacité accrue en laboratoire .[16]

II-2-2-1 Turbidité mètre :

Le principe de cette mesure repose sur le fait que l'intensité lumineuse incidente est absorbée ou diffusée par les particules rencontrées sur son trajet vers le récepteur. Le récepteur reçoit donc une intensité lumineuse plus faible que celle qui est émise : on parle d'atténuation.

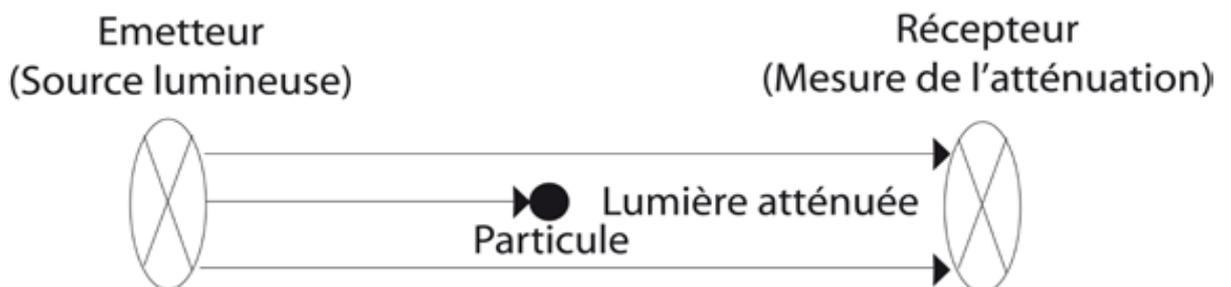


Figure II-2 : Principe de mesurage par atténuation.

Pour une suspension et un capteur donnés, l'atténuation est proportionnelle à la surface projetée cumulée des particules présentes dans le faisceau. Elle dépend donc du nombre de particules et de leur nature (taille, forme). Si la taille et la forme des particules sont fixées, l'atténuation est proportionnelle à la concentration volumique des particules (exprimée en %). Si leur masse volumique est fixée, l'atténuation est proportionnelle à la concentration massique des particules (exprimée en mg/L). Pour un capteur conforme à la norme, cette atténuation est exprimée en FAU (Formazine Attenuation Unit). [18]

II-2-2-2 Thermomètre :

La mesure de la température peut être basée sur la dilatation et la compression d'objets (solides, liquides ou gazeux) ou sur toute autre propriété physique (modifications électriques dans le cas d'un thermocouple ou émission de lumière à des températures élevées ...) qui varie en fonction de la température. Ce principe général est mis en œuvre de manière très différente en fonction des besoins (plage de température à mesurer et nature du matériau à étudier ...). Les mesures de température de liquide habituelles sont les thermomètres à mercure et les thermomètres spéciaux, mais on peut également en trouver d'autres. [18]

II-2-3 La spectrophotométrie UV-visible :

Le spectrophotomètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance d'une solution, pour différentes longueurs d'ondes. Pour cela, il fait passer un rayon d'une longueur d'onde choisie à travers une cuve contenant la solution à étudier. Les molécules de la solution absorbent plus ou moins le rayon lumineux, on définit alors l'absorbance pour cette longueur d'onde.

Les molécules qui présentent un spectre d'absorption UV-visible sont celles qui absorbent des photons dont l'énergie correspond à des longueurs d'onde se situant dans le domaine 190 nm – 800 nm. Lorsque des molécules absorbent des photons de l'UV-Visible, l'énergie des électrons de valence augmente. Le phénomène d'absorption dans le domaine UV-Visible est lié aux variations de l'énergie moléculaire de transitions électroniques [14].

II-2-3-1 La loi de Beer-Lambert :

Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative. La loi de Beer-Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes molécules présentes en solution ou pour une même molécule aux différentes formes qu'elle peut prendre.

Chapitre II

La loi de Beer-Lambert sert à établir une relation entre l'absorbance, l'épaisseur de l'échantillon et la concentration des espèces absorbantes.

Cette relation s'écrit : $\text{Log}_{10} (I_0/I) = \epsilon Cl$

Ou bien sous sa forme actuelle est : $A = \epsilon Cl$

Avec:

A : absorbance

ϵ : Coefficient d'extinction ($\text{mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}.\text{l}$).

C : Concentration (mol/l)

l : Epaisseur de la cuve (cm).

I_0 : Intensité de l'énergie d'irradiation arrivant sur l'échantillon (Lumière incidente)

I : Intensité de la radiation qui a traversé l'échantillon (Lumière transmise) [14].

II-2-4 Spectrophotométrie d'émission de flamme :

La pulvérisation d'une solution d'eau contenant des métaux dans une flamme se caractérise par une décomposition et une dissociation à l'état atomique des traces métalliques. Les atomes des métaux sont ainsi excités thermiquement par la flamme, et leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation dont la longueur d'onde est spécifique de l'élément recherché et dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration. Cette technique est appropriée pour le dosage direct des éléments alcalins: Na, K, Li. [11]

II-2-5 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

C'est la méthode analytique la plus utilisée en analyse d'eau. Elle nécessite la mise en oeuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de (élément recherché). Elle s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière laisse passer une fraction de la lumière incidente; la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché (loi de Beer-Lambert). Cette technique a permis le développement de chaînes analytiques de laboratoire à flux continu, l'utilisation industrielle de photolorimètres pour la mesure "séquentielle-en continu" de nombreux paramètres (silice, ammonium, etc.). [11]

II-2-6 Méthode d'analyse volumétrique :

Basée sur la mesure de la quantité de matière d'une solution titrée qui se combine à l'analyte. Le terme volumétrie signifie spécifiquement la détermination du volume de la solution de réactifs nécessaire pour compléter la réaction. [13]

II-2-7 Méthode gravimétrique :

Les méthodes gravimétriques sont des méthodes quantitatives qui sont basées sur la détermination de la masse d'un composé pur auquel l'analyte est apparenté chimiquement.

Deux méthodes sont utilisées: les méthodes par volatilisation ou les méthodes par précipitation.

La gravimétrie est l'illustration par excellence du Principe de Le Chatelier. Soit par volatilisation, soit par précipitation, on déplace l'équilibre vers les produits favorisant ainsi une réaction quantitative. [13]

II-2-8 Méthodes par volatilisation :

Dans les méthodes par volatilisation, l'analyte ou ses produits de décomposition sont volatilisés à une température appropriée. Soit le produit volatil est recueilli et analysé, soit la perte de masse de l'échantillon est déterminée. [13]

II-3 Programme :

II-3-1 Le diagramme de Schoeller-Berkaloff :

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff est une représentation graphique semi logarithmique.

Sur l'axe des abscisses sont représentés les différents ions. Pour chacun de ces

ions (ou des groupements Na^+ / K^+ et CO_3^{2-} / HCO_3^-) la teneur réelle en mg/l est reportée sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites. L'allure du graphique obtenu permet de visualiser le faciès de l'eau minérale concernée.

Le diagramme permet une lecture directe des concentrations en mg/L des différents ions majeurs, sans conversion en % relatif (cf. diagramme de Piper). En outre, les 2 axes des ordonnées, situés à droite et à gauche du graphique, permettent une conversion directe en milliéquivalent (Le milliéquivalent est défini comme le rapport de la concentration en mg/l d'un ion donné à son équivalent chimique A/N avec A = masse atomique et N = valence de l'ion. Ces deux modes de représentation facilitent à la fois construction des graphiques et la

lecture des données.

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au-dessus des autres dans le cas contraire.

Toute droite réunissant deux éléments A et B d'une même eau et parallèle à une autre droite réunissant les mêmes éléments A' et B' d'une autre eau, indique un même rapport des éléments : $A/B = A'/B'$. Ces graphiques permettent également, d'après l'inclinaison des traits, de voir les rapports des éléments entre eux et en particulier des rapports souvent considérés comme caractéristiques ou d'importance marquée : Na^+/Ca^+ , SO_4^{2-}/Cl^- ...

Un inconvénient du diagramme de Schoeller-Berkaloff réside dans le fait que la comparaison de deux eaux peut amener à considérer que les faciès physico-chimiques sont similaires alors que les écarts de concentrations relatives en un ou plusieurs éléments sont significatifs. [15]

II-3-2 Le diagramme de PIPER :

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée :

- sommet du losange = faciès sulfaté/chloruré, calcique/magnésien,
- base du losange = faciès bicarbonaté, sodique,

- pointe droite du losange = faciès sulfaté/chloruré, sodique,
- pointe gauche du losange = faciès bicarbonaté, calcique/magnésien.

L'avantage du diagramme de Piper est qu'il permet de représenter sur un même graphique de nombreuses analyses autorisant des regroupements par famille présentant des faciès similaires. Ce point peut s'avérer particulièrement intéressant dans le cadre du suivi de la qualité d'une eau dans le temps, pour lequel on dispose de plusieurs analyses physicochimiques, ou dans le cadre d'études régionales de comparaison de divers points.

Le diagramme de Piper est également intéressant pour juger de l'importance relative des précipitations ou dissolution d'éléments majeurs entre deux analyses (voire un nombre supérieur). Le simple déplacement de position d'un ion parallèlement au côté d'un triangle, traduit un enrichissement ou un appauvrissement relatif de l'eau pour l'ion concerné. [15]

II-3-3 Le diagramme de STABLER :

Est utilisé pour déterminer rapidement les différents titres d'une eau (titre d'alcalimétrie, titre en sels d'acides forts et titre d'hydrotimétrie). Pour cela les concentrations en meq.L-1 des anions et des cations sont reportées sur deux barres ou colonnes distinctes de même longueur - les concentrations étant reportées en %. La détermination des différents titres est alors visuelle. [17]

II-3-4 Diagramme de Wilcox :

Ce diagramme est basé sur les valeurs du rapport d'absorption en sodium (SAR) et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau. L'objectif était de représenter les échantillons sur le diagramme de Wilcox afin de faciliter la caractérisation des eaux profondes sur leur aptitude à l'irrigation, mais il n'était disponible que la valeur de conductivité de quelques échantillons. C'est alors qu'on a tenté de retrouver par calcul théorique les conductivités des échantillons à partir des conductivités équivalentes des différents ions majeurs analysés (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4^{-2} , HCO^{-3}) à 25°C d'après la méthode décrite par Hölting (1996).

$$\text{CE éch} = [\text{Ci}] * \text{Ce}_i * \text{K}$$

CE éch = conductivité équivalente de l'échantillon, [Ci] = concentration ionique,

Chapitre II

κ_{ei} = conductivité équivalente ionique,

K = facteur de correction dépendant de la température. [16]

Résultats et discussions

Actuellement, les sources de pollution sont variées et leurs influence sur l'environnement distinct, parmi les sources de la pollution liquide on trouve , les rejets urbains et industriels.

Les caractéristiques des rejets industrielles varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.

Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement préalable avant qu'elles soient rejetées pour ne pas affecter l'environnement. [19]

Notons aussi que le puits de l'année 2017 est un mélange des eaux de la nappe avec des eaux usées.

III -2 résultats et Interprétation :

III -2-1 Les paramètres Physiques :

III -2-1-2 la température :

- Au cours des années étudiés 2005-2006-2010-2012, 2017 est 2018 la température de l'eau a varié entre 22.5.3 ° C et 25 ° C

- Les valeurs sont inférieures ou égale 25 ° C. Ainsi, la température des échantillons étudiés est conforme aux normes algériennes malgré que quelques points sont mesurés au laboratoire et non pas sur site.

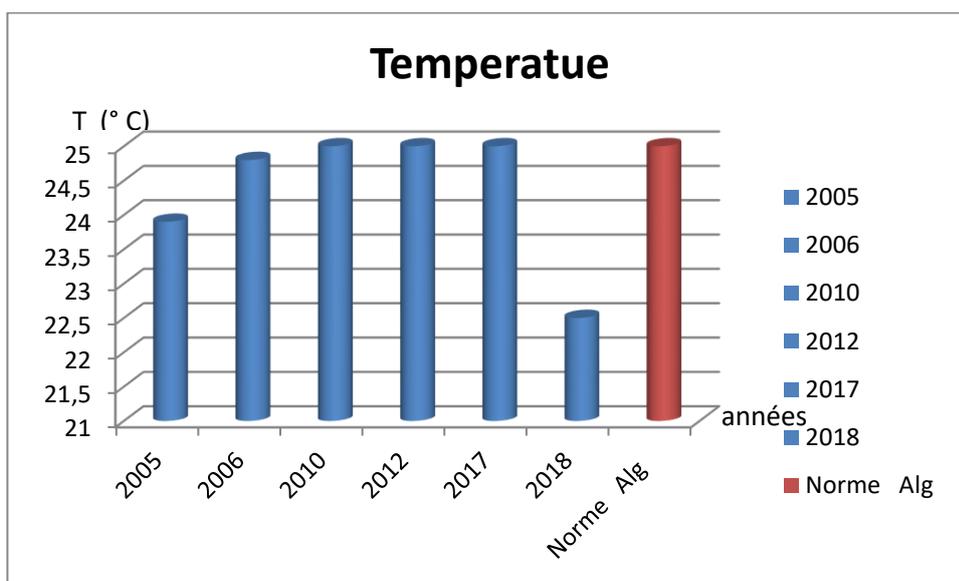


Figure III- 3 : Variation de la température des échantillons.

III -2-1-3 Le pH :

- Au cours des cinq années 2005-2006-2010-2012, 2017 est 2018, Les valeurs de PH des eaux varient entre 6,5 et 8.

- Les normes définies par les réglementations locales et la qualité de l'eau de boisson préconisent une acidité allant de 6,5 à 9,5. Cela signifie que l'eau analysée est conforme aux normes et l'eau n'est pas infectée par aucune acidité.

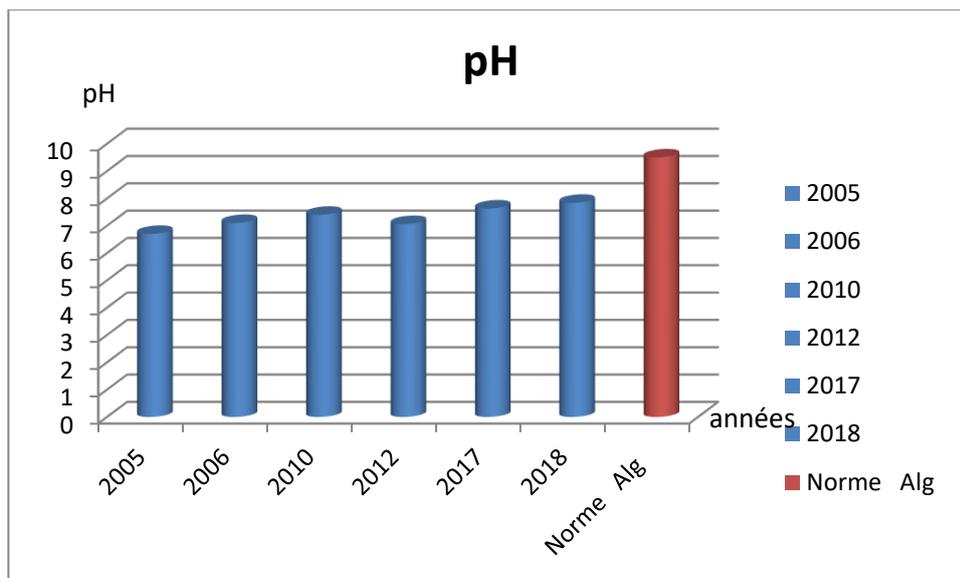


Figure III- 4 : Variation du pH des échantillons d'eau.

III -2-1-4 La conductivité électrique :

À partir du courant électrique, nous pouvons connaître les sels présents dans l'eau.

Il y a une relation linéaire lie la conductivité à la quantité totale des sels dissous :

$$\text{TDS (mg/l)} = 0,758 * \text{conductivité } (\mu\text{S/cm}).$$

La valeur minimale de la conductivité enregistrée en 2017 est (2430 $\mu\text{S} / \text{cm}$), mais en termes de normes à part 2017 toutes les valeurs analysées dépassent les normes algériennes (2800 $\mu\text{S} / \text{cm}$).

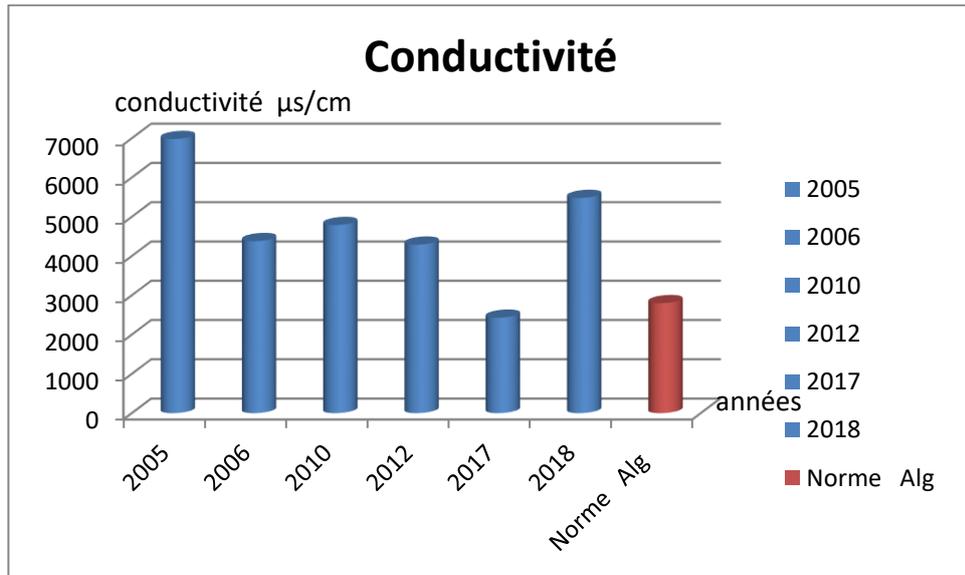


Figure III- 5 : Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau.

III -3 Les Paramètres chimiques :

III -3 -1 Les chlorures :

Il convient de noter que les échantillons pour les années 2005-2006-2010-2012, 2017 et 2018 dépassent les normes algériennes en matière de chlore, mais pour l'échantillon de 2010 il y a une augmentation remarquable par rapport aux autres années. La concentration en chlore varie de 719,34 mg / l à 2905 mg / l.

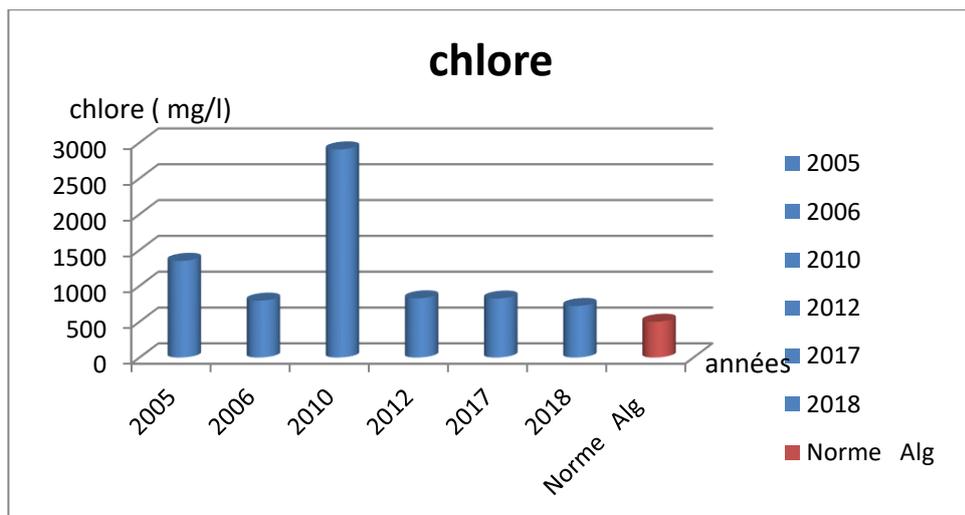


Figure III- 6 : Variation de Les chlorure des échantillons d'eau.

III -3 -2 Calcium Ca²⁺:

L'histogramme de la variation de calcium montre des concentrations dépassant les normes sauf l'échantillon de l'année 2017.

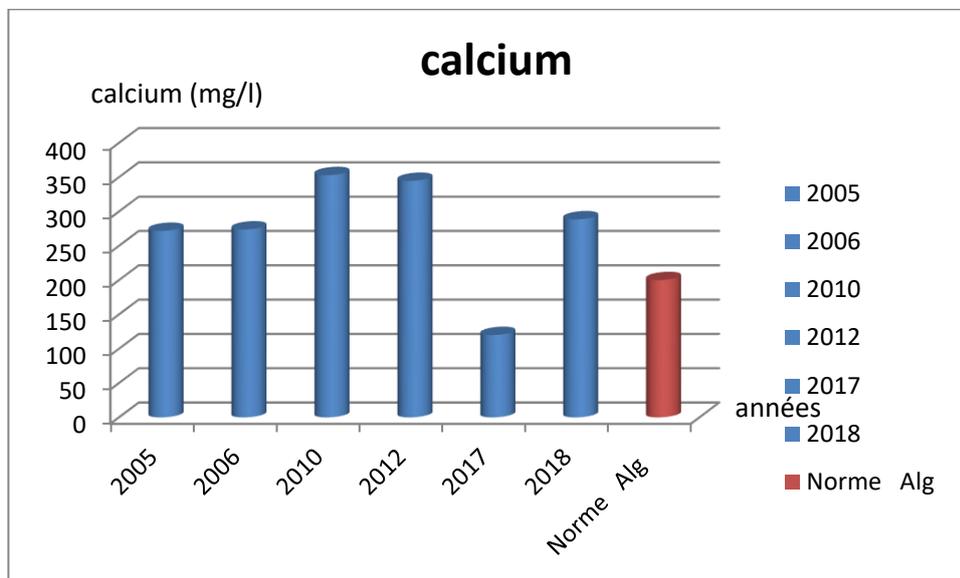


Figure III- 7: Variation de calcium des échantillons d'eau.

III -3 -3 Le Magnésium :

La concentration en magnésium varie entre 102 mg /l et 408,24 mg /l et donc toutes les valeurs dépassent 50 mg / l qui la valeur admissible de la norme algérienne.

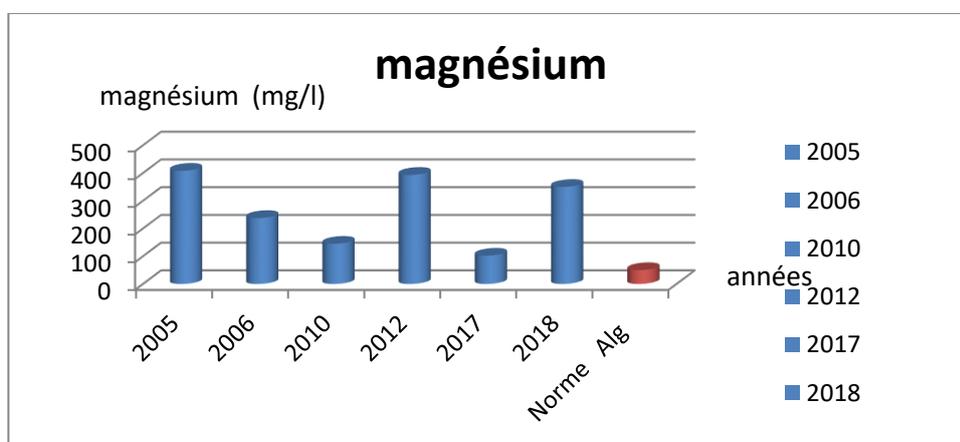


Figure III- 8: Variation du Magnésium des échantillons d'eau.

III -3 -4 Dureté totale ou Titre hydrométrique (TH) :

La concentration de dureté totale pour les normes algériennes est de 500 mg /l de CaCO₃,

Les valeurs enregistrés pour les années 2005-2006-2010-2012, 2017 est 2018, sont supérieur à la moyenne. Elles varient de 720 mg / l à 2718 mg / l.

Généralement les eaux de la nappe phréatique sont dures la valeur enregistré en 2006 est la plus grande valeur (2500.mg/l) En 2006 la valeur enregistré est (1660.6.mg/l) puis il une augmentation ordonnée pour arriver à (2500.mg/l) en 2012. La Valeur mesurée en 2017 est la plus faible, signalons que le points de 2017 est un mélange de d'eau de puits avec l'eau usée donc la dilution peut avoir lieu.

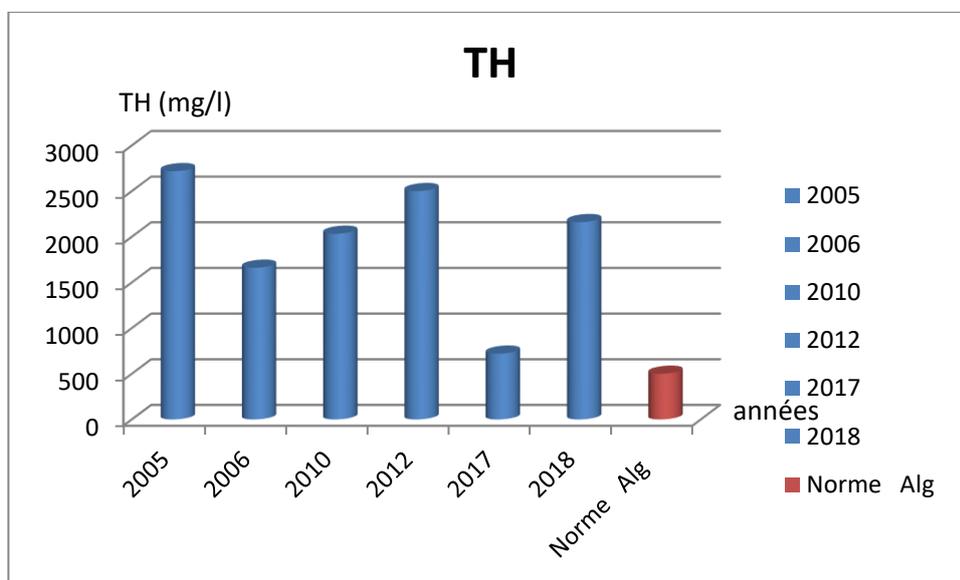


Figure III- 9 : Variation de la dureté totale des échantillons d'eau.

III -3 -5 Alcalinité (HCO₃⁻) :

La valeur standard de HCO₃⁻ est de 500 mg / l au norme algérienne

Les valeurs enregistrées sont comprises entre 40 mg / l et 450 mg / l, ce qui est inférieur à la norme utilisée

Notez que les valeurs de 2005 et 2009 sont inférieures à celles des autres années.

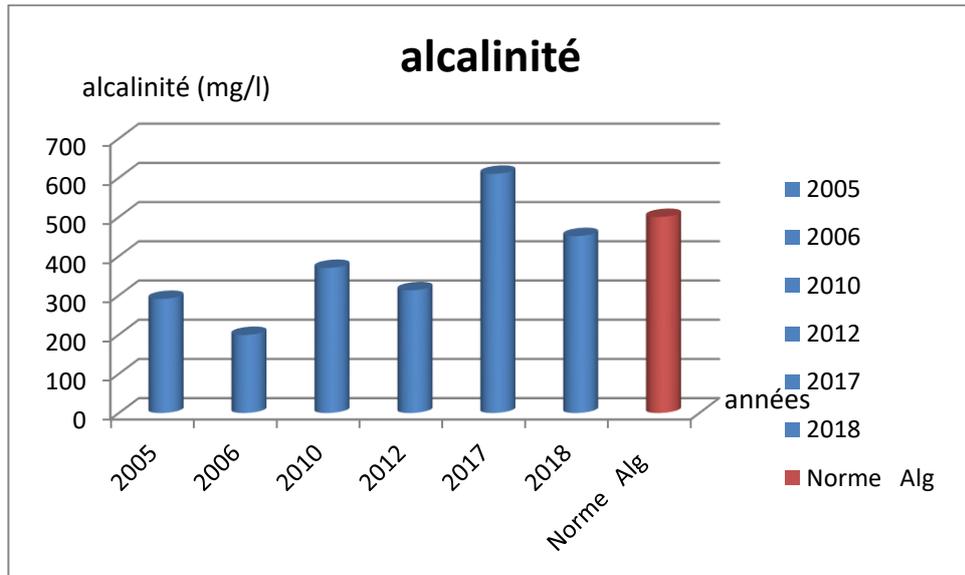


Figure III- 10 : Variation de l'alcalinité des échantillons d'eau.

III -3 -6 Le Potassium :

La plupart des échantillons dépassent 10 mg / L. Les résultats des années 2007 et 2010 ont dépassé 10 mg /l et elles sont 4 fois plus élevés que la norme.

On note que les analyses de potassium en 2017 et 2018 n'a pas été effectuées .

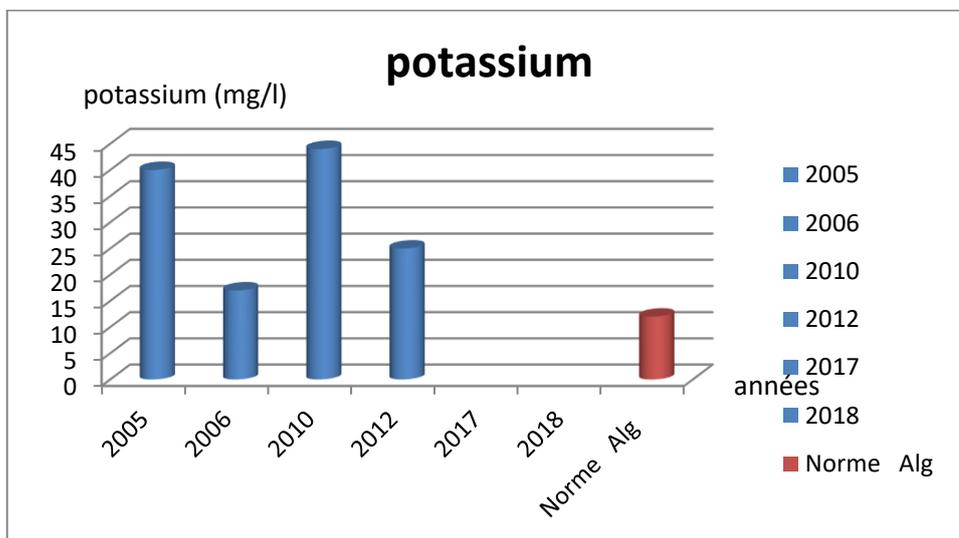


Figure III- 11 : Variation de la teneur en potassium dans les échantillons d'eau.

III -3-7 Les nitrate :

Les valeurs de nitrate varient de 1,44 mg / l à 59.14 mg / l

La valeur maximale atteinte par les nitrates est de 59.14 mg / l en 2012, supérieure à la norme de 50 mg / l. Elle est peut être due à une activité agricole ou à une infiltration des eaux usées industrielles ou ménagères

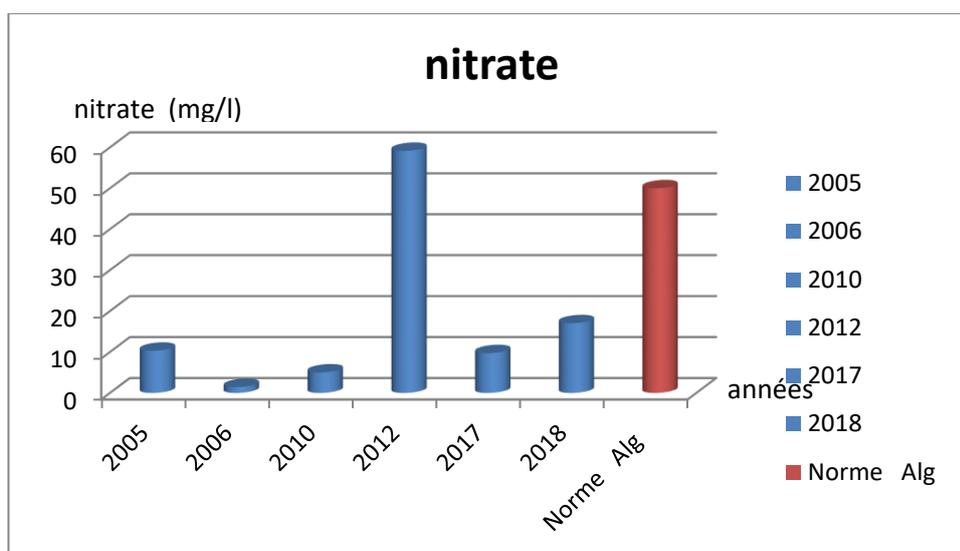


Figure III- 12 : Variation de la teneur en nitrates dans les échantillons d'eau.

III -3-8 Nitrite :

Les deux valeurs des nitrites pour 2005 et 2012 sont nuls.

La valeur standard est de 0,2 mg / l pour les normes algériennes

La plus basse concentration a été enregistrée en 2009 à 0,03 mg / l

La concentration la plus élevée enregistrée en 2017 était de 0,285 mg/l supérieure à la valeur standard et comme on a signalé au précédemment le point de 2017 est un mélange d'eau de la nappe avec les eaux usées.

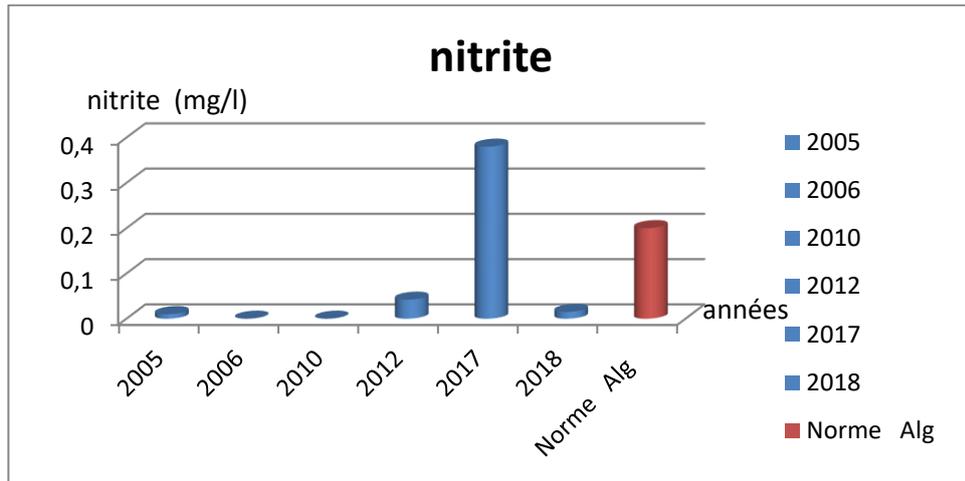


Figure III- 13: Variation du nitrite dans les échantillons d'eau.

III -3-9 Ammonium :

La concentration en ammonium varie de 0,03 mg / L à 5,09 mg / L. La concentration d'ammonium pour 2005 et 2017 est nulle.

La valeur la plus élevée de la norme a été enregistrée en 2010.

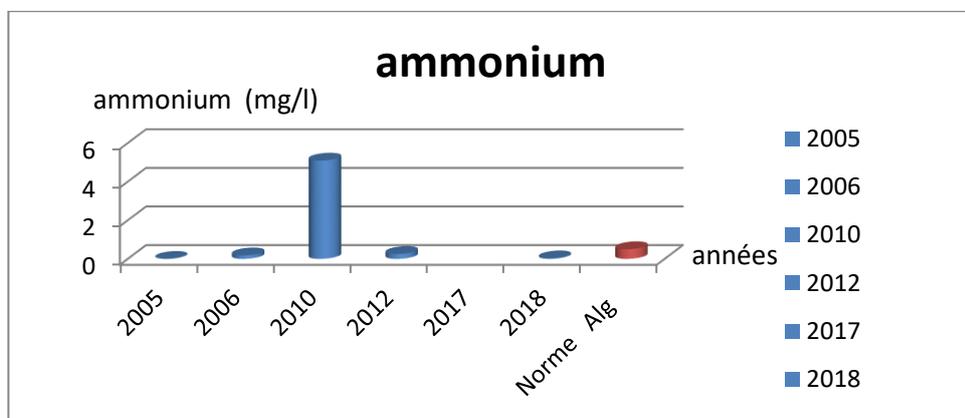


Figure III- 14 : Variation de la teneur d'Ammonium dans les échantillons d'eau.

II -3-10 Ortho phosphates (PO₄³⁻):

Pour les échantillons 2006-2010-2012 et 2018, la valeur est nulle.

La concentration en phosphate pour 2017, est de 13.44 mg / l, ce qui supérieure à la norme est présente clairement le résultat des eaux usées car les phosphate est habituellement un synonyme de contamination par les détergents.

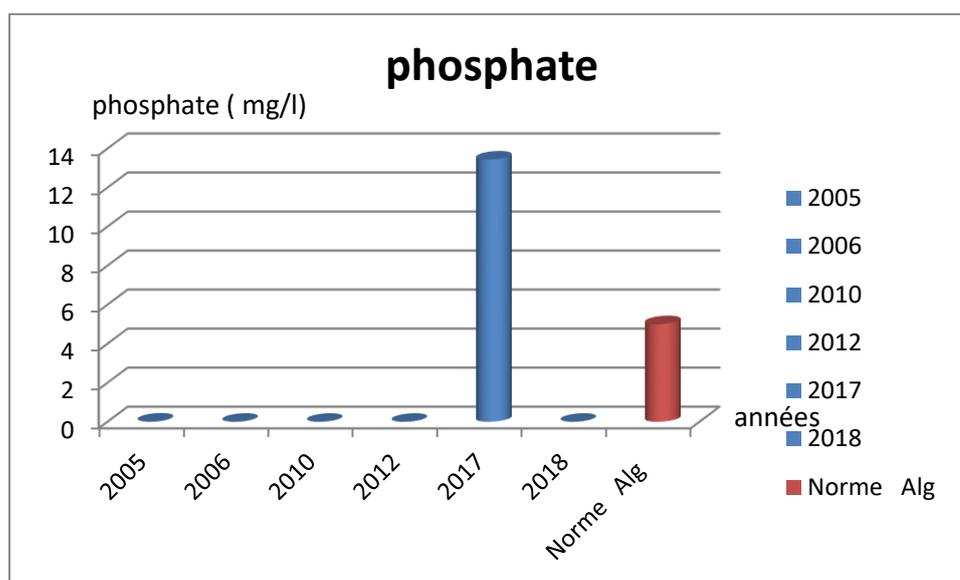


Figure III- 15: Variation de Ortho phosphates dans les échantillons d'eau.

III -4 Analyse graphique :

III -4 -1 Le 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. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques. Le diagramme de PIPER est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les 0 types de cations et anions dominants.

Les résultats d'analyses des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de M'zab permettent de distinguer deux familles d'eau:

Chapitre III

- Un faciès chloruré sodique et sulfaté sodique
- Un faciès sulfaté calcique et magnésienne

Représenté seulement le triangle des anions car le Na et k n'existe pas pour 2018

La variation des facies anionique est aléatoire est dopant de la composition instantané.

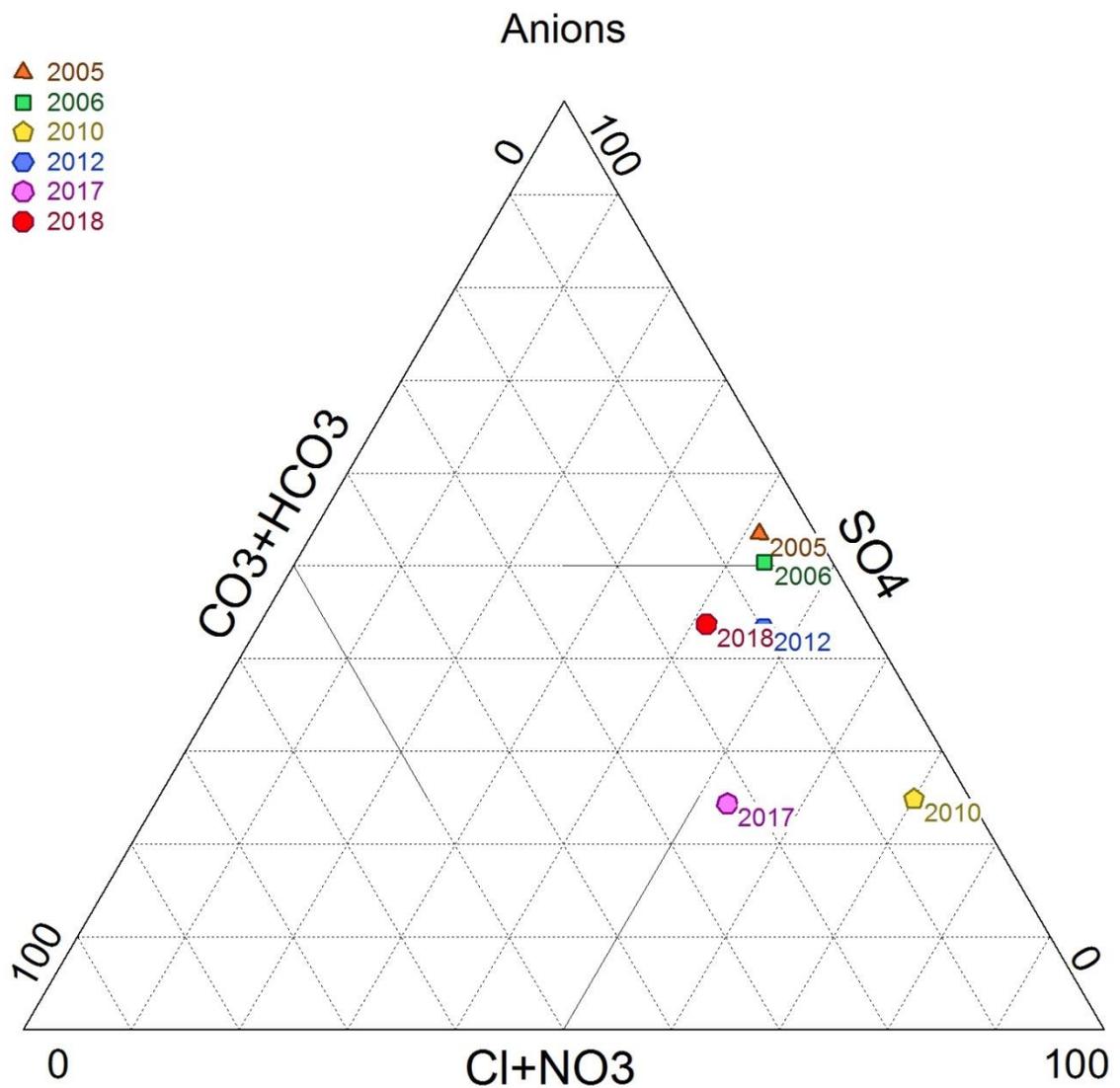


Figure III- 16 : Représentation les échantillons sur le diagramme de Piper.2019

III -4 -2 Diagramme Stabler :

D'après la classification de STABLER les eaux de la nappe phréatique de la vallée de M'zab présentent les faciès suivants :

- Un faciès sulfate chlorure 2005
- Un faciès sulfate chlorure et magnésienne 2006
- Un faciès chlorure sodique 2010
- Un faciès sulfate chlorure et magnésienne 2012

Stabler

vallée de M'zab

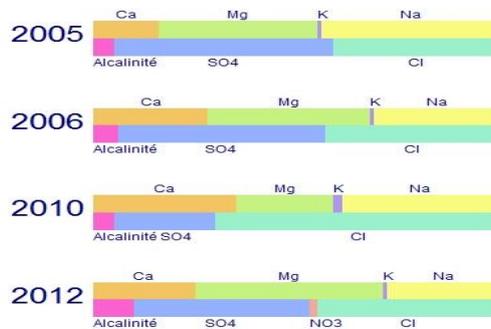


Figure III- 17: Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme Satabler 2019

Chapitre III

III -4 -3 Diagramme de Schoeller-Berkaloff :

La représentation des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff se fait selon un diagramme semi logarithmique .Ce diagramme permet la représentation graphique des analyses chimiques des échantillons et la lecture rapide des caractéristiques chimiques. Le faciès chimique de l'eau analysée est donné par l'association des plus fortes concentrations, coté anions et coté cations, entre anion d'une part de cation d'autre part. Les figures (III- 21) montrent les résultats d'une telle représentation des compositions en éléments majeurs des points d'eau sur ce diagramme.

Ces diagrammes sont regroupés selon les faciès chimiques des eaux concernées et qui sont respectivement :

La concentration de chlore est augmenter au 2010, [] de sulfate est élever au 2005

La concentration de sulfate diminué et augmentation de alcalinité au 2017.

[NO_3^-] est augmenter au 2012.

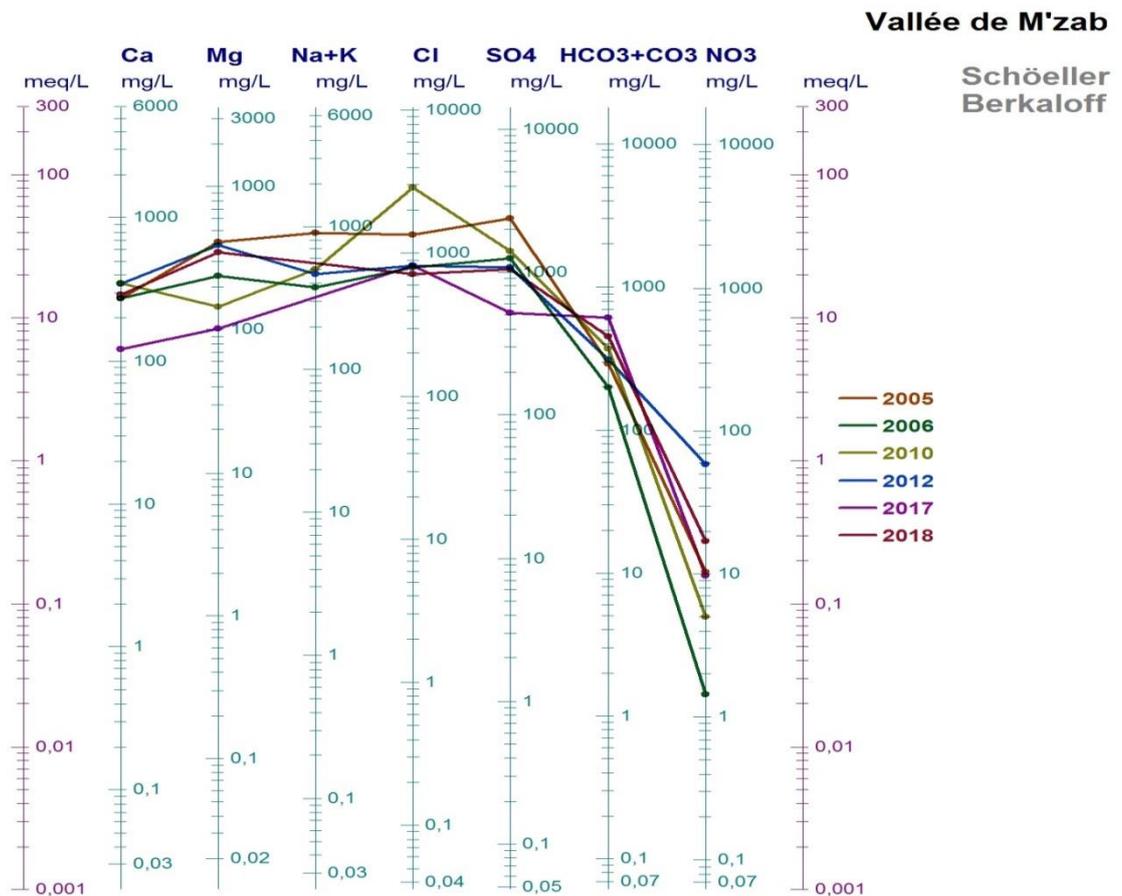


Figure III- 18 : Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff 2019

III -4 -4 Wilcox :

Pour les années: année 2005-2006-2010-2012 on a une mauvaise qualité d'eau d'irrigation et ne peut pas être adapter aux p ;antes sensibles

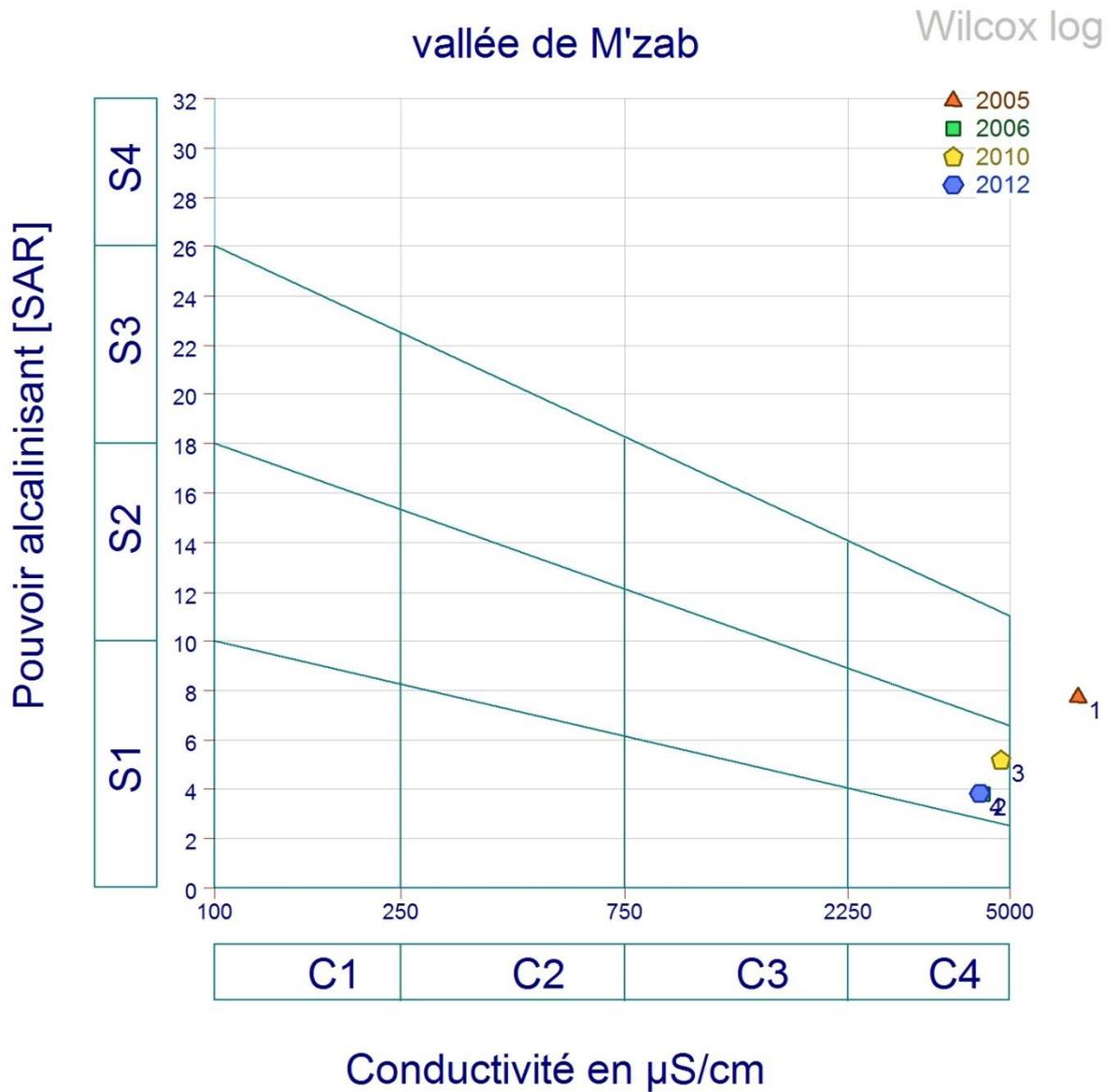


Figure III- 19 : Représentation des résultats d'analyses selon wilcox.2019

III -4 -5 Aptitude des eaux à l'irrigation :

Dans les zones arides et hyperarides, l'approvisionnement en eau d'irrigation constitue l'un des facteurs déterminants dans la production agricole. Le développement de l'agriculture dans ces zones rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols.

Une étude d'aptitude des eaux à l'irrigation s'avère nécessaire car cette région se caractérise par une faible pluviométrie, une forte évaporation.

La caractérisation d'une eau d'irrigation se fait à l'aide de la valeur du sodium absorbable (Sodium Absorption Ratio, SAR). Pour une même conductivité, le risque

est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. [20]

Le SAR est défini par la relation suivante: $SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg/2)}$

Les résultats de calcul du SAR de la nappe du vallée de M'zab ont été représentés en fonction de la conductivité électrique sur le diagramme de wilcox(Figure III- 22). Cette dernière montre la répartition des échantillons dans différentes classes Les Classes sont :

Classes C4-S2:

elles représentent les eaux médiocres fortement minéralisées, susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés. Les échantillons appartenant à cette classe sont 2010,2006 et 2012.

Conclusion :

Les faciès trouver est :

- Un faciès chloruré sodique et sulfaté sodique
- Un faciès sulfaté calcique et magnésienne

Conclusion générale

Ce travail entrepris dans la vallée du M'Zab a porté principalement sur la caractérisation et l'évaluation chimique de la nappe superficielle de la vallée. Pour répondre aux objectifs fixés nous avons utilisé un ensemble de méthodes de classification, d'évaluation et d'analyse.

L'utilisation de différentes méthodes de classifications des eaux souterraines d'oued M'zab telles que les classifications de Stabler, Schoeller-Berkaloff et Piper montrent l'existence d'un faciès chimique dominant qui est le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

Trois familles d'eau ont été mises en évidence : une famille des eaux chlorurées et sulfatées sodique pour la majorité des échantillons et une famille des eaux sulfatées calcique et magnésienne.

On observe dans les années (2005-2006-2010-2012-2017 et 2018) l'augmentation de concentration d'alcalinité, chlorure et magnésienne, diminution de sulfate.

La comparaison des résultats des analyses des 6 années avec les normes algériennes montre que les pluparts des teneurs et concentrations des éléments chimiques dépassent les normes ce qui est interprété par la forte minéralisation d'eau de vallée de M'zab, dont ces eaux dans l'ensemble dure à très dure.

Pour les éléments de pollution on trouve la contamination ponctuelle par les nitrates en 2012 et par les ortho phosphates en 2017.

Pour les années: année 2005-2006-2010-2012 on a une mauvaise qualité d'eau d'irrigation et ne peut pas être adaptée aux plantes sensibles. Nous observons que la majorité des industries ne traitent pas ces déchets.

D'après ces résultats on peut dire que la nappe phréatique n'est pas à l'abri de la pollution et la nappe est vulnérable à n'importe quel genre de pollution soit saline ou par les indicateurs de pollution ce qui

Nous oblige à faire des recommandations :

- 1 Création des stations d'épuration par des méthodes développées dans chaque commune .
- 2 Obliger les industries pour traiter ces déchets.
- 3 Réparation des canaux d'assainissement.

Référence :

- [1]-KATTAB.A(1992) : Traitement des eaux. Office des publications universitaires , Alger.
- [2]-SYMBIOSE magazine, N°18 Novembre-Décembre 2004/ISSN : 1111-4851 (Naima.B – Epuration des eaux -) p72.
- [3]-Collection Microsoft : Encarta 2005 , 1993-2004 Microsoft Corporation.
- [4]-V.MATREVELI (1990): Mécanique des fluides .
- [5]-DEGEMENT (1989): Mémento technique de l'eau. Edition Degrement,Paris .
- [6]-http://www.univ-lemans.fr/enseignements/chimie/01/deugsm/dor01/dor012_7.pdf
- [7]-Dr. CHAOUKI Mourad (2016-2017)-Cours Pollution (Air, Eau, Sol). UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA
- [8]- ACHOUR M. (2005) : Note relative sur les ressources en eau de la wilaya de Ghardaïa ; ANRH Ghardaïa, Algérie ; 19p
- [9]-BRIZINI ZAKARIA ,BEDDANE YACINE (2018 / 2019) : Etude des ressources hydriques dans la région de Saïda-UniversitéSaïda– Dr Tahar Moulay
- [10]-Patrick GIRGENTI SARL EAU PRO –paramètre physicochimique .
- [11]-Les méthodes d'analyses CHAPITRE02.pdf
- [12] - BENDADA Khiereddine,BOULAKRADECHE Mohamed Walid. [2011]. «Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds ». UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE (U.S.T.H.B)
- [13]- Chimie Analytique I: Les méthodes gravimétriques. Chapitre 5 pdf.
- [14] - Benaïssa A (2011), thèse doctorat « Etude de la dégradation photocatalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif », Université Mentouri Constantine.
- [15]- MELLAK Dris - Juin 2009- Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger.
- [16]- Mouhamat SECK (2001).Institut des Sciences de la Terre - UCAD - Ingénieur géologue de Conception
- [17] - Schoeller H. (1962) Les eaux souterraines, Masson, Paris
- [18] -Pierre-Antoine VERSINI, Claude JOANNIS, Ghassan CHEBBO. Onema(Avril 2015), LEESU et IFSTTAR/LEE - Guide technique sur le mesurage de la turbidité dans les réseaux d'assainissement
-

[19] -G. karima (2015/2016) : etude du disfonctionnement des differents ouvrages de la step de kef doukhane (el-atteuf) du groupement urbain de la ville de ghardaia, avec proposition des solutions et valorisation des eaux purifiees .univ. ghardaia .

[20]- D. Zineddin (2016) : Etude de la qualité chimique des eaux de l'aquifère du Complexe Terminal dans la région de Guerrara UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA.

[21]- [http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/nitrates/quels-effets-sur-sante.](http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/nitrates/quels-effets-sur-sante) 09/06/2019
16 :55

[22] - <https://www.lenntech.fr/francais/data-perio/p.htm> 19/06/2019 21 :39

[23] - tableau-polluants-effets-sante. 17/06/2019 17 :20

[24] - <https://www.lenntech.fr/francais/ammonium-environnement.htm> 18/06/2019 10 :44

Annexe :

Annexe1: Tableau des normes algériennes physico-chimiques d'une eau potable.

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités Valeurs	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	PH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9.35
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur	Taux dilution	4
	Saveur	Taux dilution	4

Annexe2 : Tableau des normes OMS physico-chimiques d'une eau potable

Paramètres physico-chimiques	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Température	°C	≤ 25	≤ 25
pH	-	6.8-8.5	6.5-9
Turbidité	NTU	5	2
Oxygène dissous	mg/l	5	5
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2800	1000
TAC	°F	$\geq 2,5$	$\geq 2,5$
TH	°F	≤ 50	≤ 50
Résidu sec	mg/l après séchage	max 2000	max 1500
Sodium	mg/l	200	150
Magnésium	mg/l	150	-
Calcium	mg/l	200	-
potassium	mg/l	20	12
Sulfates	mg/l	200	200
Chlorures	mg/l	200	200
Fer total	mg/l	300	200

Annexe 3 : Tableau des normes OMS des paramètres de pollution d'une eau potable.

Paramètres de pollution	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Nitrates NO ₃	mg/l	max 50	max 50
Nitrates NO ₂	mg/l	max 0.1	max 0.1
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	max 0.5	max 0.1
Phosphate PO ₄ ³⁻	mg/l	max 0.5	Max 0.5
DCO	mg/L d'O ₂	120	/



Spectromètre à flamme (JENWAY)



Photomètre UV 440 μm



pH mètre