

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement hydro-agricole

Thème

**ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX
SOUTERRAINE :**

CAS DE LA PLAINE D' EL HADAIEK

Présenté par :

- ZITOUNI AYA
- SEBAI KHADIDJA
- NOUAR SOUHILA
- ABADI FATIMA

Membres des jurys :

Mr SAADOUNE. Aziz	(MAA)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M ^{me} BOUCENNA Nawal	(MAA)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr KHELFAOUI Hakim	(MCA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024

Résumé

L'eau est une ressource essentielle à la consommation et à la vie quotidienne. Dans cette perspective, nos travaux de recherche se sont appuyés sur l'évaluation de la qualité physique et chimique des eaux souterraines de la communauté El-Hadaiek de la province de Skikda.

Un suivi et un contrôle ont été effectués sur plusieurs échantillons d'eau prélevés dans un puits et dans un forage. L'évaluation porte sur un ensemble de tests expérimentaux, incluant un certain nombre de facteurs physiques et chimiques (température, pH, conductivité électrique, dureté, turbidité, titre d'alcalinité, calcium, sulfate, nitrite, nitrate d'ammonium ...)

Les résultats de cette étude ont montré que l'eau de puits destinée à la consommation humaine et à l'irrigation est de bonne qualité et conforme aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2003) et le journal officiel de la république algérienne (JORA 2011) et de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO 2003). L'eau de forage destinée à la consommation est de moyenne qualité physique et chimique. Le seuil de pollution dépasse les normes admissibles, car nous avons remarqué que la valeur du nitrate dépasse les normes à 69,1 mg/L. Cette valeur doit être prise en considération car sa présence indique la présence d'une pollution qui doit être traitée pour éviter les maladies ...

Selon Wilcox on constate que le forage étudié et le puits ont une eau représente un caractère bon pour l'irrigation.

Pour éviter les risques sanitaires et résoudre ces problèmes, la société des eaux et des eaux usées doit respecter des procédures strictes de stockage, de traitement et de transport de l'eau depuis le point de production jusqu'aux points de distribution et de consommation.

Mots clés : la qualité physico-chimique, les eaux souterraines, forage, Skikda, irrigation, consommation des eaux.

Abstract

Water is an essential resource for consumption and daily life. In this perspective, our research has focused on evaluating the physical and chemical quality of groundwater in the Hadaiek community of the Skikda province.

Monitoring and control were carried out on several water samples taken from a well and a borehole. The evaluation involves a set of experimental tests, including a number of physical and chemical factors (temperature, pH, electrical conductivity, hardness, turbidity, alkalinity, calcium, sulfate, nitrite, ammonium nitrate...).

The results of this study showed that well water intended for human consumption and irrigation is of good quality and meets the standards of the World Health Organization and official newspaper of the Algerian republic (JORA 2011) and the Food and Agriculture Organization (FAO 2003). The borehole water intended for consumption is of medium physical and chemical quality. The pollution threshold exceeds acceptable standards, as we noticed that the nitrate value exceeds the standards at 69.1 mg/L. This value must be taken into consideration as its presence indicates pollution that needs to be treated to avoid diseases...

According to Wilcox, the studied borehole and well water have good characteristics for irrigation.

To avoid health risks and solve these problems, the water and wastewater company must adhere to strict procedures for the storage, treatment, and transportation of water from the production point to the distribution and consumption points.

Keywords: physicochemical quality, groundwater, drilling, Skikda, irrigation water consumption.

ملخص

الماء مورد أساسي للاستهلاك والحياة اليومية. في هذا السياق، استندت أبحاثنا إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في بلدية الحدائق بولاية سكيكدة.

تمت المراقبة والتحكم في عدة عينات لمياه مأخوذة من بئر وحفر. يشمل التقييم مجموعة من الاختبارات التجريبية، بما في ذلك عدد من العوامل الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، التوصيل الكهربائي، الصلابة، العكارة، القلوية، الكالسيوم، الكبريتات، النتريت، نترات الأمونيوم...).

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مياه الآبار المخصصة للاستهلاك البشري والري ذات جودة جيدة وتلبي معايير منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية (2011) ومنظمة الأغذية والزراعة (2003). مياه الحفر المخصصة للاستهلاك ذات جودة فيزيائية وكيميائية متوسطة. يتجاوز حد التلوث المعايير المقبولة، حيث لاحظنا أن قيمة النترات تتجاوز المعايير بمقدار 69.1 ملغ/لتر. يجب أخذ هذه القيمة بعين الاعتبار لأن وجودها يشير إلى وجود تلوث يجب معالجته لتجنب الأمراض...

وفقاً لويلكوكس، فإن المياه المدروسة من الحفر والبئر تتمتع بخصائص جيدة للري.

لتجنب المخاطر الصحية وحل هذه المشاكل، يجب على شركة المياه والصرف الصحي الالتزام بإجراءات صارمة لتخزين ومعالجة ونقل المياه من نقطة الإنتاج إلى نقاط التوزيع والاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية، الحفر، سكيكدة، الري، استهلاك الماء.



2024

Remerciement

Nous remercions en premier lieu le miséricordieux, le tout-puissant, qui nous a accordé la force et la patience d'accomplir ce travail, car sans son aide, tout cela n'aurait pu être possible.

En second lieu, nous tenons à remercier notre promoteur, Madame **Boucenna Nawel**, pour ses conseils, sa compétence et ses orientations durant l'élaboration de ce projet.

Ainsi, nous exprimons notre reconnaissance à tous les membres du jury, **Mr Saadoune. Aziz** d'avoir accepté la présidence de de mon jury de mémoire, **Mr Khalfaoui. Hakim** d'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de cet ouvrage.

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, pour la réalisation de ce projet de fin d'études.





Dédicace

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné le courage et l'opportunité de réaliser cette thèse.

Je dédie cet humble travail à l'homme de ma vie, mon modèle éternel, mon soutien moral et la source de ma joie et de mon bonheur Que Dieu te garde dans ma vie, mon père, zitouni meftah.

À celle qui m'a donné la vie, symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma mère, Amara Habiba.

A mes chères sœurs :

« Rahma Meriem, Khawla Bouchra Douaa », que Dieu les protège.

À mon cher frère « Mouhamed », que Dieu vous récompense de tout le meilleur.

À mes chers oncles, tantes et tantes

A mes amis très proches.

Je leur souhaite tout le bonheur du **MONDE**.

Aya





Dédicace

Je remercie dieu pour m'avoir donné santé, courage et patience afin de m'aider à réaliser ce travail.

Je dédie ce travail A mes parents qui ont partagés avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A mon père, SEBAI SALAH (El-Hadj)

Qui n'ont pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'étude que Dieu me donne.

A ma mère, LADACIA MESSAOUDA

Qu'elle était la base de mon existence et le bonheur infini, pour l'effort qu'elle suscitée en moi.

A mes frères SALAH EDINE et ADEM

Pour leurs encouragements durant tout mon parcours.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé.

Khadidja





Dédicace

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout Puissant d'avoir atteint ce rang académique.

Je dédie cet humble travail au plus grand homme de ma vie.

Mon modèle est mon père NOUAR MAHFOUD que Dieu ait pitié de vous.

A la source de la tendresse ma chère maman HAMRAS ZOHRA.

Tout cela grâce à ma compagne et bien aimée, ma grande sœur Houda

A mes chères sœurs :

Karima, Soumia et Rimes

A un ami de tous les jours bon et mauvais mon mari Ibrahim. Merci de soutenir mon ambition.

Et en fin merci à toute ma famille et mes amies.

Souhila





Dédicace

Louange à Dieu, par qui nous n'avons réussi, ni relevés, ni excellés, sauf avec son bon plaisir, Louange à Dieu, par qui nous n'avons parcouru aucun chemin, ni surmonté aucun effort, sauf par sa grâce, et. C'est à Lui que tout le mérite est attribué.

Après un parcours académique qui a duré des années et qui a entraîné beaucoup de difficultés et de fatigues, me voici aujourd'hui sur le seuil de l'obtention de mon diplôme, récoltant les fruits de mon travail et levant mon chapeau avec fierté et gratitude.

Je dédie ma réussite et les fruits de mes efforts à celui qui a passé sa vie pour moi, et pour m'amener au sommet, à celui dont je porte le nom avec toute la fierté et la gloire de mon cher père, Abadi KameL

Et à ce cœur tendre pour celle dont les prières furent le secret de ma réussite, ma chère mère, Khochmen Souad

Et pour ceux avec qui Dieu a renforcé mon soutien, ils ont été la meilleure aide, mon frère Mohamed et ma sœur Manel et mes enfants de ma sœur Taouba et Abd elrahman et toute la famille.

Et aux compagnons des années et à tous ceux qui ont été une aide et un soutien sur ce chemin.

Fatima



Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation géographique de la wilaya de SKIKDA. (ANIREF)	3
Figure 2 Carte de situation géographique de la commune d'El hadaik (DRE)	5
Figure 3 : Carte des différents barrages dans la wilaya de Skikda	7
Figure4 : Carte des différents fourrage et puit dans la wilaya de Skikda (DRE).	10
Figure5 : la carte géologique de skikda [VILA. 1980]	16
Figure 6 : Variation des precipitation moyennes mensuelles a la station météorologique de skikda Durant 21ans (2002/2023)	18
Figure 7 : Variation des températures mensuelles moyennes maximales et minimales à la station météorologique de Skikda Durant 21ans (2002/2023)	19
Figure8 : Variation mensuelle du vent durant la période (2009-2018) (Station de météo Skikda, 2019).	20
Figure 9 : Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018) (Station de météo Skikda, 2019)	21
Figure10 : Diagrammes ombrothermique pour notre station étudiée (Skikda)	222
Figure 11 : Étage bioclimatique de la zone d'étude selon le Climagramme d'Emberger	24
Figure 12 : Situation des points de prélèvement (Google Earth modifier par Sebai. K Mai 2024).	26
Figure13 : photos de point de prélèvement au niveau de forage	27
Figure14 : photos de point de prélèvement au niveau de puit	27
Figure 15 : Thermomètre dans la zone étude	29
Figure 16 : Multi paramètre.	30
Figure17 : Turbidimètre	31
Figure18 : Oxy-mètre	32
Figure 19 : Dosage d'ammonium	33
Figure20 : Dosage de nitrite	34
Figure21 : Dosage de sulfate	35
Figure22 : Dosage de phosphate	35
Figure 23 : teste en cuve de Nitrate LCK339	36
Figure24 : L'aluminium	37
Figure 25 : Teste en cuve de manganèse	39
Figure 26 : Un Spectrophotomètre	40
Figure27 : Appareil spectrophotomètre a flamme	41
Figure 28 : Dosage de Chlorure	42
Figure 29 : calcium	44

Figure 30: Matières organique	45
Figure31 : Titre alcalimétrique.....	46
Figure32 : Titre hydrotimétrique.....	47
Figure33 : La matière en suspension.....	48
Figure34 : DCO.....	49
Figure35 : DBO5.....	50
Figure 36: Interface de logiciel diagrammes.....	51
Figure 37: Variations de teneur en couleur dans le forage et le puits et normes.....	54
Figure 38: Histogramme de la variation de la température	54
Figure 39: Histogramme de la variation de pH	55
Figure 40: Histogramme de la variation de la conductivité électrique	56
Figure 41: Histogramme de la variation de TDS	57
Figure 42: Histogramme de la variation de LA Turbidité	58
Figure 43: Histogramme de la variation de la dureté	59
Figure 44: Histogramme de la variation de la TAC	60
Figure 45: Histogramme de la variation du calcium	61
Figure 46: Histogramme de la variation du magnésium	62
Figure 47: Variations de teneur du fer dans le forage et le puits et normes.....	63
Figure 48: Variations de teneur du sodium dans le forage et le puit	64
Figure 49: Variations de teneur du potassium dans le forage et le puit	65
Figure 50: Histogramme de la variation du sulfate	66
Figure 51: Histogramme de la variation du chlorure	67
Figure 52: Histogramme de la variation du phosphate	67
Figure 53: Histogramme de la variation du HCO₃⁻	68
Figure 54: Histogramme de la variation du MO, MES	69
Figure 55: Variations de teneur en nitrate dans le forage et le puit	70
Figure 56: Variations de teneur en nitrite dans le forage et le puit	70
Figure 57: Variations de teneur en ammonium dans le forage et le puit	71
Figure 58: Variations de teneur en AL ammonium dans le forage et le puit	72
Figure 59: Variations de teneur en manganèse dans le forage et le puits	72
Figure 60: Variations de teneur en DCO dans le forage et le puit.....	73
Figure 61: Variations de teneur en DBO5 dans le forage et le puits	73
Figure 62: Variations de teneur en résidu sec dans le forage et le puits	74
Figure 63: Variations de teneur en O2 dans le forage et le puit et normes.....	75
Figure 64: variations les anions et les cations majeurs au niveau de puits pendant les trois mois de prélèvement.....	76

Figure 65: variations les anions et les cations au niveau de forage pendant les trois mois de prélèvement.	77
Figure 66: Faciès chimique des analysées des puits et de forage d’après le diagramme de PIPER	79
Figure67 : Diagramme de Riverside (pouvoir alcalinisant) pour les eaux de forage et de puits.	80
Figure6 8: Diagramme de Wilcox pour les eaux de forage et de puits.	82

Liste des tableaux

Tableau N° 0 1 : Répartition de la population par commune et densité de la population au km ²	4
Tableau N° 02 : les différents barrages dans la wilaya de Skikda.....	7
Tableau N° 03 : les différents retenues collinaires de skikda	8
Tableau N° 0 4 : les différents forages et puits de Skikda	8
Tableau N° 05 : les sources des eaux de skikda	10
Tableau N° 06 : le patrimoine sylvicole da la végétation en skikda	121
Tableau N° 07 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station météorologique de Skikda durant 21 ans (2002/2023).....	18
Tableau N° 08 : Variation des températures moyennes mensuelles a la station météorologique de Skikda Durant 21 ans (2002/2023).....	19
Tableau N° 09 : Valeur du quotient pluviothermique de la zone d'étude.....	23
Tableau N° 10 :Les coordonnées Lambert , les périodes et les informations sur le climat des sites des points de prélèvement :	25
Tableau N° 11 : Tableau montré la qualité azotée.	78
Tableau N° 12 : Interprétation des diagrammes de Wilcox et Richards.	81

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

μM : Micromètre.

$\mu\text{S /CM}$: Micro Siemens Par Centimètre.

A.N.P.E : Agence Nationale Pour La Protection De L'environnement.

AFO : Organisation Pour L'alimentation Et Agriculture

AL^{3+} : Al ammonium.

AN : Année.

C° : Degrée Celsius .

CE : Conductivité Électrique.

CL : Chlorure.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DRE : Direction des Ressources en Eau.

DSP : Direction des Services des Populations

Fe : FER.

Ha : Hectare.

HCO_3 : Bicarbonate.

HR : Humidité Relative.

K : Kilomètre.

K: Kelvin

Km^2 : Kilomètre Carré.

TM : Température Maximale.

TM : Température Minimale.

M³ : Mètre Cube.

MES : Matière En Suspension.

Mg²⁺ : Magnésium.

Mn : Manganèse.

MO : Matière Organique.

N° : Nombre.

NH₄⁺: Ammonium.

NO₂: Nitrate.

NO₃: Nitrite.

NTU : Unités Néphélométrie De Turbidité.

OD : Oxygène Dissous.

OMS : Organisation Mondiale De La Sante.

P : Pluviométrie.

pH : potentielle Hydrogène.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Taux du Sel Dissous.

TH : Titre Hydrométrique.

Sommaire

Résumé

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I Contexte Générale	3
I. CONTEXTE GÉNÉRAL:.....	3
I.1 Situation géographique:	3
I .2 Situation démographique:	4
I .2 .1. Population de la wilaya (2020):	4
I .3 Situation géographique commune d’El hadaik	5
I .4 HYDROLOGIE DE LA ZONE D’étude :	6
I .4 .1 Hydrographie de la wilaya de Skikda :	6
I .4 .2 Les ressources en eau superficielles:.....	6
1.4.2.1 Les barrages:.....	6
1.4.2.2 les oueds :.....	8
1.4.2.3_les retenues collinaires:.....	8
1.4.3 les recources en eau souterraines:.....	8
1.4.3 .1 les sources:	10
I .5 La Végétation:.....	12
I .6 Géologie régionale:	13
I .6.1 Le socle kabyle:.....	13
I .6 .2 La dorsale kabyle	13
I .6.3 Le domaine des flyschs	14
I .6 .4 Les séries telliennes Du Nord au Sud, on distingue:.....	15
I .6 .5 L’Oligo miocène Kabyle.....	15
I .6 .6 Les roches éruptives	15
I .6.7 Le Quaternaire.....	15
I .7 le Climat:.....	17
I .7.1 Les éléments du climat :.....	17

I .7. 1 .1. Les precipitations:	17
I .7 .1. 2 la temperature:	18
I .7 .1 .3 Le Vent:	20
I .7 .1 .4 Humidité relative (HR):.....	21
I .7 .2 Les indices climatiques :	21
7.2.1. Indice de Bagnouls et Gaussen (1953)	21
7.2. 2. Indice d'Emberger (1932).....	22
Chapitre II Matériels et Méthodes.....	27
II.1.Paramètres analysées pour les eaux souterraines d'Elhadaik -Skikda.....	25
II.1.1.situation des points de prélèvement :	25
II.1.2.mode d'échantillonnage :.....	28
II.1.3. Conservation des échantillons :.....	28
II.2.Technique d'analyses physico-chimique :	28
II.2.1.Les paramètre physique :	29
II.2.2. Les paramètres chimique :	31
II.3.Logiciel Diagrammes :.....	51
II.3.1 Les diagrammes	51
Chapitre III Résultats et discussions	53
III.1.Vérification de la fiabilité des données :	53
1.1. Balance ionique :.....	53
III.2. Présentation graphique des paramètres physico-chimique :.....	54
1. La couleur :.....	54
2. La température :.....	54
3. Potentiel hydrogène pH :	55
4. La conductivité électrique :	56
5. Le TDS :	57
6. LA Turbidité :.....	58
7. La dureté :.....	59
8. Le titre alcalimétrique (alcalinité) :	59
8.1. Le Titre alcalimétrique simple (alcalinité simple TA) :	60
8.2. Titre alcalimétrique complet (alcalinité complète TAC) :	60
9. LES CATIONS :	61
9.1. Le calcium (Ca ²⁺) :	60
9.2. Le magnésium (Mg ²⁺) :.....	61

9.3. Le Fer :	62
9.4. Le sodium :	64
9.5. Le potassium :	65
10. Les anions :	66
10.1. Le sulfate (SO_4^{-2}) :	66
10.2. Le chlorure (CL^-) :	66
10.3. Le phosphate (po_4) :	67
10.4. Le bicarbonate (HCO_3) :	68
11. Les éléments polluants :	69
1. Les matières organiques MO et les matières en suspension MES :	69
2. Le nitrate :	69
3. Le nitrite :	70
4. L'ammonium :	71
5. AL ammonium :	72
6. Le manganèse :	72
7. La demande chimique en oxygène DCO :	73
8. La demande biologique chimique en oxygène DBO_5 :	73
12. Le résidu sec :	74
13. L'oxygène dessous :	75
III.3. Présentation graphique des cations et des anions majeurs :	76
3.1. Les cations et les anions majeurs du puit :	76
3.2. Les cations et les anions du forage :	77
III. 4. Les paramètre de la qualité des eaux :	78
III.5. Les principaux faciès chimiques :	78
5.1. Classification des eaux selon le diagramme de PIPER :	79
III.6. Études de l'aptitude des eaux à l'irrigation :	80
6.1 Classification de l'eau d'irrigation selon le diagramme de Riverside :	80
6.2. Classification de l'eau d'irrigation selon WILCOX (1948) :	81
Conclusion générale :	53
Références bibliographiques	86

Introduction Générale



Introduction générale

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours (usage domestique, loisirs). L'accès durable aux ressources en eau et une préoccupation majeure partagée par tous les pays du bassin méditerranéen surtout l'Algérie car c'est un pays aride et semi-aride.

La situation de l'eau en Algérie est complexe et a connu des défis ces dernières années bien qu'il possède de nombreuses ressources en eau naturelles diverse et importantes réparties en ressources renouvelables et non renouvelables, notamment les rivières, les lacs, les barrages, les forages, les puits, les sources.

SKIKDA est une ville située au nord-est de l'Algérie sur le long de 140 kilomètres de la bande côtière algérienne, elle se caractérise par la présence des eaux de surface comme les lacs et les rivières et les eaux souterraines notamment les forges et les sources, parmi lesquels : forage de Zenet dans le domaine des jardins de "Hadaiek", qui est considérée comme l'une des plus grandes sources existantes qui ont récemment été exposées à une terrible pollution due aux fuites chimiques et biologiques et industrielle.

L'analyse chimique et physique de l'eau est un processus de base nécessaire pour déterminer la qualité et la sécurité de l'eau à diverses fins telle que la boisson, l'arrosage et l'utilisation quotidienne et pour éviter toutes sortes de maladies. Étant donné que ce sujet est l'un des sujets nationaux et mondiaux les plus importants, il comprend de nombreuses études en matière de facteurs, d'indicateurs, de rapports et d'informations, que nous avons utilisé pour étudier cette source souterraine.

L'objectif des analyses physiques et chimiques de l'eau de l'eau « Zenet » dans la région de Skikda est d'évaluer la qualité et la composition chimique de l'eau et d'identifier les contaminants potentiels, les résultats peuvent être utilisés pour surveiller l'état de l'environnement et pour prendre les mesures appropriées pour assurer la salubrité de l'eau et de protéger la santé humaine et l'écosystème local.

Pour aboutir à une meilleure présentation de notre travail ; nous avons divisé le mémoire en trois chapitres :

- ✓ Dans le premier chapitre ; nous présentons le contexte géographique, géologique et hydrogéologique de la zone d'étude.
- ✓ Le deuxième chapitre ; consacré la méthodologie de travail et l'analyse des eaux
- ✓ Dans le dernier chapitre nous exposons les résultats d'analyses des paramètres physico-chimique obtenus et leur interprétation.
- ✓ Nous finirons de donner une conclusion et perspective.

Chapitre I

Contexte Générale



I. CONTEXTE GÉNÉRAL:

I.1 Situation géographique:

La wilaya de Skikda est située dans la partie nord-est du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4137.68 km² (**DRU2020**), Il a une bande côtière d'une longueur de 140 km, s'étendant de Marsa à l'est jusqu'à Wadi Al-Zoha dans les profondeurs de la chaîne de montagnes Qual à l'ouest et est limitée :

- ✓ Au nord, par la mer Méditerranée
- ✓ A l'est, par la wilaya d'Annaba.
- ✓ Au sud, par les wilayas de Constantine, Mila et Guelma
- ✓ A l'Ouest la Wilaya de Jijel et Mila.

Le chef-lieu de la wilaya est situé à 510 km à l'Ouest de la capitale, Alger.
L'altitude par rapport au niveau de la mer :24m. (**ANIREF**)

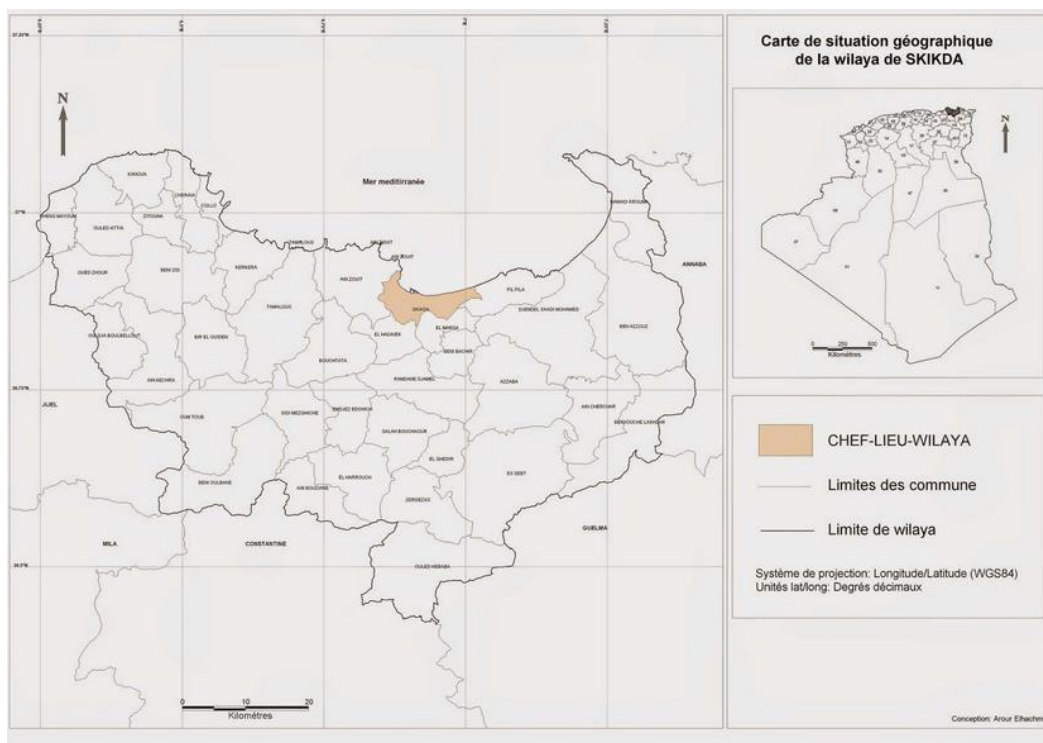


Figure 1 : Carte de situation géographique de la wilaya de SKIKDA. (ANIREF)

I.2 Situation démographique:

I.2 1. Population de la wilaya (2020): La population de la wilaya est estimée à 1 115 380 habitants en 2020. (Source: DPSB/DSP)

Tableau N° 0 1 : Répartition de la population par commune et densité de la population au km².

COMMUNE	POPULATION TOTAL	SUPERFICE (km ²)	Densité habitant/KM ²
Skikda	202567	52	3896
Hamadi karouma	37673	31	1214
Fil fila	35901	65	552
El hadaiek	22288	48	464
Bouchtata	11415	112	102
Ain –zouit	2444	108	23
Ramdane Djamel	36466	144	253
Beni bechir	11932	42	284
Collo	44178	24	1841
Beni zid	25622	139	184
Chraia	23225	66	352
Zitouna	10342	34	304
Kanoua	8658	68	127
Ouled attia	13437	104	129
Khenak Moyune	5676	47	121
Oued zhour	8351	88	95
Azzaba	70468	178	396
Djendel	10714	212	51
Ain cherchar	19463	102	191
Es-sebt	18902	244	77
El ghdir	7989	46	174
Ben azzouz	36102	239	151
Bekouche lakhder	18791	150	125
La marsa	7422	112	66
El harouche	60654	96	632
Salh bouchaour	36851	96	384
Mjezedchich	24855	77	323
Zardaza	15546	102	152
Ouled harbe	10363	199	52
Sidi mezghiche	31686	95	334
Beni oulbene	31039	162	192
Ain bouziane	11872	76	156
Tamalous	63467	178	357
Bin el ouidene	26775	104	271
Kerker	33648	86	391
Ain kachra	30423	143	213
Bin elouidene	26775	104	271
Oum toub	42658	179	283

(ANIREF 2020)

Quant au taux de croissance de la population recensée de 2008 à fin 2020, il est de 1,17%.

- Le nombre de population attendue pour l'année 2024 est ici:
- ✓ 115 380: Population de la wilaya en 2020.
- ✓ 1,17%: la croissance de la population recensée de 2008 à fin 2020.

$$= 115\,380 * (1 + 0.0117)^4$$

120802.86 habitants en 2024

I.3 Situation géographique commune d'El Hadaik

El Hadaik située géographiquement au Nord la wilaya de Skikda. Elle est bordée par la commune de Skikda au nord-est et Ain Zouit au nord-ouest. Au sud, elle est bordée par les communes de Ramadan Djamel et Amjaz Al-Dashish, à l'Est la commune de Hamadi Krouma, à l'Ouest la commune de Bouchtata. C'est une municipalité d'environ 15 000 habitants sa surface globale est de 271,75 km².



Figure 2 Carte de situation géographique de la commune d'El Hadaik (DRE)

I.4 Hydrologie de la zone d'étude :**I.4.1 Hydrographie de la wilaya de Skikda :**

Le réseau hydraulique de la wilaya, particulièrement dense, est dû à l'humidité du climat, à la pente et à la présence de terrains de faible perméabilité, ce qui favorise le ruissellement au détriment de l'infiltration. Les potentialités hydrauliques de la wilaya sont constituées de deux (02) types de ressources en eau; superficielles, souterraines.

I.4.2 Les ressources en eau superficielles:**1.4.2.1 Les barrages:**

La wilaya de Skikda compte quatre des grands barrages de capacité totale 290.667 hm³ on trouve:

❖ Barrage de Zerdazas:

Situé dans la commune de Zerdazas cet ouvrage alimente en eau potable des centre de zerdazas, el-Harrouch, Ain Bouziane et Medjez Edchich et alimente en eau d'irrigation périmètre d'irrigation du saf saf (secteur el-Harrouch)

❖ Guenitra:

Situé dans la commune de oum tounb il satisfait les besoins en eau potable de Skikda et sa zone industrielle,sidi mezghiche,oum toub,tamalous,Béni oulbane ,ben el ouidene, aïn kechera et oueldja boubaloût il assure l'irrigation de la plaine de Safsaf.

❖ Béni zid :

Situé dans la commune de Béni zid il assure alimentation en eau potable de collo, Béni zid, cheraia ,kerkra et assure périmètre d'irrigation de Béni zid (réalisation en cours).

❖ Zit emba:

Situé dans la commune de bekkouche lakhdar il assure alimentation en eau potable des centre de azaba ,ain charchar,djendel et es_sabt et assure périmètre d'Irrigation de zit emba. **(DRE SKIKDA)**

Tableau N° 02 : les différents barrages dans la wilaya de Skikda

Barrage	Commune	Capacité initial (hm 3)	Volume régulariser (hm3)
ZerdazaS	ZerdazaS	32	18
GUENTIRA	Oum toub	125	48
ZIE EMBA	Bekkouche lakhder	120	43,4
Béni zid	Béni zid	40	20

(DRE SIKKDA2022)



Figure 3 : Carte des différents barrages dans la wilaya de Skikda

(DRE skikda 2022)

1.4.2.2 les oueds :

La région d'étude (Skikda) possède une grands oueds repartis sur toute sa surface d'Est en ouest (Kebir Ouest,Zeramna, Safsaf,guebli, bougaroun fil-fila) (**ANIREF**)

1.4.2.3_les retenues collinaires:

Les retenues collinaires de la wilaya de Skikda son essentiellement destinées à L'irrigation, elles sont au nombre de 13 retenues.

Tableau N° 03 : les déférents retenues collinaires de skikda

Commune	Nombre de retenue
BOUCHETATA	1
REMDAN DJAMAEL	1
AIN VHERCHAR	2
DJENDEL	1
BEN AZZOUZ	3
E-ADCHICH	5

(DRE SKIKDA 2022)

1.4.3 les ressources en eau souterraines:

Les ressources en eaux souterraines (forages et puits) dont le volume est estimé à 87115 Hm3 se localisent dans les nappes alluviales des oueds de la wilaya (le Kébir, l'oued Saf-Saf, le Guebli, le Bibi côtier, le Fil-Fila et le côtier de bougaroun il ya 119 d'un fourrages et puits. (**DRE SKIKDA**)

Tableau N° 0 4 : les déférents forages et puits de Skikda

COMMUNE	NOMBRE DE FORAGE ET PUIT
SKIKDA	1
H-KROUMA	2
FIL-FILA	10
EL HADAIEK	2
BOUCHTATA	2
AIN ZOUIT	8
RAMDAN DJAMEL	9
BÉNI BECHIR	6
COLLO	3

CHERAIA	2
KANOUA	1
OUED Z' HOUR	1
AZZABA	11
AIN CHERCHAR	4
DJENDEL	4
ESSABT	6
BEN AZZOUZ	14
BEKKOUCHE LAKHDER	8
EL MARSA	6
SALAH BOUCHAOUR	8
E-DCHICH	3
SIDI MEZGHICH	1
TAMALOUS	4
KERKRA	2
BENI EL OUIDEN	1

(DRE SKIKDA 2022)



Figure 4: Carte des différents forage et puits dans la wilaya de Skikda (DRE).

1.4.3 .1 les sources:

Les sources sont au nombre de 201 dont la plus parts est captée assurant l’alimentation en eau potable des mêmes communes ou elles se trouvent avec des débits qui dépassent parfois 10 l/s, le débit total capté dans toute la wilaya est de 193.6 l/s. Le plus grand nombre de source se trouve dans la Daira de Oum toub 37.

Tableau N° 05: les sources des eaux de Skikda .

Commune	Nombre de source
Aine zouit	2
Fil-fila	2
Bouchetata	3

Béni zide	4
Cheraia	11
Kanoua	17
Zitouna	7
Ouled attia	12
k-mayoun	5
Oued z'hour	7
Azzaba	1
Ain charchar	1
El ghedir	1
Essabt	1
Bekkoch lakhder	3
El marsa	1
El harouch	1
Zerdaza	1
Ouled habeba	4
Sidi mezghiche	8
Beni oilbane	14
Ain bouziane	12
Tamalous	5
Kerkra	11
Beeni el ouiden	12
Ani kechra	10
O/boulebalout	6
Oum toub	37

(DRE SKIKDA 2022)

Il y'a des forages et des puits dans la zone d'étude (El Hadaiek), notamment:

Le forage (Zenet): est situé au Zenet dans el hadaiek le quartier du défunt moudjahid Bouguergour Miloud réaliser en 2009 Par forage rotatif à profondeur 33m et utiliser à l'alimentation centre El Hadaeik en eau potable.

❖ **Le puits (T'mar):** est situé dans T'mar de la commune el hadaiek. Il a été construit en 2003 à une profondeur de 35 mètres. Le niveau d'eau y est de 423 cm et monte en fonction du niveau d'oued (oued Zaramna). Le puits est utilisé pour l'irrigation et la boisson, car il fournit de l'eau potable à mechtas t'mar. L'eau est stérilisée par le chlorure.

I.5 La Végétation:

Avec une superficie totale de 411800 ha; la wilaya de Skikda possède un patrimoine forestier évalué à 198 409 ha soit un taux de boisement de l'ordre de 48%.

Ce patrimoine sylvicole est constitué de 127 930 ha de forêts et de 70479 ha de maquis dont la répartition par essence est la suivante :

A) Répartition du patrimoine sylvicole:

Tableau N° 06: le patrimoine sylvicole da la végétation en Skikda

Désignation	Superficie (ha)	Taux (%)
Chêne liege	62 832	77
Pin maritime	5431	7
Eucalyptus	1 900	2
Chêne liège -pin maritime	5864	7
Chêne liège - chêne zene	166	3
Autre (aulne)	170	4
Total	76 363	100

(ANIREF 2020)

b) Répartition de la superficie forestière:

La plus importante couverture sylvicole se situe au niveau du massif de Collo (**52%** du couvert forestier de la Wilaya) et dans une moindre mesure dans la région d'Azzaba (**27%** de la superficie forestière totale). Quant à l'exploitation du potentiel forestier de la wilaya, elle est dans une grande proportion concentrée au niveau du massif de Collo et a eu pour productions les suivantes:

C) Production forestière :

- Récolte de liège **14.000 (qx)**
- Bois d'œuvre **775,7 (m3)**
- Bois d'industrie **1.314 (m3)** (ANIREF)

I.6 Géologie régionale:

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique et physico-chimique des eaux. Cette analyse permet d'identifier les matériaux (minéraux) et les structures des formations susceptibles de conduire l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère. La région de Skikda se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrebides. Il s'étend entre le massif des Babors à l'ouest et le massif de l'Edough à l'Est sur plus de 150 kilomètres le long du littoral. D'après Villa (1980), on distingue du nord vers le sud les quatre grandes unités structurales suivantes (**Fig.5.**)

I.6.1 Le socle kabyle:

Substratum surtout en roches métamorphiques et en degré moindre sédimentaires. Largement représenté dans la région de Collo, il comporte selon Bouillin, trois ensembles superposés: deux sont métamorphiques et le dernier sédimentaire :

- Ensemble inférieur métamorphique : constitué de Gneiss avec des intercalations de marbre et d'amphibolites ainsi que de le pinnites.
- Ensemble supérieur métamorphique : constitué de phyllades et de schistes avec de nombreux quartz d'exsudation à la base.
- Troisième ensemble: principalement sédimentaire (ou peu métamorphisé) est constitué à la base de grauwaks, de spilites, d'amphiboles, de schistes et de pélite au sommet, des calcaires puis des schistes et pélites gris verdâtres avec des débris de quartz. Par ailleurs le socle Kabyle a été charrié sur les terrains Mésozoïques et Cénozoïques.

I.6.2 La dorsale kabyle

Chaîne calcaire constitue la couverture. Étudiée surtout par J.F. Raoult et J.M. Vila, elle comporte trois sous zones et marque par sa physionomie et ces reliefs la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes plus externes au Sud. D'autre part elle est caractérisée surtout par des formations carbonatées ayant un âge allant du Permo-Trias à l'Oligocène. La chaîne calcaire n'affleure pas dans la Kabylie de Collo.

❖ Chaîne calcaire interne

Elle est globalement caractérisée par des formations qui sont :

- des grés.
- des carbonates.
- des marno-calcaire.

- des calcaires sableux.
- des carbonates.

❖ Chaîne calcaire médiane

Elle est constituée par les formations suivantes :

- Des argiles, des pélites et des grés.
- Des calcaires fin ou graveleux.
- Des calcaires blancs.
- Des marno-calcaires rouges et des marnes jaunes.
- Des calcaires fins et des marnes.
- Des marnes argileuses.

❖ Chaîne calcaire externe

Elle est constituée par les formations suivantes :

- Des argiles, des pélites et des grés.
- Des dolomies béchiques.

❖ des calcaires massifs

- Des calcaires à silex.
- Des conglomérats à la base et des marnes au sommet.

I.6.3 Le domaine des flyschs

Les flyschs sont caractérisés par des formations abyssales mises en place par des courants de turbidités. On reconnaît trois types principaux : flysch :

- **Flysch Mauritanien** : observable sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss, riche de grés, et laisse la place au bassin de Sidi Mezghiche, creusé essentiellement dans les roches tendres. La série est caractérisée par l'alternance des bancs argileux, calcaires et gréseux.

- **Flysch Massilien** : la série s'étend essentiellement sur le versant Nord du Djebel Sidi Dris et au col du Kantour, elle présente une part importante de marnes et d'argiles ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissement et de ravinement.

- **Flysch numidien** : il existe à Sidi Mezghich où le phénomène de glissement et de ravinement est spectaculaire, nous rencontrons des alternances des roches dures et roches tendres.

I.6. 4 Les séries telliennes Du Nord au Sud, on distingue:

- **Séries ultra telliennes** : se caractérisent par un faciès essentiellement marneux clair avec quelques bancs de calcaire (Delgua1969).
- **Les séries telliennes (sens strict)** : ces séries présentent des variations de faciès dans le temps. Jurassique plus marneux et Crétacé détritique devient marneux à argilo-calcaire. L'Eocène se caractérise par des marnes.
- **Les séries péni-telliennes** : affleurent toujours au sud du Tell oriental Algérien Leur faciès très carbonaté.

I.6 .5 L'Oligo miocène Kabyle

C'est une série sédimentaire qui affleure dans toute la Kabylie de Collo et la région de Skikda.

I.6. 6 Les roches éruptives

La partie orientale de la petite Kabylie est caractérisée par un important magmatisme Miocène qui a engendré d'importantes masses de granite (granite Bougaroun, de Beni Touffout et de Fil fila) et microgranite (environ de Collo) ainsi que des coulées et injections de laves acides (région de Collo). Les roches éruptives microgrenues sont visibles essentiellement dans les environs du petit port de Collo et à l'Ouest du bassin de Tamalous se sont en général des microgranites monolithiques et des micro granodiorites, elles sont donc plus récentes que les terrains sédimentaires marins.

I.6.7 Le Quaternaire

Dans la zone d'étude le quaternaire est représenté par les alluvions et les dunes anciennes. Les alluvions se composent de trois types différents : des alluvions actuelles représentées par des sables, des limons formant le lit moyen de l'oued Safsaf et celui de Zeramna, alluvions moyennes constituées de limons et de galets et enfin des alluvions anciennes d'âge pléistocène ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés à des épaisseurs de 20 m.

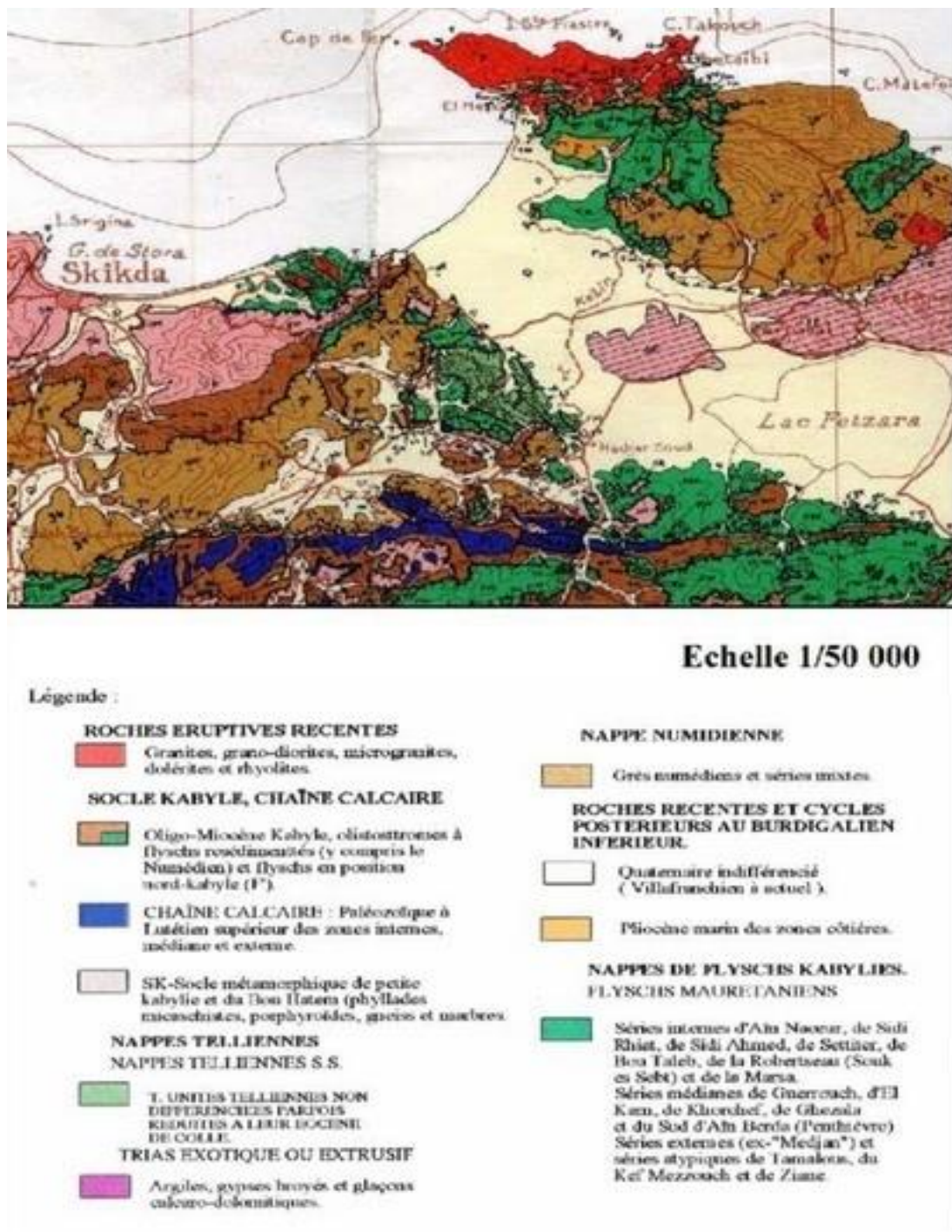


Figure 5: la carte géologique de Skikda [VILA. 1980]

I.7. Le Climat:

Le climat est la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée. L'étude du climat est la climatologie. Elle se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps dans l'atmosphère à court terme et dans des zones ponctuelles.

La wilaya de Skikda se caractérise par un climat méditerranéen chaud et sec en été et doux et pluvieux en hiver (A.N.P.E., 1994). Elle appartient aux domain

Bioclimatiques humides et subhumides à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur. L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'Est et au Sud. Le domaine subhumide prévaut sur les 4/5ème du territoire de la wilaya. (O.N.M.2012)

I.7.1. Les éléments du climat :

L'étude des données climatiques brutes (2002-2023).

Les principaux éléments sont :

I.7.1.1. Les précipitations:

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. (cours: n 5 les facteur climatique) .

. Toute étude climatologique nécessite une analyse de précipitation, car la pluie est évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques puisqu'elle constitue la matière première des débits des cours d'eaux et conditionne l'écoulement saisonnier.

Les précipitations annuelles enregistrées oscillent entre 600 et 800 millimètres par an, et la précipitation moyenne total annuelle pendant la période étudié (2002-2023) est de l'ordre de 678.9mm ; juillet est le mois le plus sec avec une précipitation de l'ordre de (4.3 mm) par contre décembre est le mois le plus humide avec une précipitation de l'ordre de (104.5mm) .

La région de Skikda classée comme l'une des régions les plus arrosée du nord Algérie.

Tableau N° 07: Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station météorologique de Skikda durant 21 ans (2002/2023)

Mois	Janv	fev	mars	Avr	mai	Juin	Juil	aout	sept	oct	Nov	Dec	tot
Pr	100.9	75.1	73.7	45.8	34.8	11.5	4.3	12.7	35.6	70.0	110.2	104.5	678.9

Les données climatique: 2002-2023

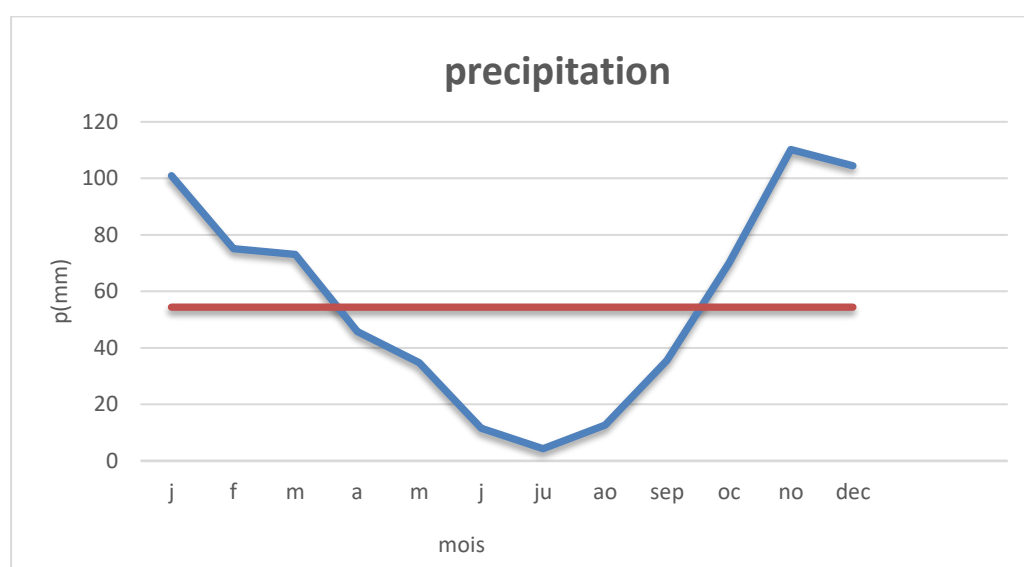


Figure 6: Variation des precipitation moyennes mensuelles a la station météorologique de skikda Durant 21ans (2002/2023)

I.7 .1. 2 la temperature:

la temperature C'est un facteur très important régissant les phénomènes climatiques et par la même occasion intervient dans de nombreux calculs d'évapotranspiration. (Saadali Riad 2007)

Les données des températures observées pendant 21 années (2002-2023) à la station de Skikda (tableau N:07) font ressortir que les températures moyennes minimales (9°C) sont enregistrées au mois de fevrier , tandis que les températures moyennes maximales

s’observent au mois d’Août (29 °C). La température moyenne annuelle est de l’ordre de (20) °C.

Tableau N° 08 : Variation des températures moyennes mensuelles a la station météorologique de Skikda Durant 21ans (2002/2023)

	j	F	m	a	J	ju	a	s	o	n	D	M
Min(c°)	9.4	9	11.2	12.1	19.5	21.7	22.3	20.2	17.0	13.7	9.7	15.65
max(c°)	16.9	16.2	19.	18.9	27.0	28.5	29.0	27.2	23.3	21.5	16.4	22.6
Moyne(c°)	13.2	13.3	15.1	17.2	23.3	26.4	26.9	24.9	22	17.6	14.5	20.05
Les données climatique :2002-2023												

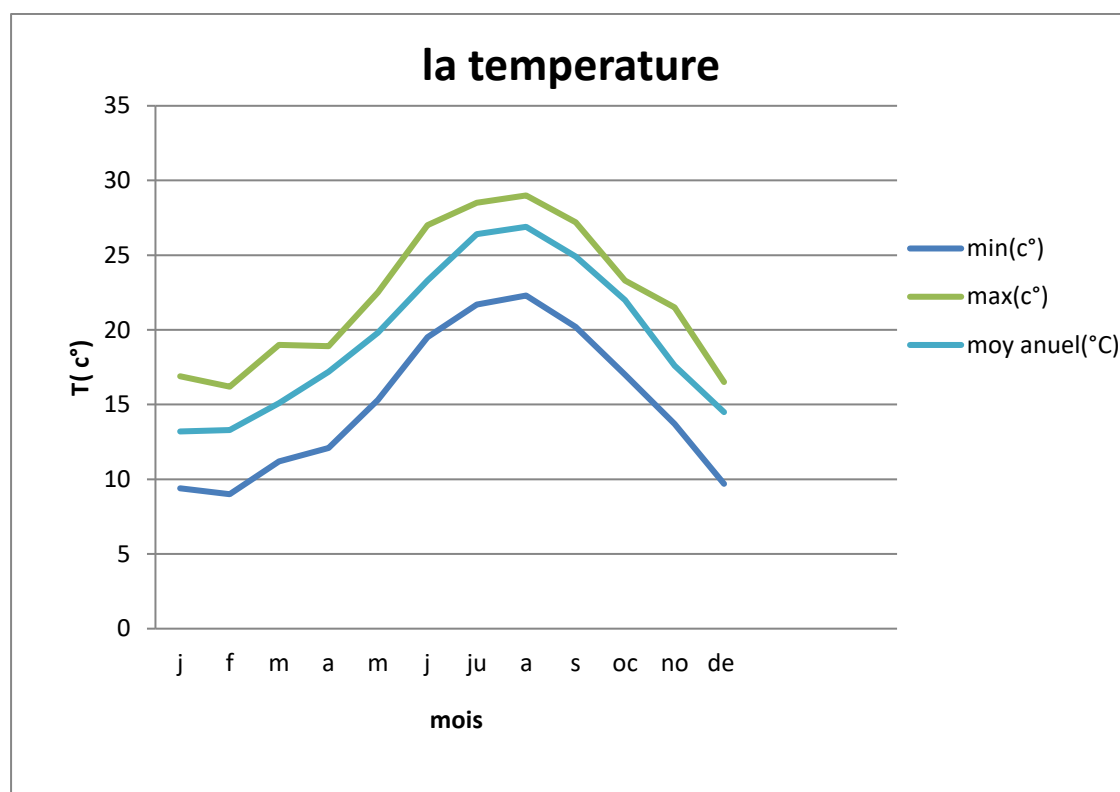


Figure 7 : Variation des températures mensuelles moyennes maximales et minimales à la station météorologique de Skikda Durant 21ans (2002/2023)

I.7.1.3 Le Vent:

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat ; malheureusement les données concernant ce facteur sont rares pour ne pas dire inexistantes dans la plupart des cas.

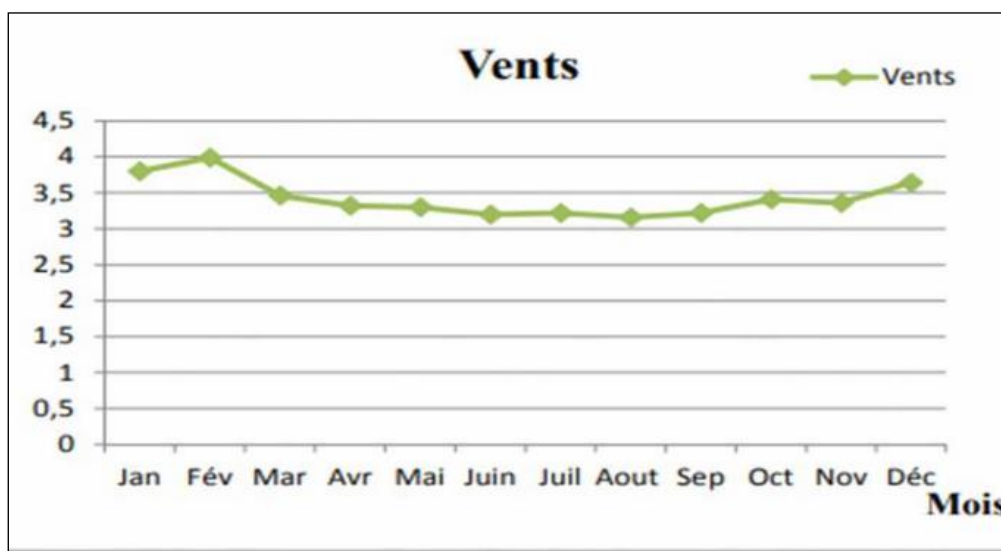


Figure 8: Variation mensuelle du vent durant la période (2009-2018) (Station de météo Skikda, 2019).

La zone littorale de Skikda, est particulièrement soumise à des vents très violents dont la vitesse peut atteindre les 130 km/h en entraînant de multiples dommages tant sur la terre que sur la mer. La direction des vents est Sud-Ouest à Sud-Est (**Touati et al, 2004**). Les vents d'Ouest sont les plus fréquents en hiver.

La vitesse moyenne maximale des vents a été enregistrée durant le mois de février avec une valeur de 4,11m/s et une vitesse moyenne minimale enregistré durant le mois de Août .

I.7.1.4 Humidité relative (HR):

L'humidité est un facteur plus important pour caractériser un climat, sa valeur dépend principalement de la température de l'air ainsi que des caractéristiques hygrométriques des masses d'air. HR représente le rapport exprimé en pour-cent (%) de la tension de vapeur d'eau observée à la tension de vapeur de saturation pour une température donnée. Donc L'air humide est le mélange de deux gaz : l'air sec et la vapeur d'eau (Frédéric ,2010).

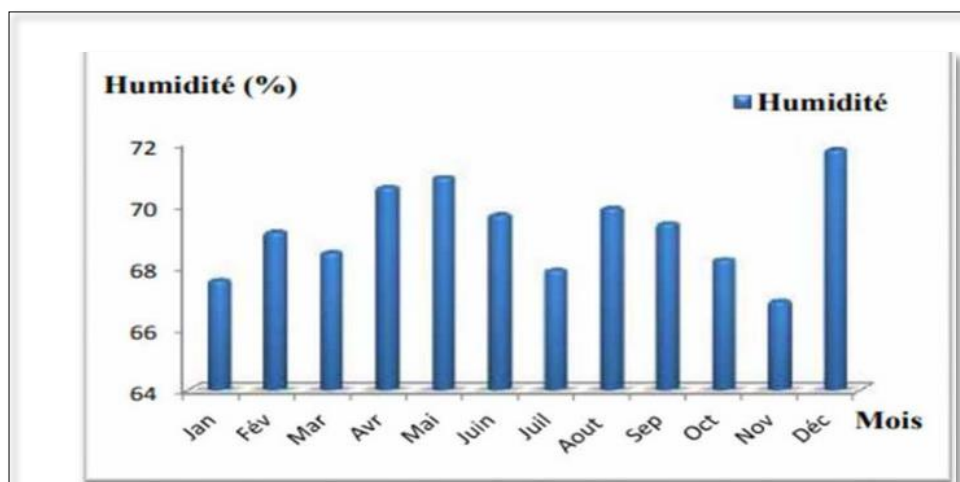


Figure 9 : Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018) (Station de météo Skikda, 2019)

La figure I.9 montre d'une humidité élevée pendant toute l'année. La valeur la plus élevée est pendant le mois de décembre avec 71,77% et la valeur la plus moins est observer pendant le mois de novembre avec 66,88%.

I.7.2 Les indices climatiques :

7. 2. 1 Indice de Bagnouls et Gausсен (1953) et diagramme ombrothermique

Ombrothermique établi par BAGNOULS et GAUSSEN (1953), a nous permet de dégager une période. il s'agit d' un Outil graphique qui consiste à confronter deux paramètres majeurs du climat, la température et les précipitations. Le graphique se présente sous la forme d'une abscisse avec les 12 mois de l'année et une double ordonnée avec d'une part les précipitations totales du mois en millimètres et les températures moyennes du mois exprimées en degrés Celsius. Courbe de Bagnouls et Gausсен **T:2P**

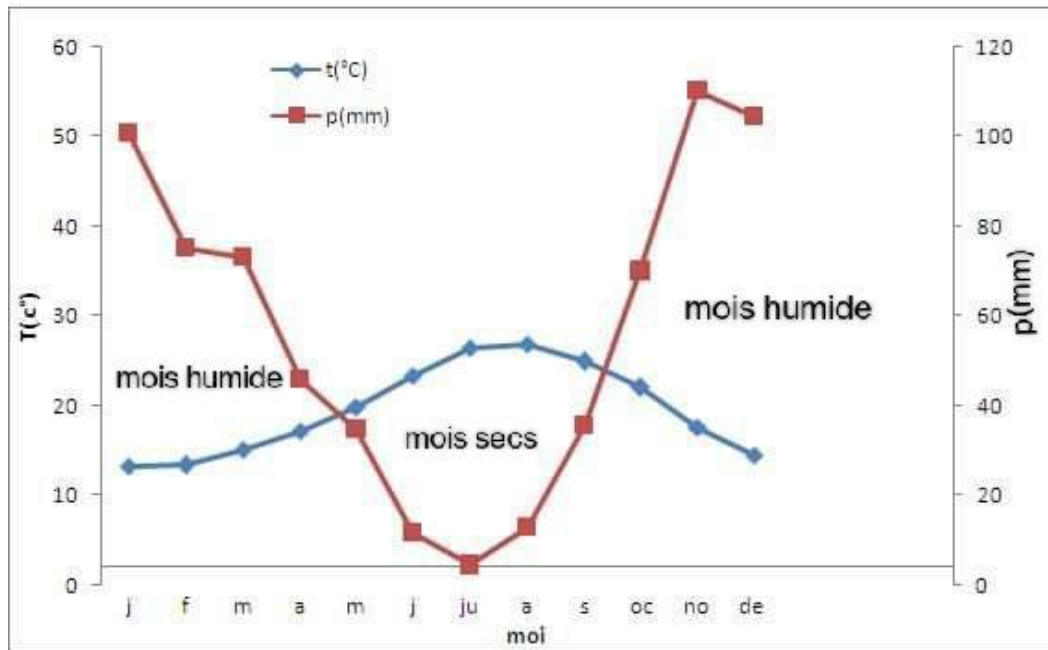


Figure 10: Diagrammes ombrothermique pour notre station étudiée (Skikda)

L’analyse des diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques Figure 10 permet de visualiser une période sèche d’environ 5 mois de la fin d’ mars jusqu’à la mi – septembre montre une période humide s’étale de mois de octobre jusqu’à le mois mars.

7.2.2 L’indice d’Emberger (1932)

L’indice pluviothermique (Q2) d’Emberger, qui fait intervenir la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M), la moyenne des minima du mois le plus froid (m), et la moyenne des précipitations annuelles (P), permet de déterminer l’étage bioclimatique d’une région donnée et de la situer dans le climagramme d’emberger. Cet indice pluviothermique est une synthèse des précipitations et des températures.

Plus le climat est sec, plus le Q2 est faible, ainsi à chaque station, on peut associer deux grandeurs Q2 et m, et les représenter par un point sur un plan à deux axes, à la répartition géographique des stations, on lui substitue une répartition climatique.

(Emberger, 1955 in Ben aissa 2014)

Le Q2 se calcule comme suit :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Où :

- **Q2**: Coefficient pluviothermique
- **P** : Précipitation moyenne ann
- **M** : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, en **K**.
- **m** : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en **K**
- **(M-m)** : Amplitude thermique extrême en **K**.
- **T**: $K=t^{\circ}C+273,15$ ou **K**: kelvin

Pour la zone d'étude

$P=678.9$ mm

$M= 29+273,15=302.15$ K

$m= 9+273,15=282.15$ K

$Q2=115.41$

Tableau N° 0 9: Valeur du quotient pluviothermique de la zone d'étude

Sit	T(°C)		P(mm/an)	Q2	Bioclimats
	M(°C)	m(°C)			
Skikda	29	9	678.9	115.41	Sub humid chaud

m, moyenne des minima du mois le plus froid en °C ; **M**, moyenne des maxima du mis le plus chaud en °C ; **P**, pluviométrie en mm/an ; **Q2**, quotient pluviothermique d'Emberger.

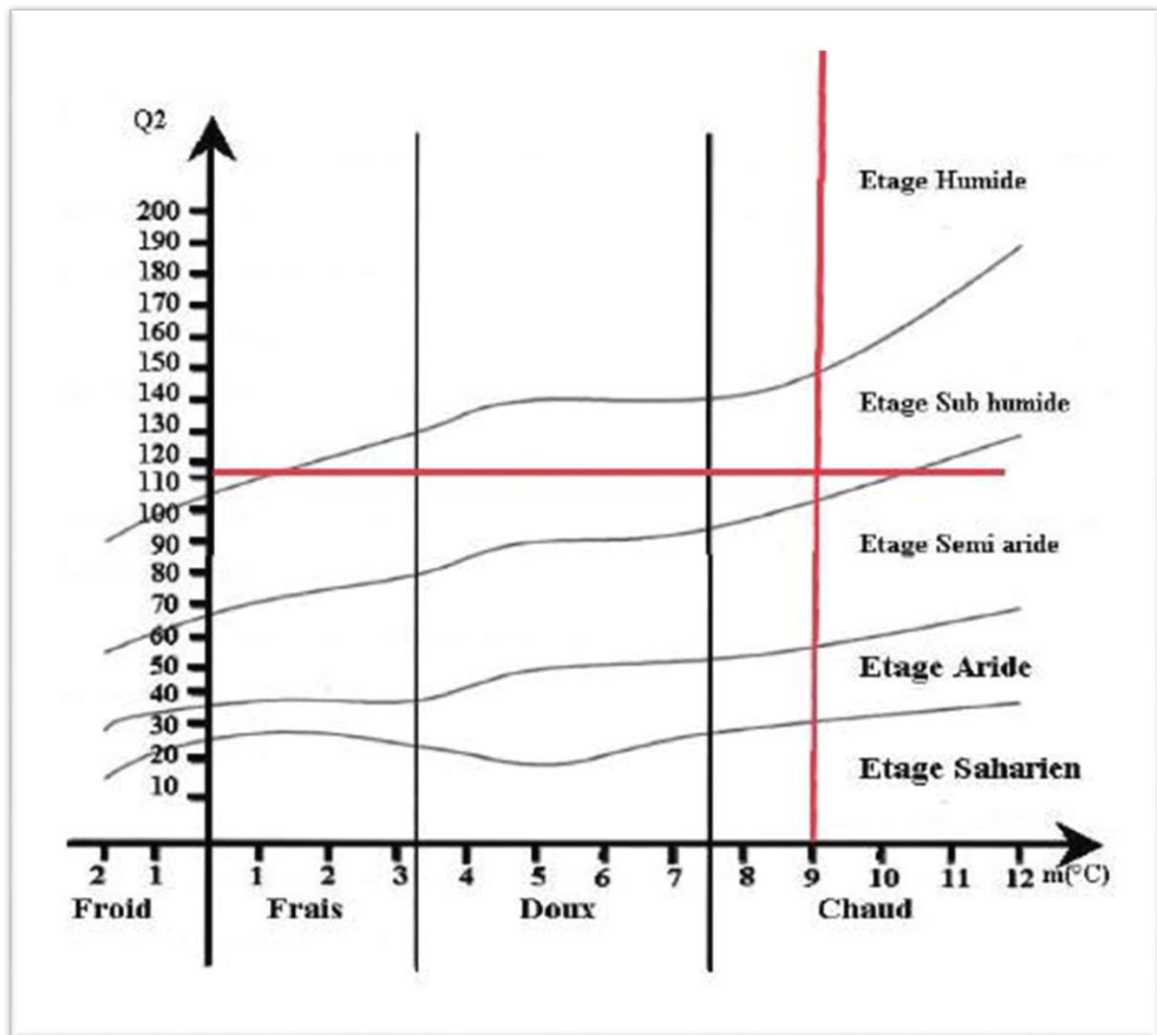


Figure 11 : Étage bioclimatique de la zone d'étude selon le Climagramme d'Emberger

D'après la figure 11, le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen continent al sub humide, à chaud avec un quotient pluviométrique égal à 115.41 (Tableau 09).

Chapitre II

Méthodes et Matériels



La qualité et la sécurité de l'être humain et de l'environnement dépendent de l'état chimique des eaux souterraines.

L'hydrochimie est un ensemble d'effets physiques, chimiques et biologiques qui interviennent de manière significative dans plusieurs domaines tels que la santé, la réduction de la pollution, l'industrie et le traitement de l'eau

Pour atteindre cet objectif. Nous devons traiter des méthodes d'analyse physique et chimique pour obtenir des résultats qui montrent la bonne qualité ou la mauvaise qualité de l'eau souterraine de la région d'Elhadaik. Nous avons donc analysé l'état de l'eau dans le forage 'hadaik' et puit 'tmar'

II.1. Paramètres analysées pour les eaux souterraines d'Elhadaik - Skikda

II.1.1. Situation des points de prélèvement :

Le tableau suivant présente la situation, les périodes et les informations sur le climat des sites de prélèvements

Tableau N° 10 : Les coordonnées Lambert, les périodes et les informations sur le climat des sites des points de prélèvement :

Nom	Localités	Coordonnés Lambert		Date et heure de prélèvement	OBS
		X	Y		
Forage	Zenet	872.550	390.100	10 Mars 2024 à 09 :15 AM	Climat ensoleillé
				13 Avril 2024 à 10 AM	Climat chaud
Puit	Tmar	36.494	6.514	10 Mai 2024 à 16 :45 PM	Climat pluvieux



Figure 12: Situation des points de prélèvement (Google Earth modifier par Sebai. K Mai 2024)



Figure 13: photos de point de prélèvement au niveau de forage



Figure 14: photos de point de prélèvement au niveau de puits

II.1.2. mode d'échantillonnage :**A. de forage :**

Pour prélever des échantillons d'eau, il suffit d'ouvrir le robinet et de laisser couler l'eau pendant au moins une minute. Ensuite, on utilise des bouteilles en plastique, on les rince à plusieurs reprises à l'eau pour les analyser, puis on les remplit en laissant un petit vide. On a détecté des flacons renfermant des échantillons d'eau prélevés. Il est impératif d'étiqueter chaque flacon en spécifiant l'origine, le lieu, la date et l'heure du prélèvement.

B. de puit :

Pour prélever d'abord des échantillons d'eau, choisissez un endroit approprié où vous pourrez prélever un échantillon d'eau homogène, de préférence un endroit sûr et facilement accessible, puis rincez la bouteille plusieurs fois, puis plongez-la dans le puits et remplissez-la en laissant un petit vide. On a détecté des flacons renfermant des échantillons d'eau prélevés. Il est impératif d'étiqueter chaque flacon en spécifiant l'origine, le lieu, la date et l'heure du prélèvement.

II.1.3. Conservation des échantillons :

Les échantillons ont été conservés contre les rayonnements solaires dans une glacière munie d'accumulateurs de froids à une température de 4°C et transportés au laboratoire après on a conservé au réfrigérateur jusqu'à l'analyse

II.2. Technique d'analyses physico-chimique :

Les analyses ont été réalisées au sein des laboratoires suivants :

- 1-Société générale algérienne des eaux de l'unité Skikda
- 2-laboratoire central de l'unité Annaba.

II.2.1. Les paramètres physiques :**A. Cellule électro physique :****Température (T) :**

La température de l'eau est un facteur important en déterminant si une masse d'eau est acceptable pour la consommation et l'utilisation humaine. La température dans l'eau régit les types de vie aquatique qui y vivent. Il régule la concentration maximale d'oxygène dissous dans l'eau.

Le résultat de température s'exprime en °C.

Nous avons mesuré la température de l'eau in site avec un thermomètre



Figure 15: Thermomètre dans la zone étude (ZITOUNI A /mars 2024)

Potentiel hydrogène (PH):

Le ph est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène 'H₃O⁺'. si ph inférieur a 7 l'eau acide et si ph supérieur a 7 basique et si ph égal a 7 neutre .Le ph n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour détermination de l'agressivité de l'eau.

Il est donné par la relation logarithmique : $ph = -\log (H_3O^+)$.

Le résultat de pH est sans unité

la conductivité (C) :

La conductivité électrique est l'inverse de la résistivité. La conductivité d'un matériau homogène est égale à la conductance d'un conducteur cylindrique constitué de ce matériau, divisée par sa section, et multipliée par sa longueur. C'est le rapport de la densité de courant par l'amplitude du champ électrique.

Le résultat de conductivité s'exprime en siemens par mètre (S/m)

Total Dissolve Solides (TDS) :

TDS est l'abréviation anglophone de Total Dissolve Solide, équivalent en français de solides dissous totaux (SDT) pour mesurer les matières dissoutes dans une solution, notamment pour déterminer le degré de pureté d'une eau, l'eau pure ou l'eau ultrapure.

Le TDS s'exprime en ppm

Matériels :

- Appareil Multi paramètre
- Électrodes
- Bêchers



Figure 16: Multi paramètre (Mme NOUAR.S /mars 2024)

La Turbidité (T) :

La turbidité c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Le résultat de turbidité s'exprime en nephelometric turbidity unit (NTU)

Matériels :

- Un turbidimètre.
- Des solutions étalon de 0 ,1 jusqu'à 4000 NTU.



Figure 17: Turbidimètre (ZITOUNI A/mars 2024)

II.2.2. Les paramètres chimique :**A. Cellule électrochimique :****Oxygène dissous (O2):**

L'oxygène dissous est fait à référence au niveau d'oxygène libre et non composé présent dans l'eau à une température donné.

Le résultat de oxygène dissous s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre d'eau oxygéné dissous (mg O₂/l ou % O₂).

Matériels :

- Un Oxy-mètre.
- Electrode.
- Béchers



Figure 18: Oxy-mètre (Mme SEBAI/K.mars 2024)

La couleur :

La couleur de l'eau peut être indiquée sous la forme d'un nombre déterminé en comparant l'échantillon d'eau à un indice de couleur tel que l'échelle de couleur platine-cobalt, également connue sous le nom d'échelle de couleur Hazen ou APHA. La résultat de couleur s'exprime en l'unité de 1 Hazen correspondant à 1 mg/L de platine

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- LA CUVE

Résidu sec (RS) :

Les résidus secs dans l'eau représentent la quantité totale de matières solides présentes dans l'eau une fois celle-ci évaporée. Ils comprennent principalement des minéraux tels que les sels minéraux, les métaux et les oligo-éléments, ainsi que des matières organiques comme des micro-organismes ou des débris végétaux. Le résultat de résidu sec s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un spectrophotomètre
- Béchers

L'ammonium NH₄:

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates.

Le résultat de l'ammonium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un spectrophotomètre
- Bêchers

Réactifs :

- Eau exempte d'ammonium
- Réactif coloré
- Dichloroisocyanurate de sodium



Figure 19: Dosage d'ammonium (ABADI.F/Avril 2024)

Le nitrite (NO₂⁻) :

Le nitrite est la base conjuguée de l'acide nitreux et les processus naturels de décomposition des matières organiques mortes telles que les chutes de feuilles, les parties de plantes mortes, ... La présence de nitrites dans l'eau indique une pollution organique. Le résultat de nitrite s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un spectrophotomètre
- Béchers

Réactif :

- Réactif coloré
- Acide chlorhydrique HCL



Figure 20 : Dosage de nitrite (SEBAI.K /mars
2024)

Sulfate (SO₄.) :

Le sulfate est un groupe de sels minéraux qui peuvent avoir une origine naturelle ou artificielle. Ces sels sulfatés peuvent apparaître dans le sol, l'air et l'eau.

Ils sont naturellement présents dans l'environnement, notamment dans l'eau souterraine et les rivières.

Le résultat de sulfate s'exprime en milligrammes par litre (mg/L).

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- Fioles
- Pipettes graduées
- Flacons
- Béchers

Réactifs :

- Solution stabilisante
- Chlorures de baryum



Figure 21: Dosage de sulfate (SEBAI.K/mars 2024)

Phosphate(PO_4) :

Un phosphate est un composé dérivé de l'acide phosphorique par perte ou substitution d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène, par d'autres atomes ou groupes fonctionnels. Le résultat de phosphate s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- Fioles
- Pipettes graduées
- Flacons
- Béchers

Réactifs :

- Acide ascorbique
- Réactifs mélangé



Figure 22: Dosage de phosphate (Mme NOUAR.S/mars 2024)

Nitrate (NO₃⁻):

Un nitrate est un composé polyatomique constituant l'ultime étape de la dégradation des substances azotées par des bactéries qui décomposent la matière organique. Les nitrates sont une des formes d'azote assimilée par les végétaux. Le résultat de nitrate s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- Ensemble filtrant pouvant recevoir une membrane filtrante de porosité
- Bêchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Flacons
- Eprouvette
- Pissettes

Réactifs :

- Diméthyle phénol
- Nitrate



Figure 23: teste en cuve de Nitrate LCK339(ZITOUNI.A/avril 2024)

L'al ammonium (Al₂):

L'aluminium est un élément chimique de numéro atomique 13, de symbole Al. Il appartient au groupe 13 du tableau périodique et à la famille des métaux pauvres. Naturellement présent dans l'environnement, l'aluminium peut également être trouvé dans les sources d'eau naturelles lorsque l'eau dissout des minéraux contenant de l'aluminium.

Le résultat de l'aluminium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- Bêchers

Réactifs :

- Chlorure de calcium
- Acide Thio glycolique
- Solution tampon
- Rouge d'alizarine



Figure 24: L'aluminium (SEBAI.K/avril2024)

Le Fer (Fe) :

Le fer est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux (Fe^{2+}), le fer ferrique (Fe^{3+}) et le fer complexé à des matières organiques (acides organiques) et minérales (silicates, phosphates, ...). On trouve souvent ce fer complexé dans les puits et les eaux de surface, ce qui leur donne une couleur jaune ou marron. Le résultat de fer s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Un Spectrophotomètre
- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipette jaugée
- Flacons en verre
- Pissettes

Manganèse (Mn):

Le manganèse est un métal dur et poreux de couleur gris argenté. On le retrouve naturellement dans de nombreux minéraux, le plus souvent associé au fer. Chimiquement, il est classé comme métal de transition.

Le résultat de manganèse s'exprime en milligrammes par litre

Materials :

- Un Spectrophotomètre
- Ensemble filtrant pouvant recevoir une membrane filtrante
- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipette jaugée
- Flacons en verre
- Pissettes

Réactifs :

- Persulfate d'ammonium
- Sulfite de sodium anhydre
- Acide chlorhydrique

Magnésium (Mg) :

Le magnésium est un métal d'aspect argenté ou blanc. Sa teinte se modifie doucement à l'air par la formation d'un oxycarbonate. Quand il est placé en solution, des ions Mg^{2+} se forment. Il a la particularité de former certains sels très solubles dans l'eau, tandis que le carbonate de magnésium précipite facilement et que l'hydroxyde de sodium n'est pas soluble.

Le résultat de magnésium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Materials :

- Un Spectrophotomètre
- Ensemble filtrant pouvant recevoir une membrane filtrante
- Bêchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipettes jaugée
- Flacons en verre

Réactifs :

- Réactif a magnésium



Figure 25: Teste en cuve de manganèse (ABADI. F /mai 2024)



Figure 26: Un Spectrophotomètre (SEBAI.K/mars 2024)

Le sodium (Na) :

Le sodium est un métal alcalin mou d'un blanc argenté qui brûle à l'air et réagit violemment avec l'eau, formant de la soude et dégageant de l'hydrogène. On ne le trouve pas à l'état de corps pur dans la nature, mais il est très abondant sous forme de composés.

C'est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Son origine peut être naturelle (mer, terrain salé...).

Le résultat de sodium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L).

Matériels :

- Appareil spectrophotomètre a flamme
- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipettes jaugée
- Flacons en verre

Réactifs :

- Solution de sodium
- Acide citrique

- Chlorure de césium
- Acide chlorhydrique

Potassium (K) :

Le potassium est un métal blanc argenté très léger et l'un des métaux les plus réactifs. Ce matériau solide et mou s'oxyde facilement à l'air. Il est largement disponible dans l'eau minérale.

Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est très répandue dans la nature sous forme de sels.

Le résultat de potassium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L).

Matériels :

- Appareil spectrophotomètre a flamme
- Bêchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipettes jaugée
- Flacons en verre

Réactifs :

- Solution de potassium
- Acide citrique
- Chlorure de césium
- Acide chlorhydrique



Figure 27: Appareil spectrophotomètre a flamme (ZITOUNI.A/juin 2024)

B. Cellule volumétrique :**Chlorure (Cl⁻):**

Dans le domaine de la qualité de l'eau, le terme chlorure désigne l'ion chlorure (Cl⁻). C'est un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire, ce qui en fait un ion négatif (anion). L'ion chlorure est également appelé halogénure. Le résultat de chlorure s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Ballon volumétrique
- Erlenmeyer volumétrique
- Pipette volumétrique
- Burette volumétrique.

Réactifs :

- Chromate de potassium
- Nitrate d'argent
- Chlorure de sodium



Figure 28: Dosage de Chlorure (Mme ZITOUNI.A/mars 2024)

Bicarbonate(HCO_3^-) :

Le bicarbonate, ou hydrogénocarbonate, est un ion polyatomique dont la formule chimique est HCO_3^- . Le bicarbonate doit son préfixe « bi- » à son double caractère acido-basique (dit caractère amphotère) : il est à la fois acide et base, appartenant à deux couples acido-basiques différents. Il s'agit de la forme intermédiaire dans la double déprotonation de l'acide carbonique : ôter le premier proton (ion H^+) de l'acide carbonique donne le bicarbonate ; ôter le second proton donnera la forme carbonate ionique

Matériels :

- Fiole
- Béchers
- Pipette jaugée
- Burette graduée
- Agitateur magnétique

Réactifs :

- Méthyle Red
- HCL

Calcium (Ca^2) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux gris-blanc et plutôt dur. Il n'existe pas à l'état de corps simple dans la nature, mais il est abondant dans la croûte terrestre (plus de 3 %).

Le résultat de calcium s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Materials :

- Eprouvette volumétrique
- Falcon erlenmeyer
- Pipette volumétrique
- Burette de l'EDTA.

Réactif :

- Hydroxyde de sodium Na OH
- EDTANa2
- HSN
- Calcium



Figure 29:calcium (Mme NOUAR.S/mars 2024)

Matières organiques (MO) :

La matière organique est l'ensemble des composés chimiques formés par des molécules organiques trouvées dans les milieux naturels, terrestre ou aquatique. Elle est généralement hétérogène et composée de restes d'êtres animaux, végétaux et bactéries, avec leurs déchets dans l'environnement.

Le résultat de MO s'exprime en milligrammes par litre (mg/L).

Matériels :

- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipette jaugée

Réactifs :

- Acide oxalique
- Permanganate de potassium
- Acide sulfurique



Figure 30: Matières organique (ZITOUNIA /mars 2024)

Le titre alcalimétrique :

Le titre alcalimétrique simple (TA) : le titre alcalimétrique d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

Le titre alcalimétrique complet (TAC): Il assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates (HCO_3). L'alcalinité exprime la capacité de neutralisation des acides présents dans l'eau. La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique. Leurs concentrations dans les eaux naturelles dépendent essentiellement de la température ambiante, du pH de l'eau, de la concentration en gaz carbonique dissous et de la lithologie.

Ce titre se mesure en degrés français ($^{\circ}\text{f}$) : 1°f équivaut à 3,4 mg/L d'ion hydroxyde (HO^-) ou à 6 mg/L d'ion carbonate, ou encore à 12,2 mg/L d'ion hydrogénocarbonate (HCO_3^-).

Matériels :

- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipette jaugée

Réactifs :

- Phénolphtaléine
- Méthylorange
- Acide sulfurique



Figure 31: Titre alcalimétrique (SEBAI.K/mars2024)

Titre hydrotimétrique (dureté) :

Le titre hydrotimétrique (TH) est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il permet de définir la dureté de l'eau en fonction de la concentration de minéraux dissous, principalement le calcium et le magnésium.

La dureté s'exprime en milligrammes par litre (mg/L) ou en degrés français (°f).

Matériels :

- Béchers
- Fioles
- Pipettes graduées
- Pipette jaugée

Réactifs :

- Solution tampon
- Mordant noir
- Acide éthylène diamine tetracétique

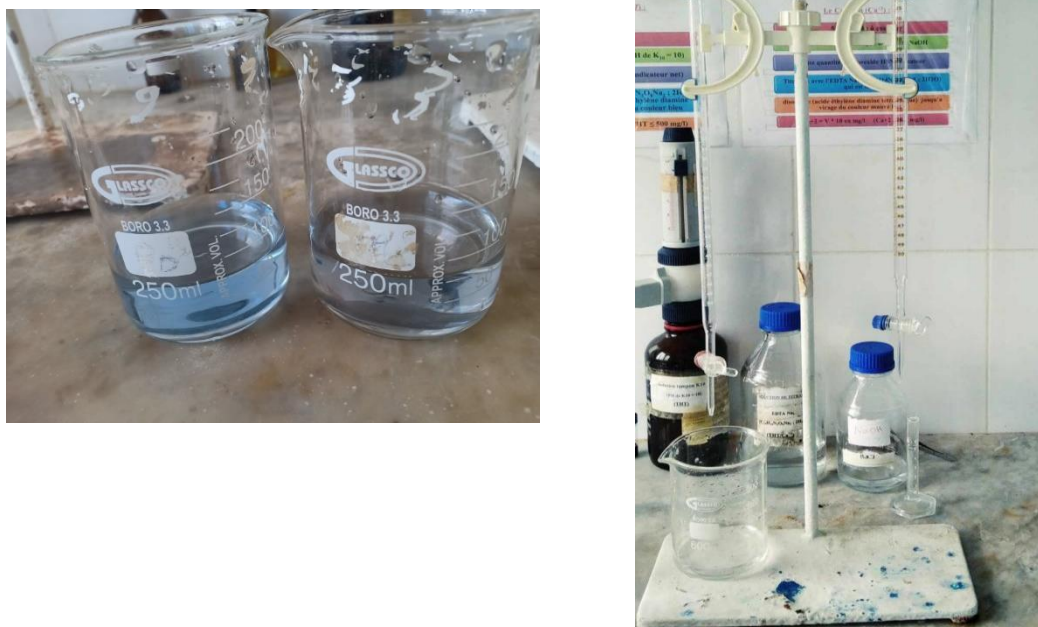


Figure 32: Titre hydrotimétrique (NOUAR.S/mars2024)

C. Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension sont des particules solides minérales ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles sont visibles à l'œil nu, indissolubles et peuvent être organiques ou minérales. Elles naissent de l'érosion et du lessivage du sol par temps de pluie, surtout quand les précipitations sont intenses, et en situation de crue. Les matières en suspension peuvent changer la coloration et la turbidité de l'eau.

Le résultat de MES s'exprime en milligrammes par litre (mg/L)

Matériels :

- Dispositif de filtration (trompe à eau, fiole et entonnoir de filtration).
- Disk filtrant on fibre
- Etuve à 105°C.
- Balance de précision.
- Dessiccateur.



Figure 33: La matière en suspension (SEBAI.K/mars 2024)

D.La Demande Chimique en Oxygène DCO :

La demande chimique en oxygène est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon.

Le DCO s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂ /l)

Matériels :

- Dispositif à reflux
- Ballons
- Pipette jaugée
- Burette
- Éprouvette
- Rampe chauffante
- Agitateur magnétique



Figure 34:DCO (SEBAI.K/mars 2024)

E.La demande biochimique en oxygène (DBO) :

La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours, également appelée demande biologique en oxygène, représente la quantité d'oxygène requise pour la dégradation de matières organiques par voies biologiques dans l'eau. Plus précisément, la DBO mesure la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, qu'elles soient dissoutes ou en suspension.

La DBO s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂/L).

Matériels :

- Oxymétrie.
- Agitateur magnétique
- Aérateur
- Flacon
- Eau ultra pure la dilution.



Figure 35:DBO5 (ABADI.F/avril 2024)

II.3. Logiciel Diagrammes :

Logiciel d'hydrochimie multi-langage en distribution libre DIAGRAMMES, version 5.9 - 2013, du Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon (LHA) qui sert à calculer plusieurs paramètres (TDS, la balance ionique, dureté, pHs, la conductivité... etc.) à partir de l'insertion des différents éléments physicochimiques comme les ions majeurs analysés (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), température et pH, il donne aussi des statistiques (fréquences, matrice de corrélation). Il permet aussi de présenter des différents résultats dans plusieurs diagrammes (Piper, Stiff, Schoeller-Berkalov, Korjinski, Riverside et Wilcox, Stabler, ternaire).

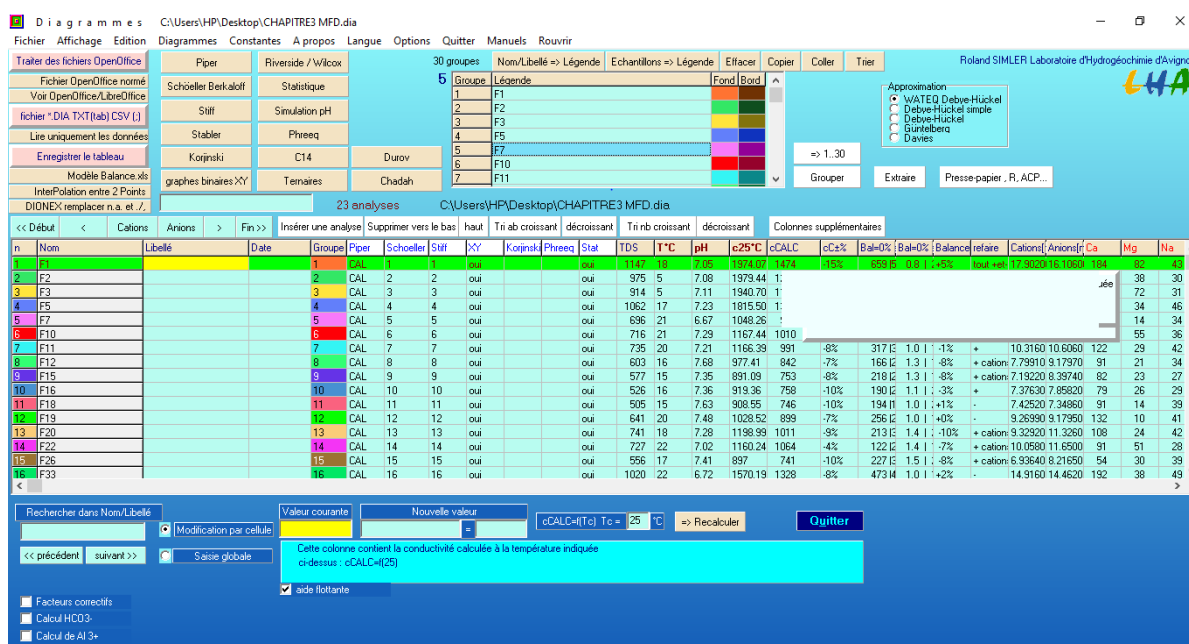


Figure 36: Interface de logiciel diagrammes.

II.3.1 Les diagrammes

Les composantes hydro-chimiques globales de l'eau d'irrigation sont expliquées avec les diagrammes graphiques. Le report des différents paramètres et indices sur les diagrammes permet une interprétation qui conduira à localiser le type d'eau. Le logiciel (Diagramme) été utilisés pour tracer ces diagrammes.

A. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est le plus utilisé pour évaluer l'évolution hydro-chimiques de l'eau, dans ce diagramme les concentrations des anions principaux (Cl^- , SO_4^{2-} , et HCO_3^-) et cations (Ca^{2+} , Na^+ K^+ , et Mg^{2+}) sont tracés en deux triangles, le 1^{er} triangle pour les cations, et le 2^{ème} pour les anions et un losange découpé en familles d'eaux. Dans le diagramme, la

concentration relative de chaque élément calculée permet de placer les points sur les triangles qui sont ensuite projeté sur le losange. Les différentes positions des points dans le losange permettent de définir les faciès géochimiques des eaux analysées (Piper, 1944).

B.Diagramme de Richards Riverside

Dans cette classification de Richards Riverside, deux facteurs sont pris en compte : La CE $\mu\text{S}/\text{cm}$ et le pourcentage du sodium (SAR) qui sont convertis en quatre sections de qualité.

Sodium adsorption ratio (SAR) :

Le danger d’alcalinisation est exprimé par la valeur du SAR, qui s’exprime ci-dessous, les résultats sont représentés sur diagramme (Richards, 1954) :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Ca^{++} , Mg^{++} et Na^+ sont exprimés en meq/l.

C.Diagramme de Wilcox

Dans le diagramme de Wilcox les valeurs du Na% sont reportées par rapport à CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) du diagramme de salinité.

Pourcentage du sodium (Na%) :

Il est calculé à partir de la formule ci-dessous:

$$Na\% = (Na^+ + K^+) \times 100 / (Na^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^+) \quad (1)$$

Ou les concentrations ioniques sont exprimées en milliéquivalents par litre (méq/L)

La concentration élevée de sodium a un effet profond sur la croissance des plantes.

Chapitre III

Résultats et discussions



Dans ce chapitre nous présentons les résultats et les discussions des analyses obtenue des différents prélèvements d'eau souterraine de la commune d'El Hadaiek et cela pour suivre et évaluer leur qualité surtout que ces eaux fournies à la consommation humaine et l'irrigation.

Les résultats obtenus sont comparés aux normes de la législation algérienne (JORA ,2011) et OMS (2003) et FAO (2003) des eaux souterraines.

III.1.Vérification de la fiabilité des données :

1.1. Balance ionique :

Avant de traiter et d'interpréter les analyses des eaux prélevées au niveau des différentes forages, il faut analyser la fiabilité des résultats de ces analyses. La méthode utilisée est la Balance Ionique (BI).

La balance ionique représente la différence entre la somme des anions et la somme des cations, autrement dit, l'équilibre anions-cations qui égal naturellement zéro c'est à dire que les anions et les cations sont égaux.

La balance ionique nous permet de vérifier si les analyses ont été bien faite et précises, les calculs effectués en utilisant une unité commune, l'équivalent par litre (ég/l), les résultats ne doivent pas dépasser 10%, dans le cas d'une trop grande différence entre cations et anions,

Faut revoir les calculs et/ou les mesures, car une espèce a été peut-être mal estimée ou oubliée.

La formule dont on a utilisé pour calculer la balance ionique est :

$$BI = \frac{\sum(cations) - \sum(anions)}{\sum(cations) + \sum(anions)} \times 100$$

Dans notre cas lorsque on a calculé la balance ionique, les résultats montrent qu'il y a 8% pour le et forages et 4% pour le puits donc ne dépassent pas 10%.

III.2. Présentation graphique des paramètres physico-chimique :

1. La couleur :

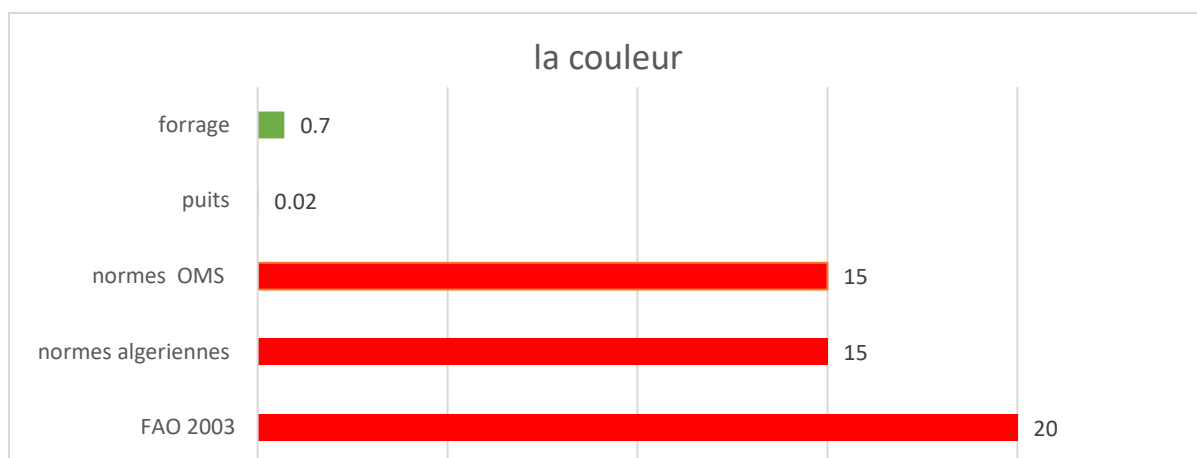


Figure 37: Variations de teneur en couleur dans le forage et le puits et normes

La figure 37 démontrent que la valeur de la couleur est de l'ordre de 0,02 ppm enregistrée au niveau du puits. Au niveau de forage la valeur est de l'ordre de 0,7 ppm

La valeur du couleur d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 15, et l'irrigation 20 ppm.

D'après ces résultats les eaux de puits et de forage sont des eaux répondant aux normes JORA

(2011) et OMS (2003) et FAO (2003).

2. La température :

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique (solubilité des sels et des gaz), l'activité bactérienne, la quantité d'oxygène dissous (plus la température est élevée, plus la quantité d'oxygène dissous est faible).

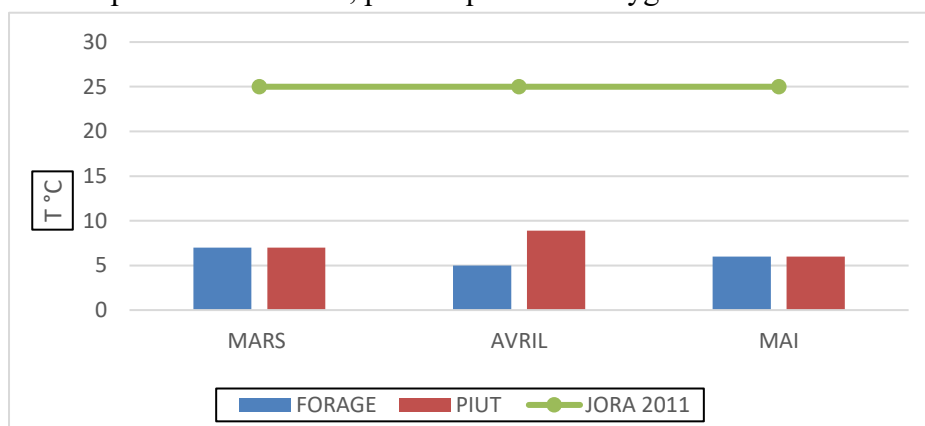


Figure 38: Histogramme de la variation de la température.

La figure 38 démontrent que les valeurs du T variaient entre 6 et 9°C au niveau de puits et entre 5 et 6°C au niveau de forage.

Les valeurs du T d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 25 °C.

Les valeurs du T d'une eau de bonne qualité et propre à la l'irrigation entre 22 -25 C°.

Dans les cas des sites d'études les valeurs sont conformes à la norme de potabilité algérienne (JORA, 2011) et aux normes internationale OMS (2003) et FAO (2003).

3. Potentiel hydrogène pH :

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une l'eau.

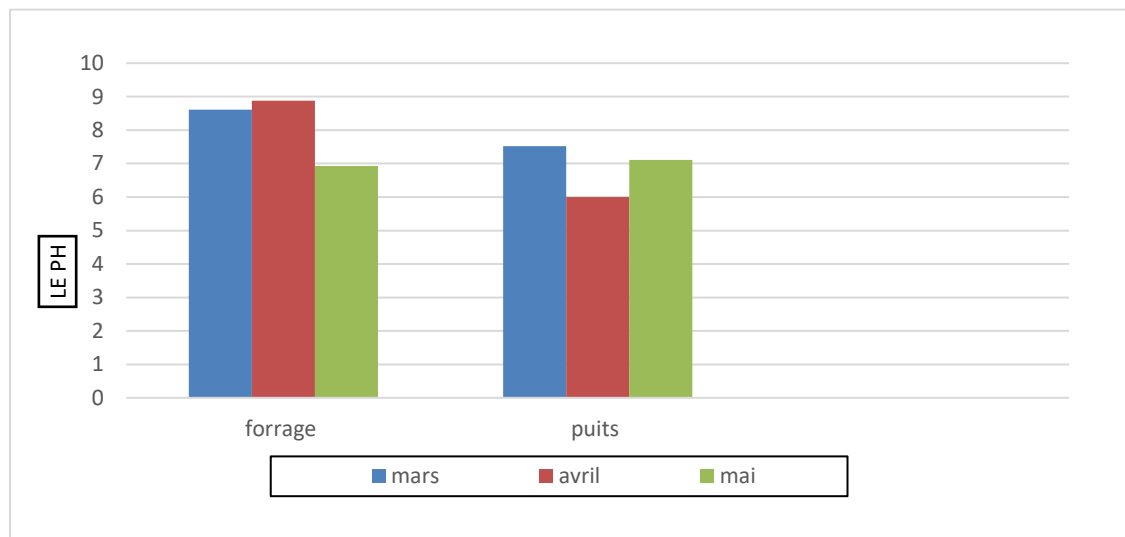


Figure 39: Histogramme de la variation de pH

La figure 39 démontrent que les valeurs du pH variaient entre 6-7.52 Dans notre secteur d'étude, les valeurs du pH enregistrées varient entre la valeur minimale 6 et la valeur maximale 7.52 au niveau de puits et entre 6.93-8.83 au niveau de forage, ce qui reflète un caractère basique.

Les valeurs du pH d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent entre 6 et 8,5.

Les valeurs du pH d'une eau de bonne qualité et propre à la l'irrigation compris entre 6,5- 8,9.

D'après ces résultats, on remarque que ces eaux sont faiblement alcalines et répondent aux normes d'une eau potable comprise entre 6,5 – 9 et imposées par la législation algérienne (JORA, 2011) et OMS (2003) 9 et le norme de l'irrigation qui compris entre 6,5- 8,9 imposées par FAO (2003).

4. La conductivité électrique :



Figure 40: Histogramme de la variation de la conductivité électrique.

La figure 40 démontrent que de la conductivité électrique et entre 505 et 115 µS/cm enregistrée au niveau du puits est de 1052 -1224 µS/cm enregistrée au niveau du forage.

Les valeurs de la conductivité électrique d’une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 2800 µS/cm

Es valeurs de la conductivité électrique d’une eau de bonne qualité et propre à l’irrigation se situent 3000 µS/cm.

Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs a’ la valeur limite fixée par (JORA,2011) et (OMS 2003) pour les eaux portables, et FAO (2003) la norme d’irrigation pour les eaux d’irrigation.

5. Le TDS :

Le TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau.

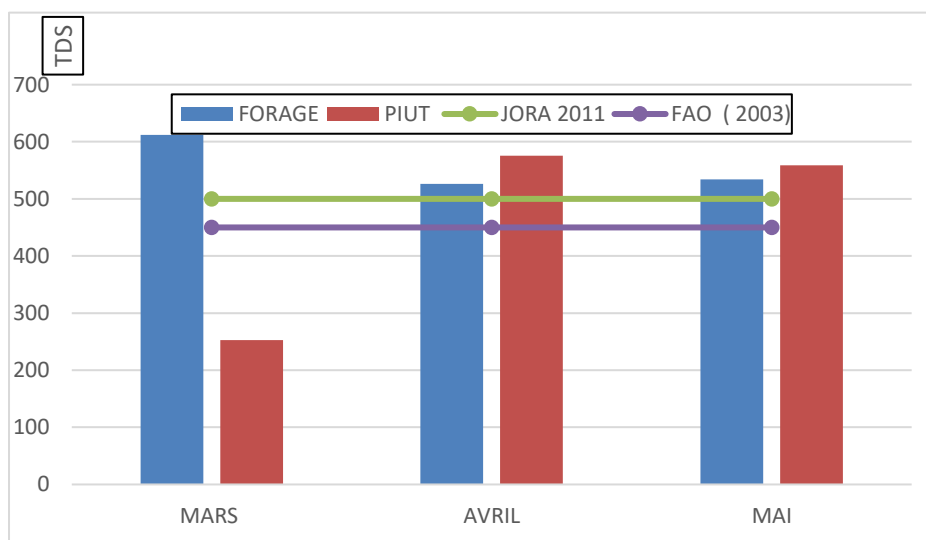


Figure 41: Histogramme de la variation de TDS.

La figure 41 démontrent que les valeurs du TDS entre 252.5 et 559 mg /l enregistrée au niveau du puits est de 526 -612 mg / l enregistrée au niveau du forage.

Les valeurs de TDS d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 500 mg/l.

Les valeurs de TDS d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 450 mg/l

De ce résultat les eaux de puits et de forage sont des eaux ne répondant pas aux normes JORA (2011) et OMS (2003) FAO (2003), à cause des sources organiques comme les feuilles, le limon, le plancton ou source naturelles, de l'écoulement urbain, et l'utilisation des engrais et des pesticides dans agriculture.

6. LA Turbidité :

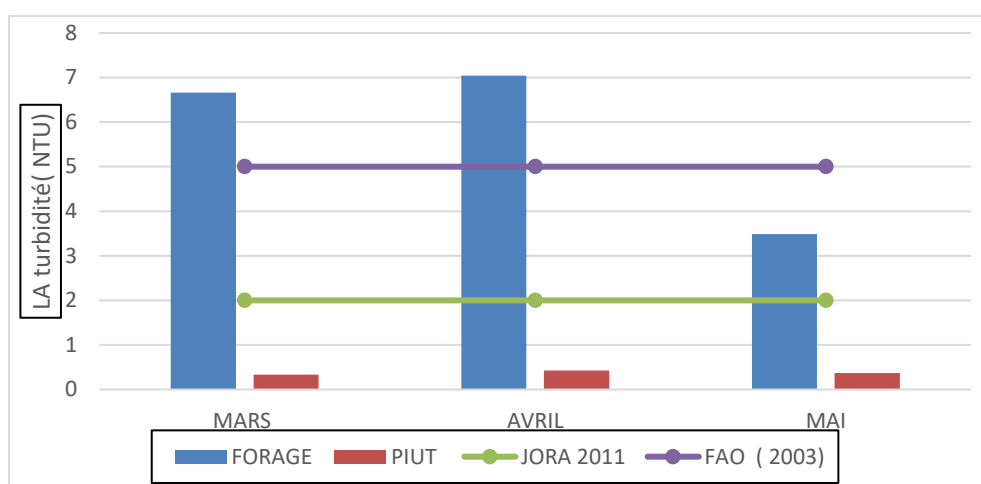


Figure 42: Histogramme de la variation de LA Turbidité

La figure 42 démontrent que les valeurs de la turbidité variaient entre 3.49-7.04 enregistrée au niveau du forage et entre 0.33-0.43 enregistré e au niveau du puits pendant les trois mois de prélèvement.

Les valeurs de turbidité d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent < 2 NTU.

Les valeurs de turbidité d'une eau de bonne qualité et propre à là irrigations se situent 5 NTU

Dans ce résultat le point de prélèvement du **puits** pendant les trois mois une eau claire que réponde aux normes de la turbidité d'une eau potable et qu'est NTU<2 et d'une eau d'irrigation 5 NTU.

Contrairement les résultats de **forage** dans les trois mois de prélèvement >3.5 NTU. Cette valeur ne répondent pas aux normes d'une eau potable comprise 2 NTU et imposées par la législation algérienne (JORA, 2011) et OMS (2003) et le norme de l'irrigation compris 5 NTU imposées par FAO (2003).

la présence de la turbidité peut être due à la présence de MES organique ou minérale ou au cours d'eau qui draine le forage (sable, bouse, particules organiques etc....). Elles sont en fonction de la nature des terrains traverse de la saison, de la pluviométrie etc. ...

7. La dureté :

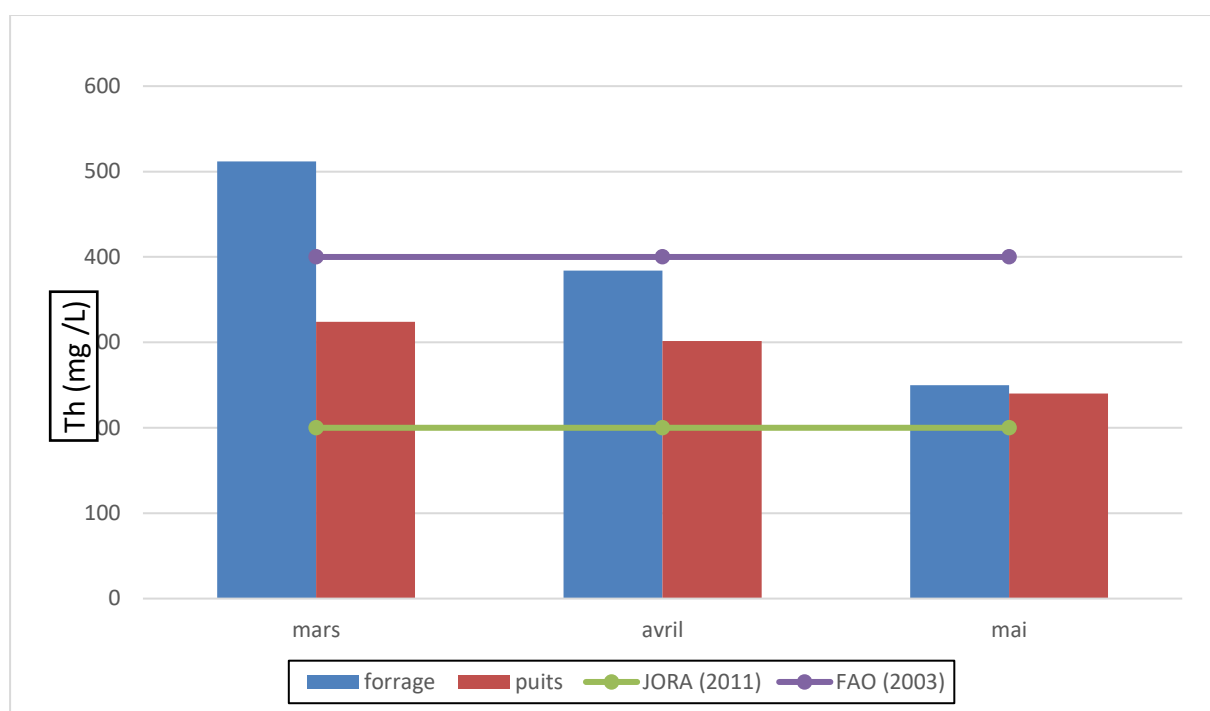


Figure 43: Histogramme de la variation de la dureté

La figure 43 démontrent que les valeurs de la dureté variaient entre 250-512 au niveau du forage et variaient entre 240-324 au niveau du puits pendant les trois mois de prélèvement.

Les valeurs de dureté d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 200mg /l.

Les valeurs de dureté d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigations se situent 500 mg /l.

Ce résultat montre que les eaux de puits sont des eaux ne répond pas aux normes JORA (2011) et OMS (2003) et que le forage ne répond pas aux normes JORA (2011) et OMS (2003) et FAO (2003), donc sont des eaux dure parce que la dureté de l'eau est un indicateur de niveau de calcaire dans l'eau.

Par contre le puits répond aux normes l'irrigation compris 500 imposées par FAO (2003)

8. Le titre alcalimétrique (alcalinité) :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC).

8.1. Le Titre alcalimétrique simple (alcalinité simple TA) :

$$TA = [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

Le TA est nul dans le puits et le forage pendant les trois mois de prélèvement parce que sont des eaux naturelles et le pH < 8.5

8.2. Titre alcalimétrique complet (alcalinité complète TAC) :

$$TAC = [CO_3^{2-}] + [OH^-] + [HCO_3^-]$$

Dans ce cas TAC = [HCO₃⁻] car les concentrations de [OH⁻] et [CO₃²⁻] sont nulles.

La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau.

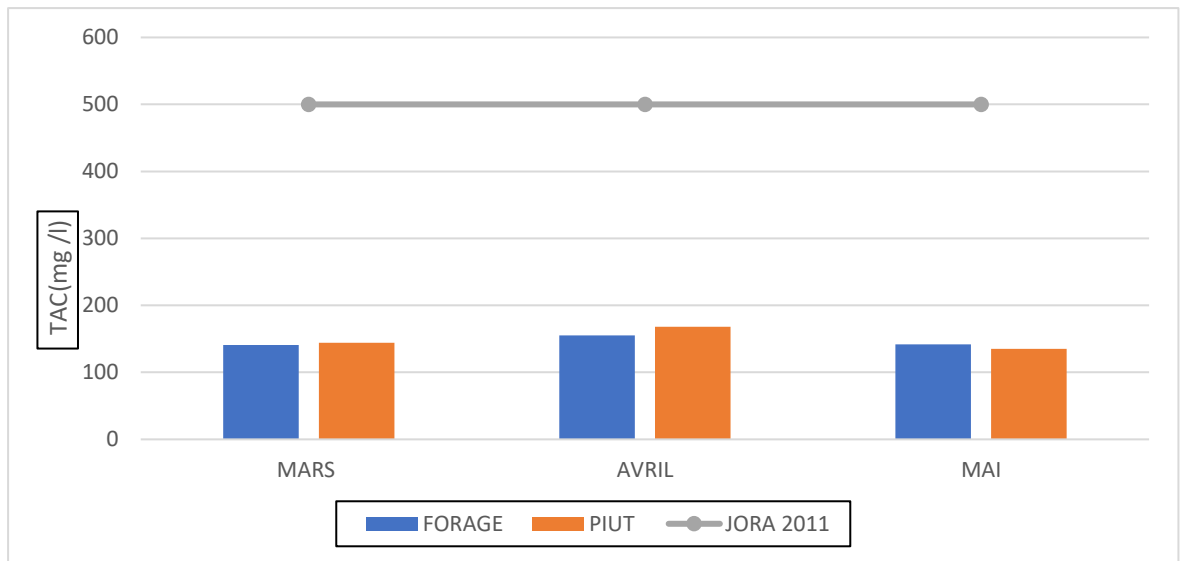


Figure 44: Histogramme de la variation de la TAC

Les valeurs calculées de l'alcalinité des eaux de forages de la région démontrent que les valeurs variaient entre 141-151 mg /l et entre 137-168mg /l au niveau du puits dans les trois mois de prélèvements.

Les valeurs de TAC d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 500 mg /l.

De ce résultat les eaux de puits et de forage sont des eaux répond aux normes nationale JORA (2011) et internationale OMS (2003).

9. LES CATIONS :

9.1. Le calcium (Ca²⁺) :

Le calcium est l'un des principaux cations associés à la dureté de l'eau potable. C'est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium.

Le calcium peut provenir de deux origines naturelles différentes qui sont :

La dissolution des formations carbonatées et la dissolution des formations gypsifères (CaSO₄, 2H₂O).

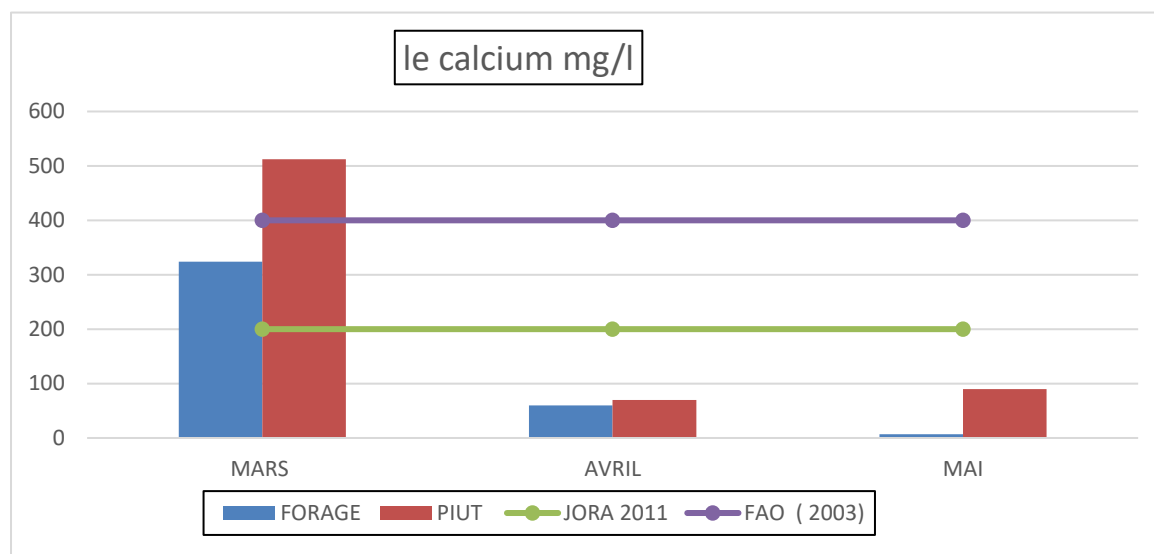


Figure 45: Histogramme de la variation du calcium

La figure 43montrent que la variation de la teneur en calcium dans les eaux de forages étudiées elle est entre 60 et 90 mg /l enregistrée au niveau du forage et les valeurs entre 7 et 70 mg /l au niveau de puits.

La valeur de calcium d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation et l'irrigation se situent 200 mg /l.

La valeur de calcium d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 400 mg /l.

Ces résultats montrent que les eaux de puits sont des eaux ne répond pas aux normes JORA (2011) et OMS (2003) et FAO (2003), à cause de calcaire ou du craie dans une moindre mesure du chlorure de calcium.

Par contre le forage répond aux normes FAO (2003) et dépassé le norme JORA (2011) et OMS (2003)

9.2. Le magnésium (Mg²⁺) :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre, il constitue un élément significatif de dureté de l'eau.

Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires

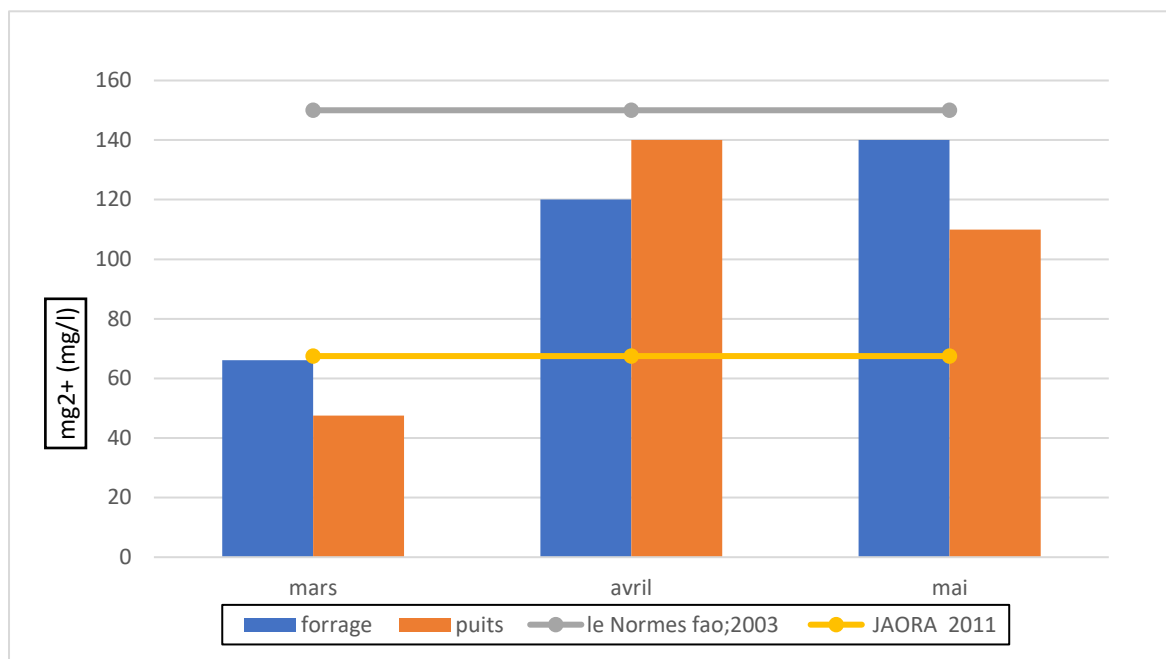


Figure 46: Histogramme de la variation du magnésium

La figure 46 montre que la teneur du magnésium des eaux de forages étudiés varie entre 66.06 et 140 mg /l. Au niveau de puits les valeurs sont variées entre 47.5 et 140mg /l.

La valeur du magnésium d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 67 ,5 mg /l.

La valeur de magnésium d'une eau de bonne qualité et propre à la et l'irrigation de 150 mg /l.

Les résultat les eaux de puits et de forage sont des eaux ne répond pas aux normes JORA (2011) et OMS (2003) a cause de utilisations des engrais agricole ou la géologie du terrain.

Par contre le puits et le Forage répond aux normes d'irrigation compris 150 mg /l. imposées par FAO (2003).

9.3. Le Fer :

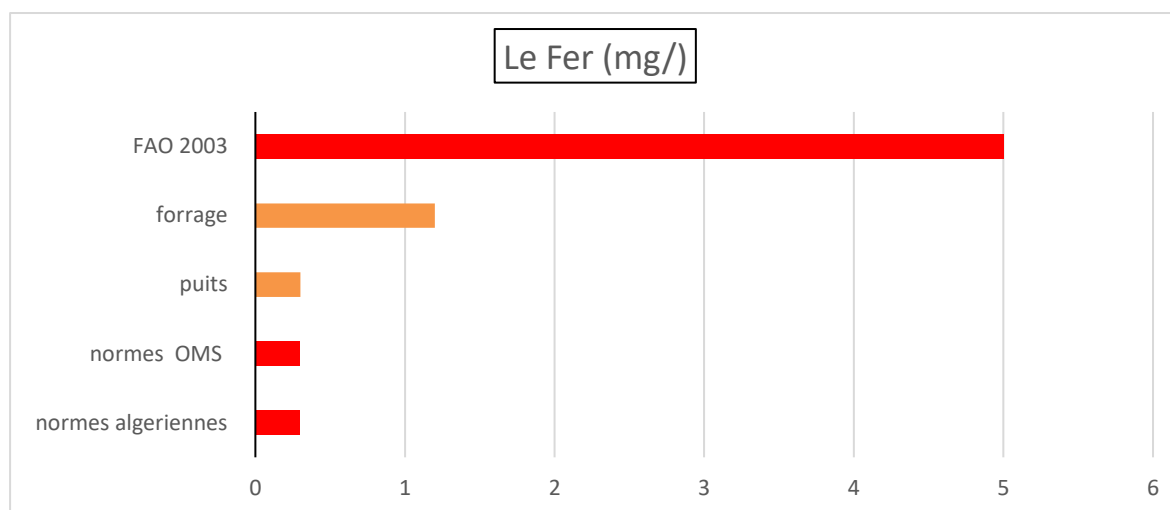


Figure 47: Variations de teneur du Fer dans le forrage et le puits et normes

La figure 47 montrent que la valeur de fer est de l'ordre de 0,3 mg/l enregistrée au niveau du puits. Au niveau de forrage la valeur est de l'ordre de 1.2 mg/l.

La valeur du fer d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 0.3 mg/l.

La valeur du fer d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 5 mg/l.

Donc les eaux de puits sont conformes aux normes par contre les eaux de forrage sont des eaux ne sont pas conformes aux normes JORA (2011) et OMS (2003) et le FAO (2003).

La présence du fer dans l'eau peut centenier jusqu'à 1.2 mg/l ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés au a pollution que peut être dit à la rouille de tuyaux.

9.4. Le sodium :

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Son origine peut être naturelle (mer, terrain salé...) ; humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour) ou industrielle (potasse, industrie pétrolière). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (Rodier et al., 2005).

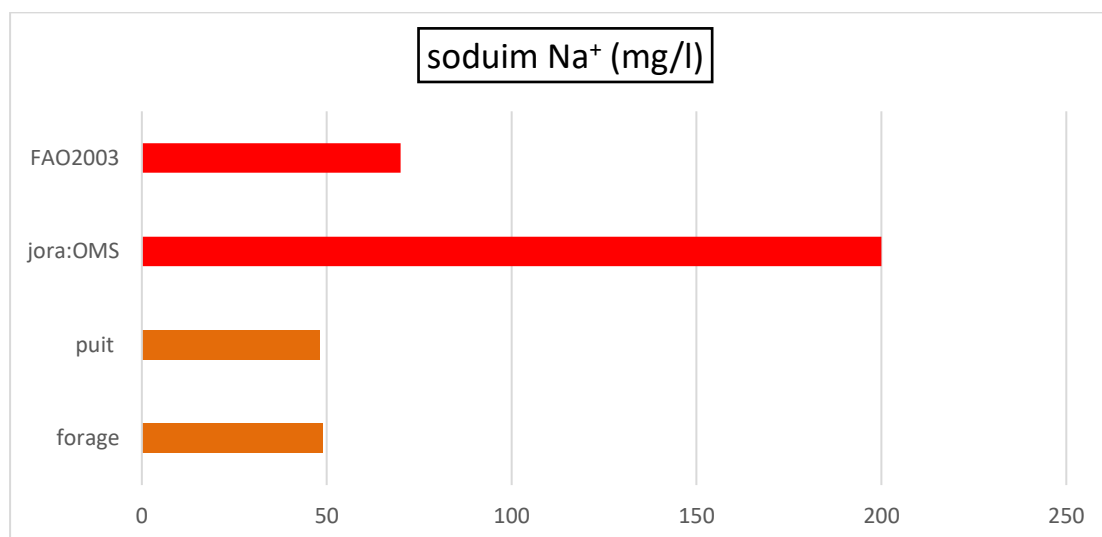


Figure 48: Variations de teneur du **sodium** dans le forage et le puit et normes.

La figure 48 montrent que la teneur de sodium des eaux de forages étudiés est de l'ordre de 49 mg /l et au niveau de puits, la valeur est de l'ordre de 48mg /l.

Toutes les eaux étudiées sont conformes à la normes Algériennes et d'OMS qui est à l'ordre de 200 mg/let aux normes de FAO (2003) fixé 70mg/l.

9.5. Le potassium

Le potassium résulte de l'altération des certaines argiles et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs. La présence de cet élément peut être également liée au déversement des eaux usées domestiques, et sa teneur naturelle ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l.

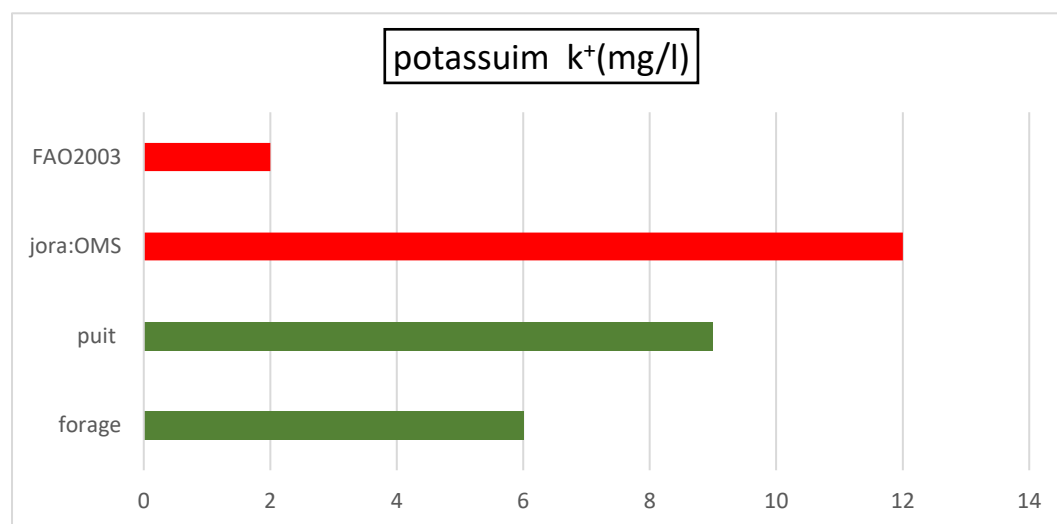


Figure 49: Variations de teneur du **potassium** dans le forage et le puit et normes.

La figure 49 montrent que la teneur de potassium des eaux de forages étudiés est de l'ordre de 6 mg /l et au niveau de puits la valeur est de l'ordre de 9 mg /l.

La valeur du potassium d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 12mg /l.

La valeur du potassium d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 2 mg /l.

Les eaux de puits et de forage sont des eaux conformes aux normes JORA (2011) et OMS (2003), par contre ne repend pas le norme d'irrigation FAO (2003), à cause de pollution due à des rejets domestiques ou utilisations des engrais agricole.

10. Les anions :

10.1. Le sulfate (SO_4^{2-})

Les sulfates qui se dissolvent dans l'eau proviennent de certains minéraux en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (Beriere, 2000). Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau peut entraîner des troubles intestinaux. Les concentrations admissibles sont de l'ordre de 400 mg/l (Bouziani, 2000).

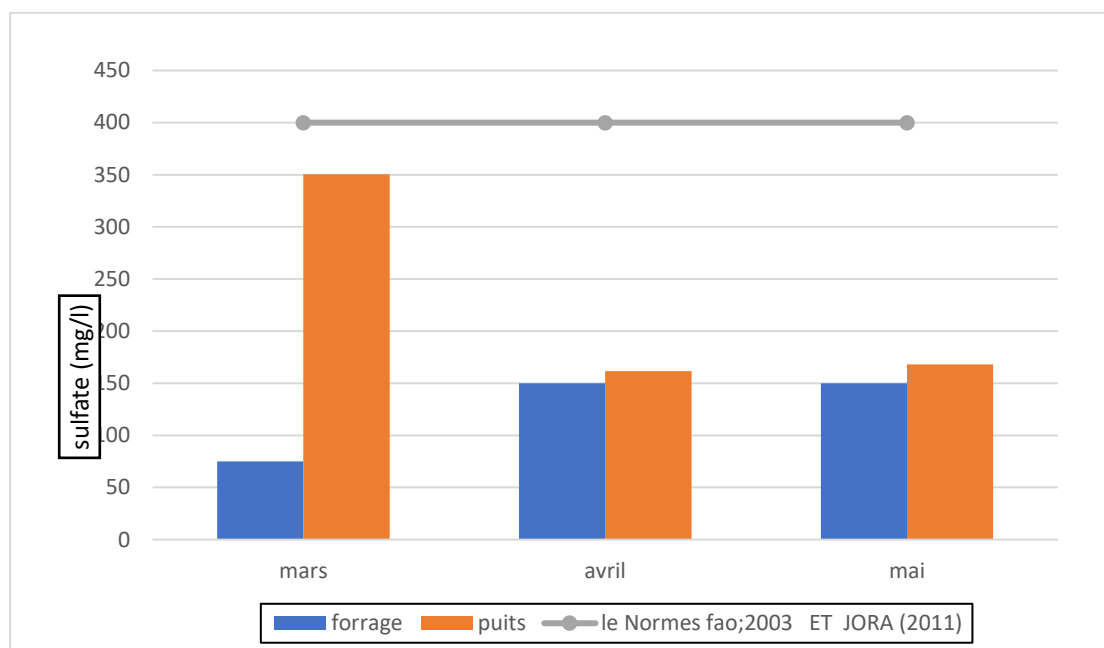


Figure 50: Histogramme de la variation du sulfate

La figure 50 montre que la teneur en sulfate dans les eaux de forages étudiées varie entre 75,08 et 150 et variaient entre 161,64 et 350,43 au niveau des puits pendant les trois mois de prélèvement.

Toutes ces valeurs sont conformes aux normes et inférieures à la valeur limite fixée par la norme de l'eau potable et l'eau d'irrigation 400 mg/L JORA (2011) et OMS (2003) et FAO (2003).

10.2. Le chlorure (Cl^-) :

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables. La présence de chlorures dans les eaux est due, le plus souvent, à la nature des terrains traversés. Peut être due aussi aux rejets des égouts, et infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques. Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive et nocive pour la santé.

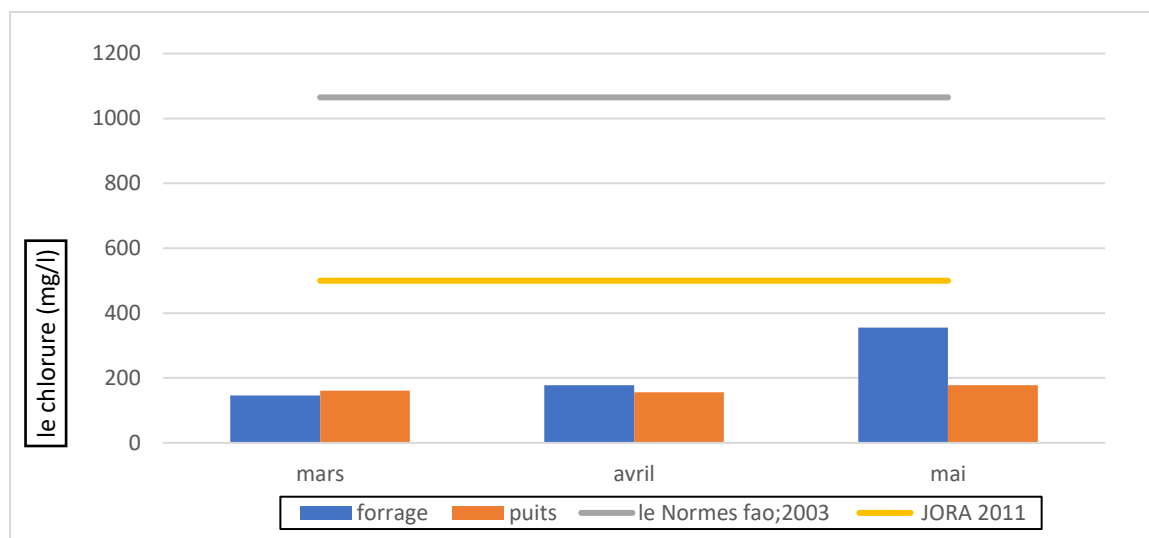


Figure 51: Histogramme de la variation du **chlorure**

La figure 51 montrent que la teneur des chlorures des eaux de forages étudiés variait entre 146 et 355 mg/l et variaient entre 158,2 et 177,5mg/l au niveau du puits pendant les trois mois de prélèvement.

Les valeurs de CL^- d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 500mg/l.

Les valeurs de CL^- d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 1065 mg/l.

Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs a' la valeur limite fixée par la norme de l'eau potable fixé de 500 (JORA,2011 ; OMS 2003) et la normes d'irrigation fixé de 1065 mg/l FAO (2003).

10.3. Le phosphate (po4) :

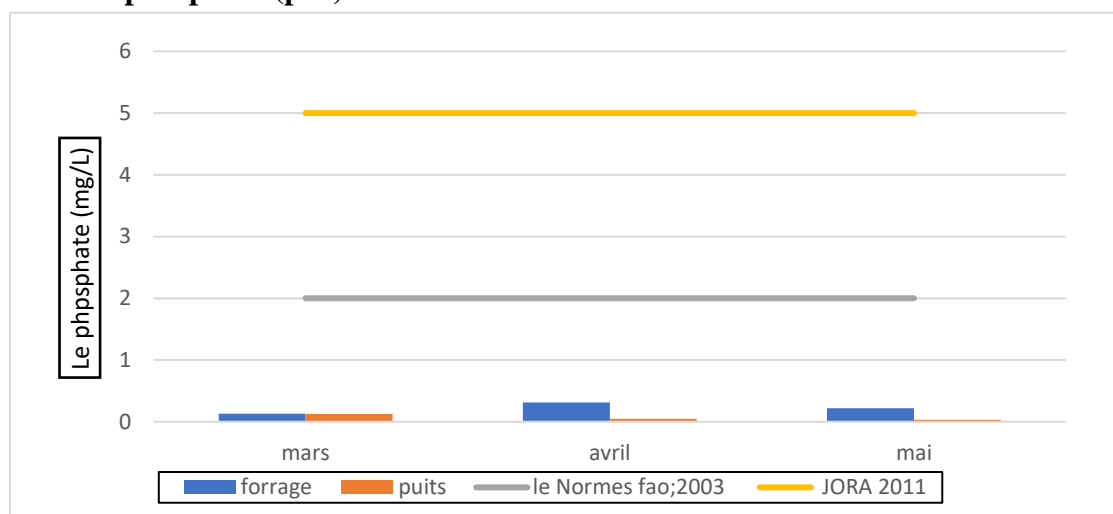


Figure 52: Histogramme de la variation du **phosphate**

La figure 52 montre que les valeurs de phosphate entre 0.03 _0.126 mg/l enregistrée au niveau du puits, les valeurs varient entre 0.132 _ 0 31 mg/l au niveau du forage pendant les trois mois de prélèvement.

Les valeurs de Po4 d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 5 mg/l.

Les valeurs de Po4 d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 2 mg/l.

Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs a' la valeur limite fixée par la norme de l'eau potable et que de 5 mg/l. (JORA,2011 ; OMS 2003) et le norme d'irrigation et que de 2 mg/l FAO (2003).

10.4. Le bicarbonate (HCO3) :

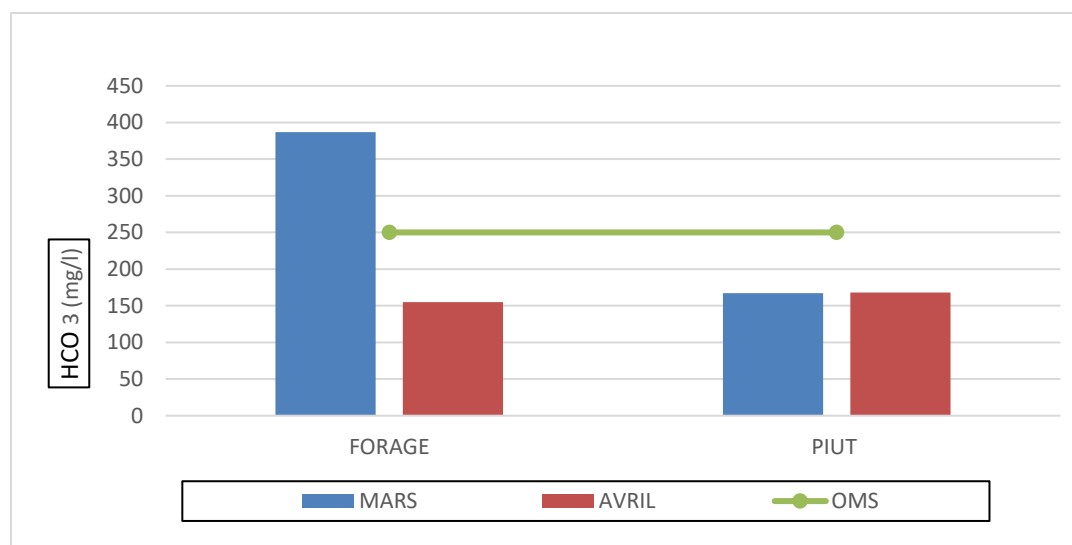


Figure 53: Histogramme de la variation du HCO3-

La figure 53montre La teneur en bicarbonate dans les eaux de forages étudiées varie entre 142 et 387 mg/l , les valeurs varient entre 137 et 168 mg/l au niveau du puits pendant les trois mois de prélèvement.

Sachant que l'indice de HCO3 d'une eau de bonne qualité propre à la consommation se situent 250 mg/l.

Toutes les valeurs sont conformes à la normes Algériennes qui est à l'ordre de 600 mg/l.

Les eaux de puits et de forage sont des eaux répondant aux normes de OMS (2003) sauf dans le forage au mois de Mars la valeur est supérieure à la norme a cause de lessivage des eaux de pluie dans le forage.

11. Les éléments polluants

1. Les matières organiques MO et les matières en suspension MES :

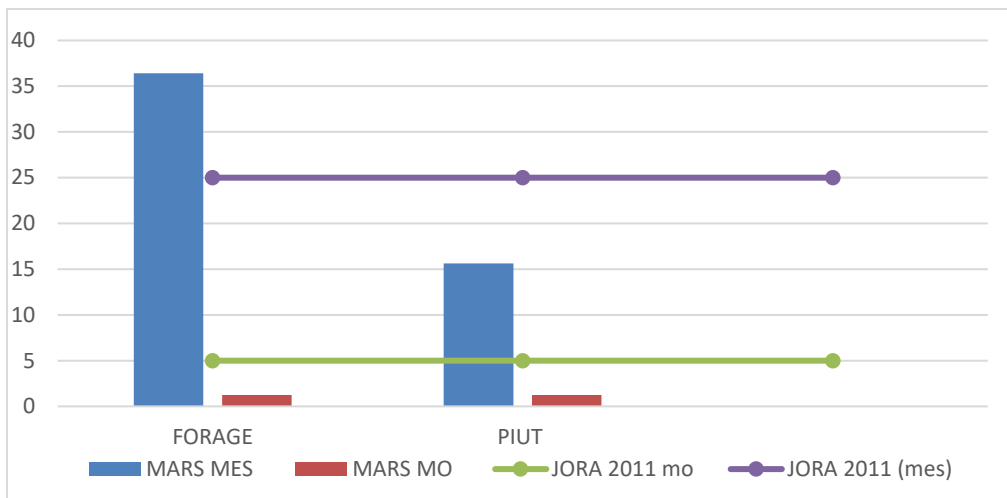


Figure 54: Histogramme de la variation du MO, MES.

- La figure 54 montre que la valeur de MES est de l'ordre de 15.62 mg/l au niveau du puits, et 36.43mg/l au niveau du forage.

La valeur de MES d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 25 mg/l (JORA. 2011).

La valeur de MES d'une eau de bonne qualité et propre d'irrigation se situent <70 mg/l5.

D'après ces résultats on remarque que le MES des eaux de puits conforme aux normes de (JORA .2011) et à l'OMS (2003). Les eaux de forage ne conforment pas aux normes algérienne (JORA .2011) par contre répond aux normes de l'OMS (2003) à cause de l'érosion du sol car le forage inféra fer est situé dans une terre Agricole.

- La figure 49 montre que la valeur de matière organique est de l'ordre de 1.23 mg/l enregistrée au niveau du puits et de 1.25 mg/l au niveau du forage.

On remarque que ces eaux répondant aux normes algérienne (JORA .2011) et la norme OMS (2003) fixé 5mg/l.

2. Le nitrate :

Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux superficielles et souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des engrais chimiques ou organiques, ainsi qu'aux rejets d'eaux usées ou mal traitées dans les cours d'eau.

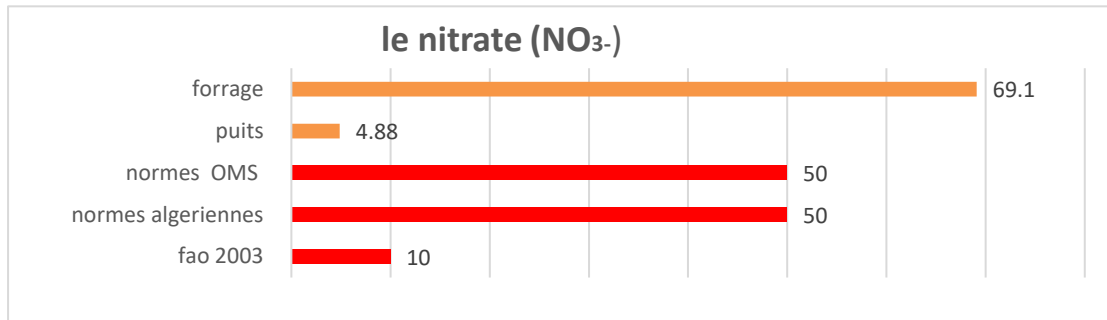


Figure 55: Variations de teneur en nitrate dans le forage et le puit et normes

La figure 55 montre que les teneurs des nitrates obtenues est de l'ordre de 4.88 mg/l enregistrée au niveau du puits et de 69.1mg/l au niveau du forage.

Sachant que l'indice de nitrate d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent à 50 mg/l.

Sachant que l'indice de nitrate d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent à 10 mg/l.

A partir de ces résultats on constate que les eaux de **puits** est propre à la consommation et à l'irrigation contrairement les eaux de **forage** saperaient la norme algérienne (JORA .2011)et la norme de l'OMS (2003) et FAO (2003), car les nitrates proviennent de l'utilisation des engrais agricoles et de la minéralisation de la matière organique, leur présence en grande quantité qui considérée comme une probabilité de pollution due la présence des rejets domestiques car ce forage est situé à côté des zones urbaines et aussi dans une zone agricole.

3. Le nitrite :

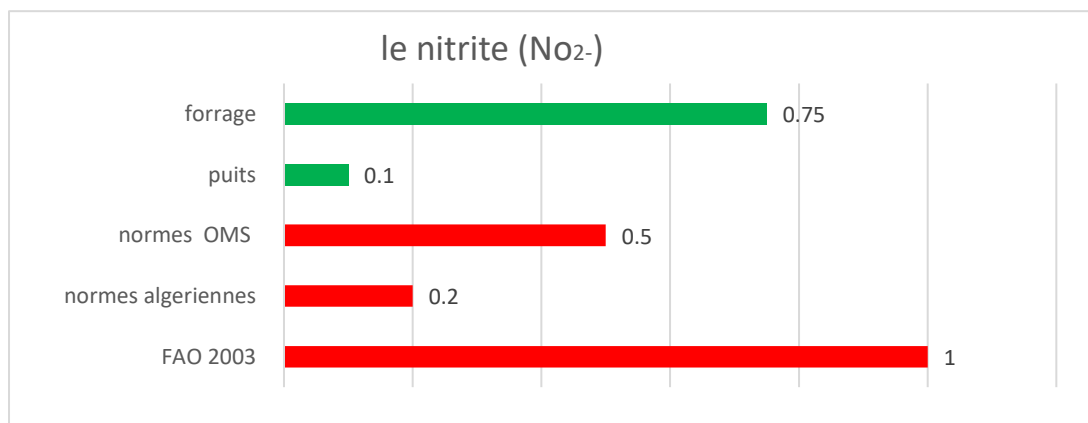


Figure 56: Variations de teneur en nitrite dans le forage et le puit et normes

La figure 56 montre que le nitrite est de 0.1 mg/l enregistrée au niveau du puits et de 0.75mg/l au niveau du forage.

La valeur du nitrite d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 0,2mg/l.

La valeur du nitrite d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 1 mg/l.

Les résultats montrent que les eaux de puits répondent aux normes algériennes (JORA .2011) et la norme OMS (2003) et FAO (2003) par contre dans le **forage** conforme seulement à la norme d'irrigation FAO (2003). A Cause de l'utilisation des engrais agricole et a' la pollution urbaine.

4. L'ammonium :

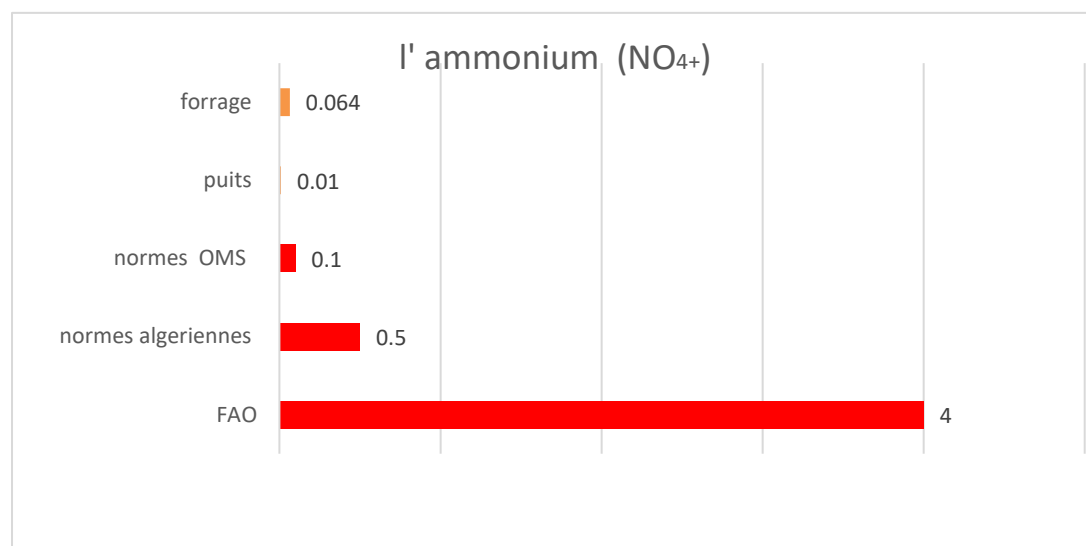


Figure 57: Variations de teneur en ammonium dans le forage et le puit et normes

La figure 57montre que l'ammonium est de 0.01 mg/l au niveau du puits, et de 0.064mg/l au niveau du forage.

Sachant que l'indice de d'ammonium d'une eau de bonne qualité propre à la consommation se situent 0. 5 mg/l.

Sachant que l'indice de d'ammonium d'une eau de bonne qualité propre à l'irrigation se situent 4 mg/l.

Les résultats présentent que ces eaux conformes aux normes algériennes (JORA .2011) et à la norme de l'OMS (2003) et la norme d'irrigation FAO (2003).

5. AL ammonium :

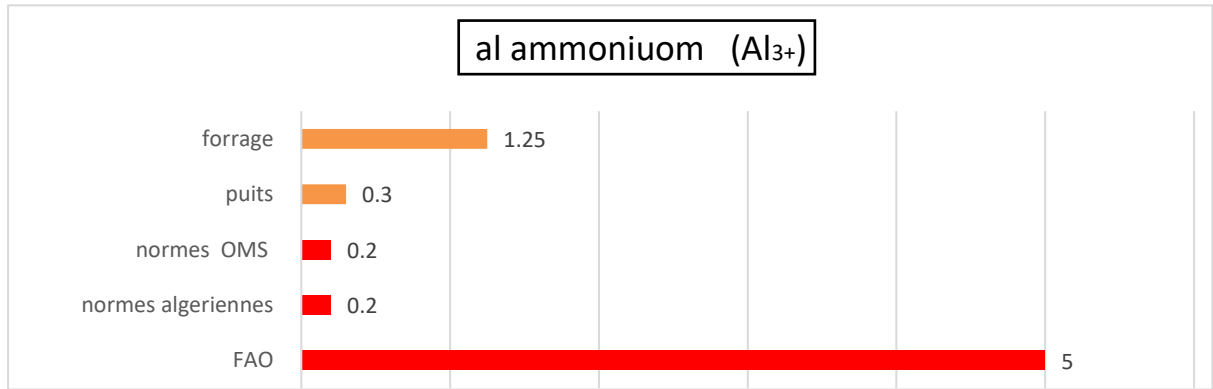


Figure 58: Variations de teneur en AL ammonium dans le forage et le puit

La figure 58 montre que la AL ammonium est de 0.3 mg/l au niveau du puits et de 1.25mg/l au niveau du forage.

Sachant que l'indice de AL ammonium d'une eau de bonne qualité propre à la Consommation se situent 0.2 mg/l.

Sachant que l'indice de AL ammonium d'une eau de bonne qualité propre à Irrigation situent 5 mg/l

D'après ces résultats on remarque que ces eaux ne répondent pas aux normes algériennes (JORA.2011) et la norme OMS (2003) sauf aux normes d'irrigation FAO (2003).

La présence d'Al ammonium se retrouve dans le phytoplancton et les micro-organismes. Ils peuvent également provenir de l'apport d'eaux usées urbaines épurées ou de rejets urbains ou agricoles.

6. Le manganèse :

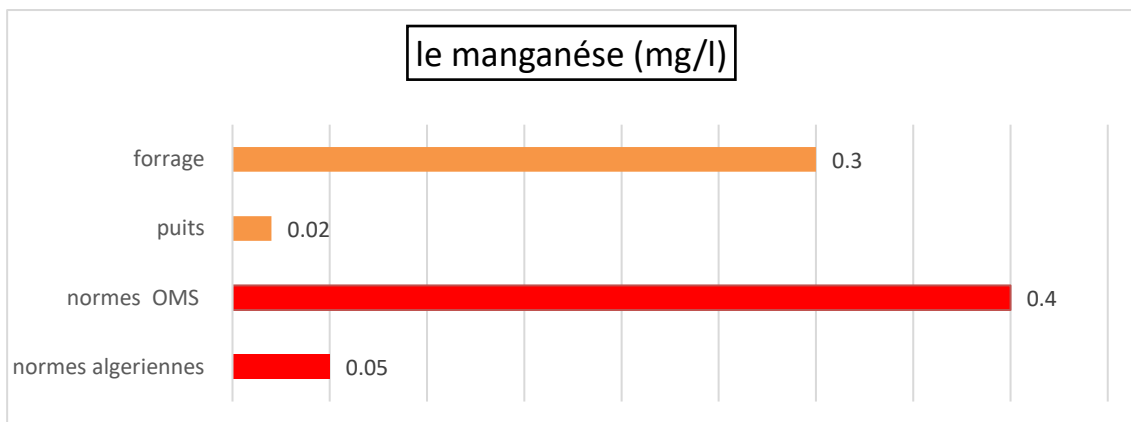


Figure 59: Variations de teneur en manganèse dans le forage et le puits et normes

La figure 59 montrent que la valeur enregistrée est 0.02 mg /l au niveau du puits et 0.3 mg /l enregistrée au niveau du forage.

La valeur du manganèse d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation se situent 0.05 mg /l.

Les résultats des eaux de puits sont des eaux conforment aux normes JORA (2011) et OMS (2003), par contre le forage ne répondant pas le norme de JORA (2011) à cause des activités humaine.

7. La demande chimique en oxygène DCO :

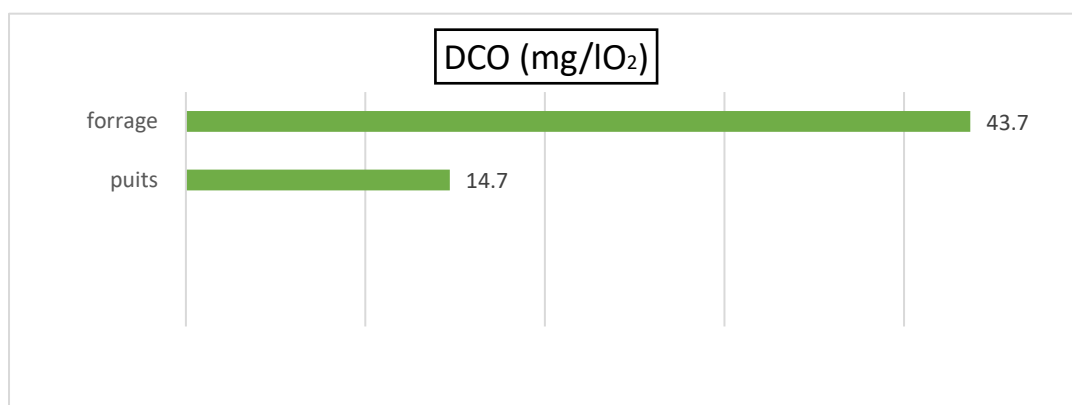


Figure 60: Variations de teneur en DCO dans le forage et le puit.

La figure 60 démontrent que la valeur du la DCO est 14.7mg /l O2'enregistrée au niveau du puits et de 43.7 .mg /l O2 enregistrée au niveau du forage.

8. La demande biologique chimique en oxygène DBO₅ :

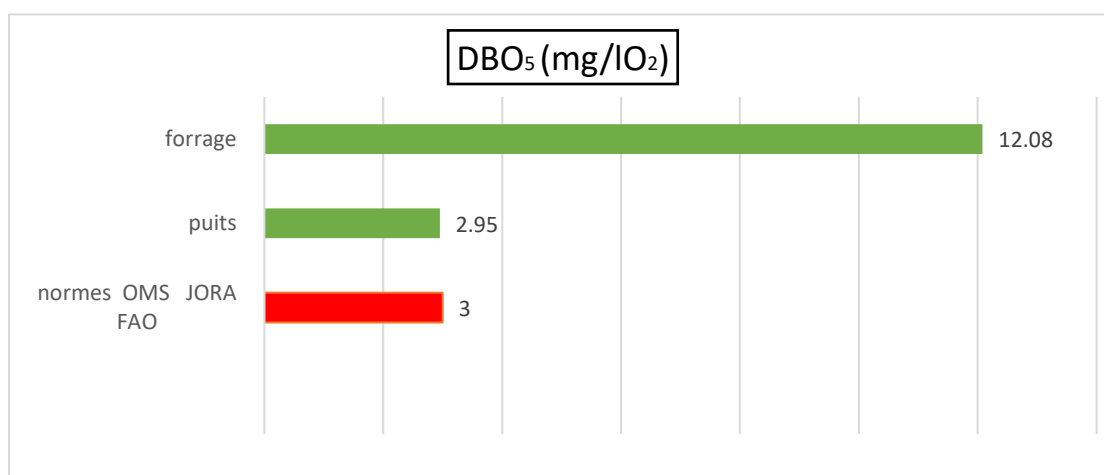


Figure 61: Variations de teneur en DBO5 dans le forage et le puits et normes.

La figure 61 montrent que la valeur du la DBO₅ sont 2.95 mg /l O₂ au niveau du puits et 12.08de.mg /l O₂ au niveau du forage.

La valeur du DBO₅ d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation et l'irrigation se situent 3 mg /lO₂.

Donc les eaux de puits sont des eaux conforment aux normes (FAO,2003 ; JORA 2011; OMS 2003), par contre le forage ne répond pas aux normes à cause de présence des rejet usées.

12. Le résidu sec :

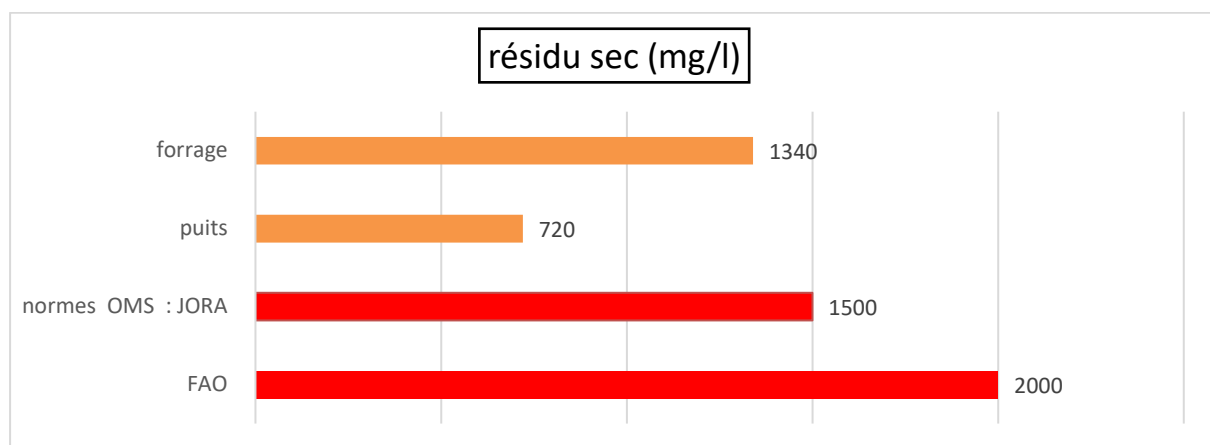


Figure 62: Variations de teneur en **résidu sec** dans le forage et le puits et normes.

La figure 62 démontrent que la valeur du Résidu SEC 720 mg /l est d'enregistrée au niveau du puits et 1340 mg /l enregistrée au niveau du forage.

La valeur du Résidu Sec d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation et irrigation se situent 1500 mg /l.

La valeur du Résidu Sec d'une eau de bonne qualité et propre à l'irrigation se situent 2000 mg /l.

Les eaux de **puits et de forage** sont des eaux conforment aux normes JORA (2011) et OMS (2003) et FAO (2003).

13. L'oxygène dessous :

L'oxygène dissous est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (Abdoulaye et Aboudou, 2016).

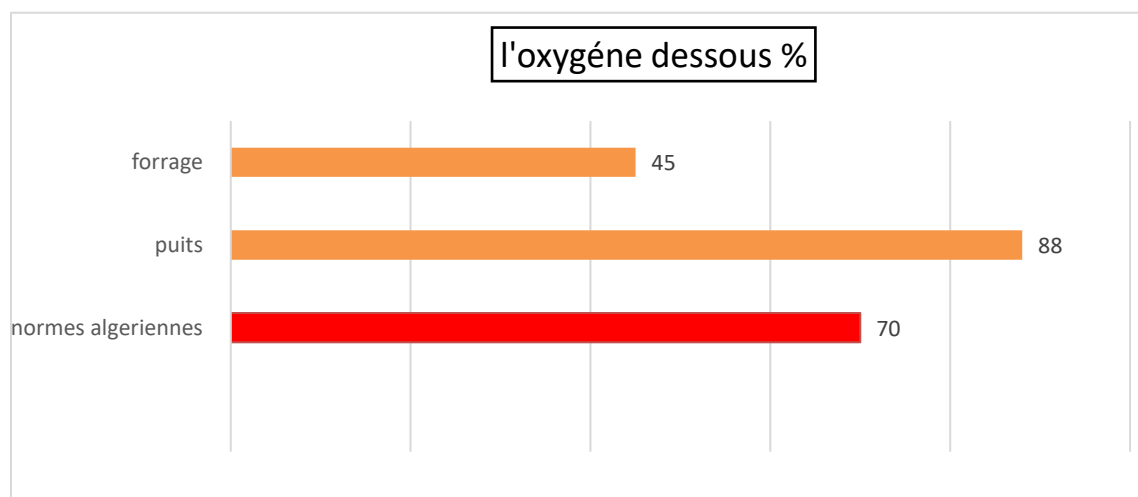


Figure 63: Variations de teneur en O₂ dans le forage et le puit et normes.

La figure 63 montrent que la valeur d'oxygène dessous est 88% et au niveau du puits et 45 % enregistrée au niveau du forage.

La valeur du O₂ d'une eau de bonne qualité et propre à la consommation et l'irrigation est supérieure à 70.

Les eaux de **puits** sont des eaux répond aux normes JORA (2011)

Par contre les eaux de **forage** ne conforment pas la norme, la concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte des paramètres physiques (la température, la salinité, mélange de la masse d'eau), chimique et biologique, et d'après Hazourli et *al.*, 2007, les eaux domestiques, riches en matières organiques et inorganiques dissoutes causent une chute de l'oxygène dissous.

III.3. Présentation graphique des cations et des anions majeurs :

3.1. Les cations et les anions majeurs du puits :

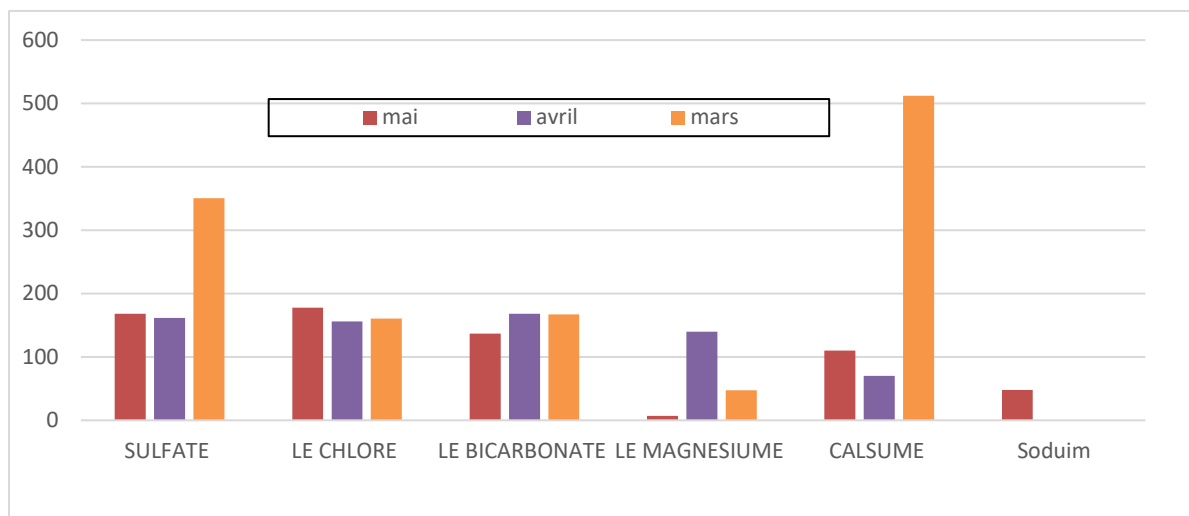


Figure 64: variations les anions et les cations majeurs au niveau de puits pendant les trois mois de prélèvement.

La figure 64 montre les valeurs des cations et des anions a été enregistrée au puits pendant les trois mois de prélèvement.

On note :

Au mois de Mars :

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le sulfate avec un valeur de 350.43 mg /L.

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le calcium avec une valeur de 512mg /L.

Au mois d'avril :

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le bicarbonate avec un valeur de 168 mg /L.

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le magnésium avec une valeur de 140 mg /L.

Au mois de Mai :

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le chlore avec une valeurs de 177 ,5 mg /L.

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le calcium avec une valeur de 110 mg /L.

3.2. Les cations et les anions du forage :

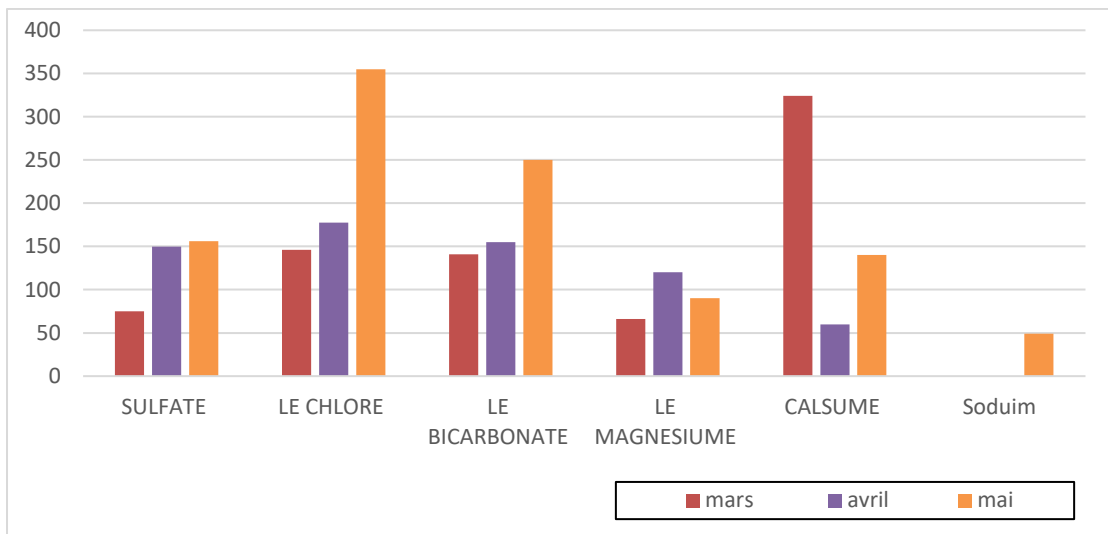


Figure 65: variations les anions et les cations au niveau de forage pendant les trois mois de prélèvement.

La figure 65 montre les valeurs des cations et des anions a été enregistrée au forage pendant les trois mois de prélèvement.

On note :

Au mois de Mars :

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le calcium avec une valeurs de 324 mg /L.

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le chlore avec une valeurs de 146 mg /L.

Au mois d'avril :

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le magnésium avec une valeurs de 120 mg /L.

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le chlore avec une valeurs de 177 mg /L.

Au mois de Mai :

✓ Les cations : l'élément le plus abondant est le calcium avec une valeurs de 140 mg /L.

✓ Les anions : l'élément le plus abondant est le chlore avec une valeurs de 355 mg /L.

III. 4. Les paramètre de la qualité des eaux :

Tableau N° 11: Tableau montré la qualité azotée.

Formes de l'azote	I: SITIATION NORMAL	II : pollution moderne	III : pollution notable	IV : pollution importante
NH4+ mg /L	<0 ;01	0,01-0,1	0,1-3	3
NO 2- mg /L	<0 ;01	0,01-0,1	0,1-3	3
NO3- mg /L	<10	10-20	20-40	40

Le tableaux 11 montre les formes de l'azote (Ammonium et Nitrite et Nitrate) :

- **Le nitrite (NO2-)** : la valeur de forage attribuée à' la pollution notable et le puits à la pollution moderne.
- **Le nitrate (NO3-)** :la valeur de forage attribuée à' la pollution importante et le puits situation normale.
- **L'ammonium (NH4+)** : la valeur de forge attribuée à' la pollution modern et le puits situation normale.

✓ **Les déférentes classes de qualité :**

- **I : Satiation Normal** : bonne qualité utilisable sans exigence particulière.
- **II : Pollution Moderne** : qualité moyenne nécessite un traitement simple.
- **III : Pollution Notable** : mauvaise qualité nécessite un traitement poussé.
- **IV : Pollution Importante** : très mauvaise qualité nécessite un traitement très poussé.

III.5. Les principaux faciès chimiques :

Les diagrammes de vont permettre une meilleure identification des faciès et des aspects qualitatifs des eaux souterraines analysée, ainsi que leur évolution. Dans ce but, nous avons entrepris dans notre cas et choisi des démarches de représentation, tels que celui de PIPER afin de mieux cerner les particularités des eaux étudiées.

5.1. Classification des eaux selon 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 cas ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite)

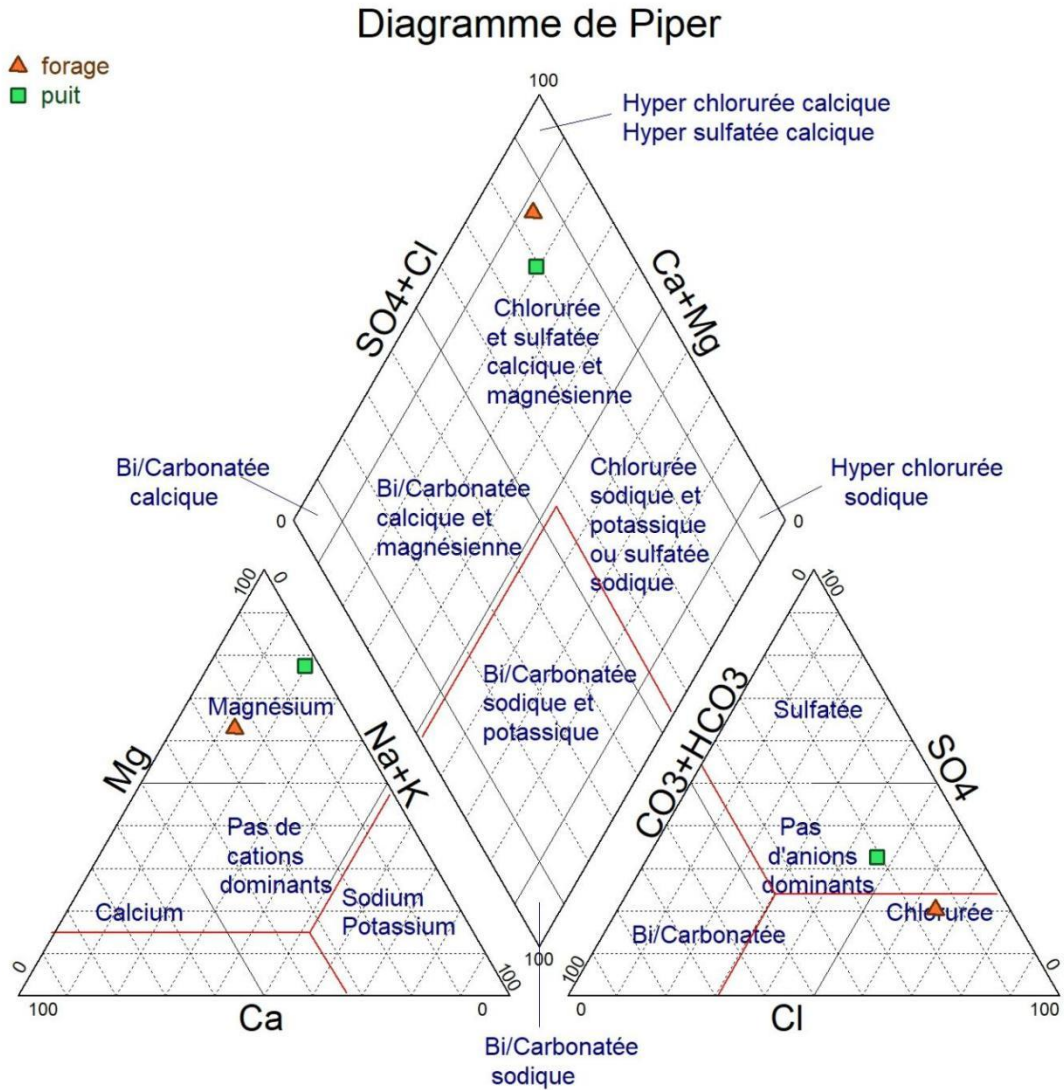


Figure 66: Faciès chimique des analysées des puits et de forage d’après le diagramme de PIPER

A partir du diagramme de piper présentés par la figure 64 on remarque une dominance calcique et magnésienne pour les cations, ainsi qu’une dominance anionique chlorurée pour le forage et le puits. D’après le diagramme on peut ressortir un seul faciès chimique :

- Chloruré et sulfaté calcique et magnésiennes.

III.6. Études de l’aptitude des eaux à l’irrigation :

L'agriculture durable passe par le maintien de la qualité du sol et de l'eau. Notre région d'étude étant à vocation agricole, l'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques et chimiques tolérables par les plantes. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour cela, nous allons utiliser plusieurs méthodes à l'aide de logiciel Diagrammes à fins de les classer.

Ce diagramme est basé sur les valeurs du rapport d'absorption en sodium (SAR, Na%) et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau. L'objectif était de représenter les échantillons sur le diagramme de, Riverside et Wilcox afin de faciliter la caractérisation des eaux profondes sur leur aptitude à l'irrigation.

6.1. Classification de l’eau d’irrigation selon le diagramme de Riverside :

Le risque de l'alcalinisation des sols par suite d'échanges ioniques, concernant surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol. De fortes teneurs en sodium modifient la structure des sols et leur perméabilité. On a utilisé le diagramme de Riverside qui permet de faire une classification des eaux selon leur aptitude à l'irrigation. il travaille avec la conductivité électrique à 25° C et la relation d'absorption du Sodium (S.A.R)

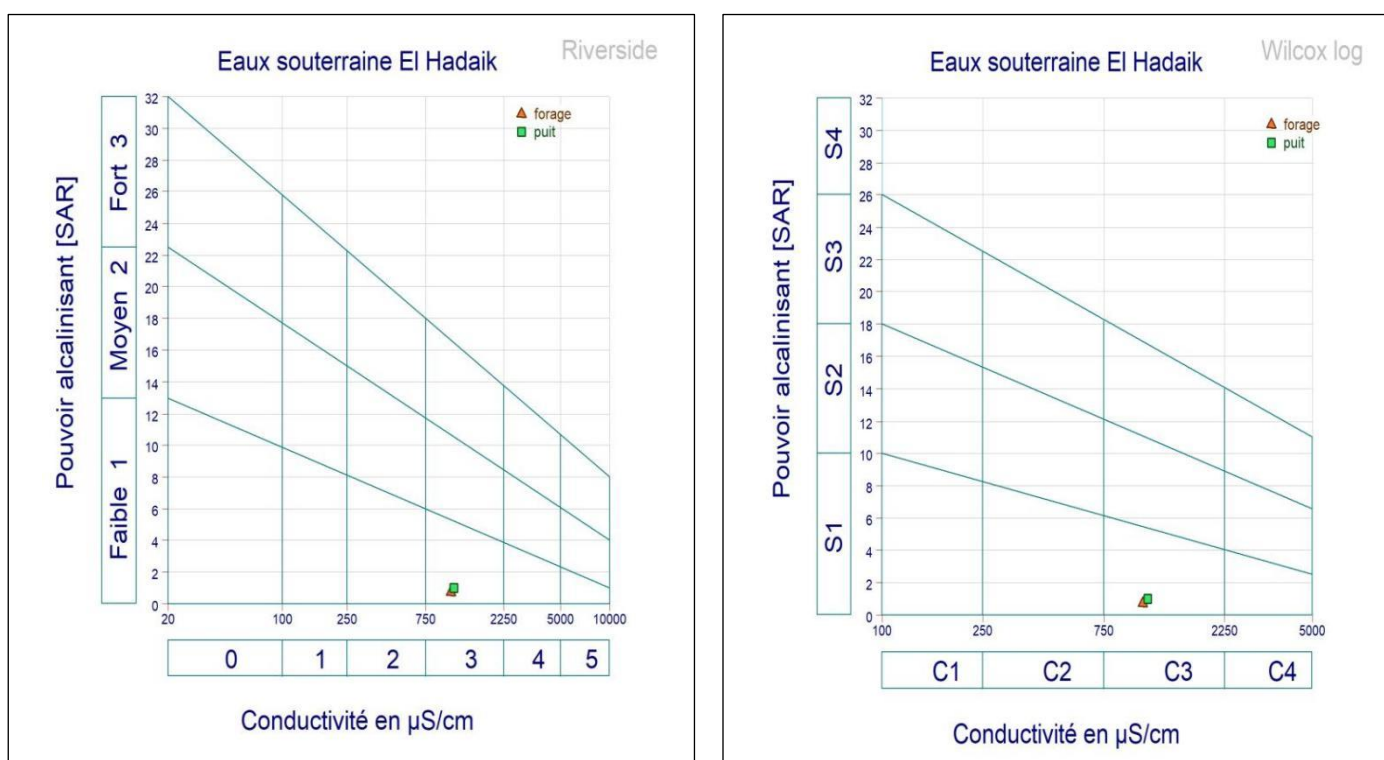


Figure 67: Diagramme de Riverside (pouvoir alcalinisant) pour les eaux de forage et de puits.

Tableau N° 12: Interprétation des diagrammes de Wilcox et Richards.

Richards	Wilcox	Etat
Bonne	C2S1	Caractérise des eaux d'assez bonne qualité, pouvant être utilisées sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes aux sols ayant une bonne perméabilité. Cette classe est à utiliser avec précaution dans les sols lourds, mal drainés et pour les plantes sensibles (fruitiers)
	C2S2	
Admissible	C3S1	Désigne des eaux médiocres, utilisables seulement pour l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés. La classe C3S2 utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse
	C3S2	
Médiocre	C4S2	Indique des eaux de mauvaise qualité, fortement minéralisées, qui ne peuvent convenir qu'à des espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés
	C3S3	
	C4S1	
Mauvaise	C4S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisé sous certaines conditions.
	C3S4	
	C4S3	

La projection des différentes valeurs de SAR qui variaient en fonction de la conductivité sur le diagramme de Riverside, a donné les classes suivantes :

C3S1 : Eaux admissible à l'irrigation, généralement, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée d'après le tableau 12

6.2. Classification de l'eau d'irrigation selon WILCOX (1948) :

Le développement des plantes est très faible ou nul dans les sols saturés en sodium, c'est pourquoi on utilise une classification basée sur 5 classes d'eau pour l'agriculture en fonction de 2 éléments : la conductivité électrique et la teneur du sodium dans l'eau exprimé en pourcentage.

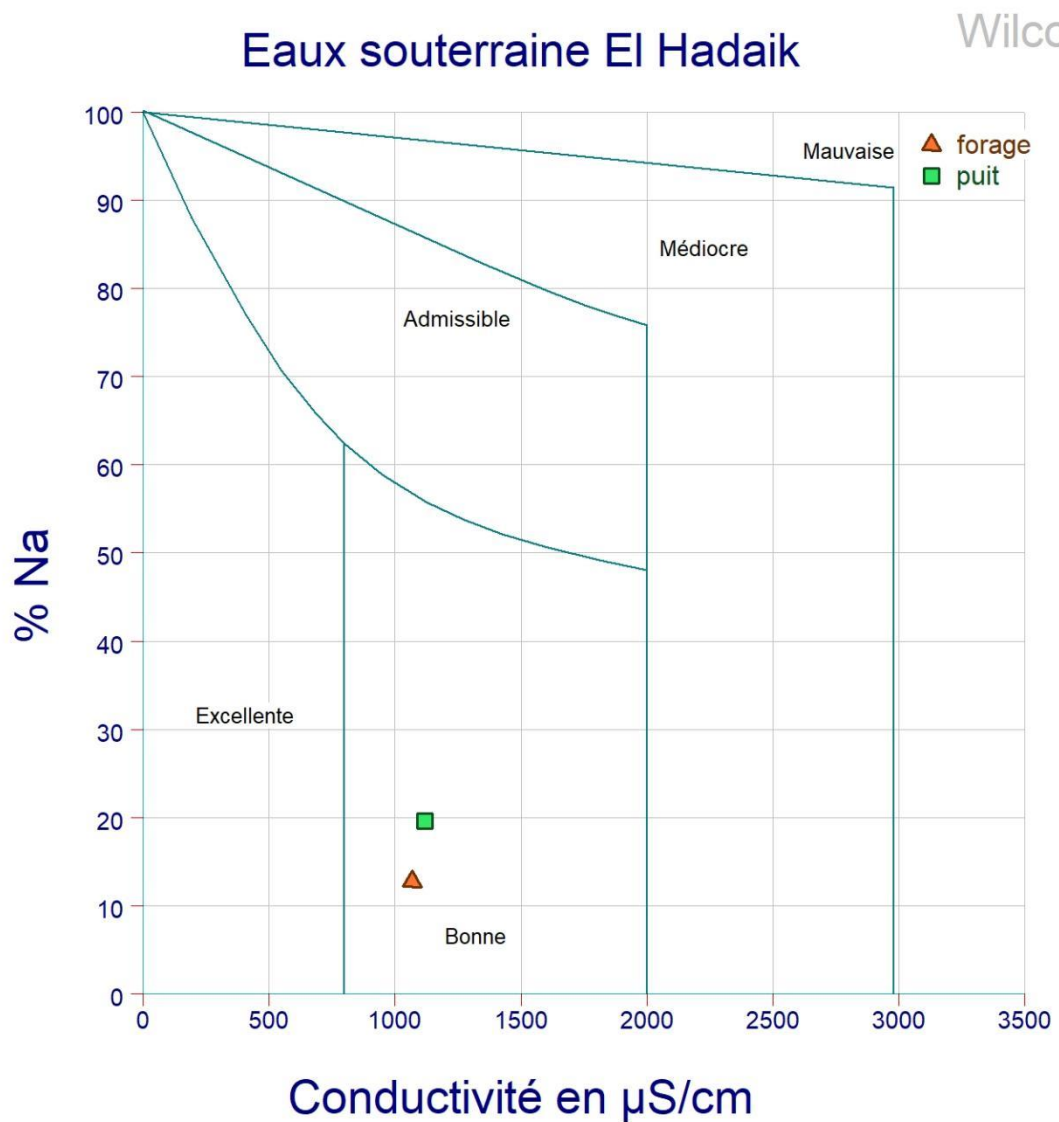


Figure 68: Diagramme de Wilcox pour les eaux de forage et de puits.

Selon Wilcox on constate que le forage étudié et le puits ont une eau représentée un caractère bon pour l'irrigation.

Conclusion générale



Conclusion générale

Les premières méthodes pour traiter et déterminer la bonne qualité de l'eau sont les analyses physiques et chimiques qui permettent de détecter les polluants et de garantir la sécurité humaine.

Elles revêtent une importance particulière dans les domaines industriels, agricoles et consommation de prévenir les effets négatifs sur l'environnement.

Au terme de cette étude, on a conclu que la région de Skikda est située dans la partie nord-est du pays. Il a une bande côtière d'une longueur de 140 km la wilaya de Skikda se caractérise par un climat méditerranéen chaud et sec en été et doux et pluvieux en hiver .

Elle appartient aux domaine bioclimatiques humides et sub-humides .

Grâce aux matériaux et méthodes utilisés nous avons obtenu les résultats illustrés pour les deux points de prélèvement (forage, puits) .

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons montrent que ces eaux sont caractérisées par :

_ Les valeurs de ph ,température, conductivité électrique, TAC et la couleur répondant aux normes dans le forage et le puits .

_ les valeurs de TDS dans le forage et le puits ne conforment pas aux normes, à cause de source naturelles, de l'écoulement urbain, de déchets municipaux, les produits chimiques utilisées pour traiter l'eau.

_ La turbidité et la dureté en normes dans le puits et dépasse dans le forage parce que la dureté de l'eau est un indicateur de niveau de calcaire dans l'eau, la présence de la turbidité peut être due à la présence de MES organique ou minérale ou au cours d'eau qui draine le forage (sable, bouse, particules organiques etc...). Elles sont en fonction de la nature des terrains traverse, de la saison, de la pluviométrie etc. ...

Pour les cations :

_ Le calcium selon le forage et le puits dépasser la norme à cause de calcaire ou du craie dans une moindre mesure du chlorure de calcium.

_ Le magnésium ne répondant pas en norme dans les deux points à cause d'utilisations des engrais agricole ou à la géologie du terrain.

_Le fer en norme dans le puits et dépasse le norme dans le forage à cause de La présence du fer dans l'eau peut centenier jusqu'à'1.2 mg/l ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés au à la pollution que peut être dit à la rouille de tuyaux.

_Les valeurs du sodium conforment aux normes dans le forage et le puits .

_ Les valeurs du potassium conformément aux normes de consommation dans le forage et le puits par contre ne répondant pas au norme d'irrigation à cause de pollution due à des rejets domestiques ou l' utilisations des engrais agricole

Pour les anions :

_ les valeurs du sulfate , chlore et phosphate dans le puits et le forage répondant au norme .

_ les valeurs de bicarbonate dans le puits et le forage répondant aux normes sauf dans le forage au mois de mars la valeur est supérieure au norme à cause de lessivage des eaux de pluie dans le forage.

Les éléments polluants :

• Les valeurs de nitrate et de nitrite ne répondant pas en norme selon le puits et le forage car les nitrates proviennent de la minéralisation de la matière organique et leur présence en grande quantité qui considérée comme une probabilité de pollution due à des rejets domestiques et urbain car ce forage est situé à Côté des zones urbaines et aussi à l'utilisation des engrais agricoles.

• Les valeurs de DBO5 et MES dépassent les norme dans le forage et répondant au norme dans le puits.

La DBO5 à cause de présence des rejet usées.

Le MES à cause de l'érosion du sol car le forage inféra fer est situé dans une terre agricole.

• Les valeurs de l' ammonium , le manganèse et matière organique sont répondant au norme dans le forage et le puits.

• Les valeurs d' al ammonium ne répondant pas au norme dans le forage et le puit à cause de la présence dans le phytoplancton et les micro-organismes. Ils peuvent également provenir de l'apport d'eaux usées urbaines épurées ou de rejets urbains ou agricoles.

• Les valeurs de DCO est 14.7 mg/l o2 au niveau du puits et 43.7 mg/l o2 enregistrée au niveau du forage.

_ Les valeurs de résidu sec conformément aux normes dans le puits et le forage .

_ Les valeurs de O2 répondant au norme dans le puits par contre dans le forage ne conformément pas à la norme , la concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte des paramètres physiques (la température ,la salinité ,mélange de la masse d'eau), chimique et biologique et d'après Hazourli et al., 2007, les eaux domestiques, riches en matières organiques et inorganiques .

D'après le tableaux des formes d'azote (Ammonium et Nitrite et Nitrate):

• Le nitrite (NO₂-) : la valeur de forage attribuée à' la pollution notable et le puits au pollution moderne.

• Le nitrate (NO₃-) : la valeur de forage attribuée à' la pollution importante et le puits situation normale.

- L'ammonium (NH_4^+) : la valeur de forge attribuée à la pollution modern et le puits situation normale.

A partir du diagramme de piper on remarque une dominance calcique et magnésienne pour les cations, ainsi qu'une dominance anionique chlorurée pour le forage et le puits. D'après le diagramme on peut ressortir un seul faciès chimique Chloruré et sulfaté calcique et magnésiennes.

Le diagramme de Riverside, a donné les classes C3S1 : Eaux admissible à l'irrigation, généralement, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée d'après le tableau

Selon Wilcox on constate que le forage étudié et le puits ont une eau représente un caractère bon pour l'irrigation.

Enfin, selon les analyses physico-chimiques, les eaux du puit est propre à la consommation et à l'irrigation par contre les eaux du forage est propre à l'irrigation ne convient pas à la consommation.

**Références
bibliographiques**

Les ouvrages de référence :

1. **A.N.P.E** agence national pour la protection de l'environnement
2. **ANIREF, monographie** de la wilaya de Skikda. Agence national d'intermédiation et de régulation foncière rubrique monographie wilaya (wilaya de Skikda).
3. **Bagnouls et Gaussien 1953** saison sèche et indice xérothermique. bulle.histe.nat. Toulouse.88(3-4) ;184-239
4. **Cours : n 5** : les facteurs climatiques de l'écoulements les précipitations
5. **DRE** direction des ressources en eaux Skikda.
6. **DRU 2020.**
7. **DSP** direction des services des populations.
8. **Frédéric ,2010** humidité atmosphérique et précipitation P33
9. **O.N.M.2012** office national de la météorologie. Unité du port de Skikda.

Les mémoires :

1. **ABERKANE Karima**2016 Comparaison entre la qualité de l'eau potable traitée à la station de production KoudiatAcerdoune - Bouira et l'eau dessalée à la station de dessalement Cap Djinet–Boumerdes .Mémoire de magistère .Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira .
2. **AMMAR Tir** cours d'hydrochimie et d'hydrogéochimie :normes et usages de l'eau .Université of Mustafa Ben Boulaid Batna 2 -Algeria
3. **BOUCHELLIK Amira**2022 caractérisation de la qualité des eaux usées épurées et leur réutilisation en agriculture (cas de la step de Guelma). Mémoire de magistère. Université 20 Aout 1955 p (29).
4. **BOUCHELLIK Amira**2022 caractérisation de la qualité des eaux usées épurées et leur réutilisation en agriculture (cas de la step de guelma).Mémoire de magistère. Université 20 Aout 1955 **p (29)** .
5. **HASSANI Ichrak** mémoire CARACTERISATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE BOUMERDES Faculté des Sciences et Sciences Appliquée Mémoire de Fin d'Etude 2021/2022 .
6. **Ladjelsamia**2012 contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de boisson. Mémoire de magistère.Université 20 Aout 1955 p(14) .
7. **Musy. A,** « cours d'hydrologie générale, ISTE/HYDRAM » 2005.
8. **Saadali Riad 2007**détermination des paramètres hydrosperifs de la basse vallée de l'oued saf-saf (w -Skikda) -géologie. Mémoires de magistère. Université Badji Mokhtar p11) .

9. **SEBBAGH.M et al , 2022** etude de la qualité physicochimiaues des eaux d'Oued Zeramma -SKIKD-Mémoire de magistère. Université 20 Aout 1955 .
10. **Touati et al, 2004** cadastre littoral de la wilaya de Skikda. P16 .
11. **Zidi Anissa,2021** Evaluation des impacts de l' irrigation par les eaux d'Oued Méskiana (Oum El Bouaghi) sur les sols de la région de Méskiana

Les sites internet :

1. **Actu Environnement** : actualité, news, newsletter environnement et développement durable (actu-environnement.com).
2. **Actualité technologique et scientifique** (techno-science.net)
3. **AquaPortail** : aquariophilie et biologie .
4. **Futura**, Le média qui explore le monde (futura-sciences.com) .
5. **Pump Manufacturer in India** | Aquatex | Texmo (aquagroup.in) .
6. Traitement et Purification de l'eau - **Lenntech** .
7. **Umvie**- Le Webzine du Quotidien .
8. **Wikipédia**, l'encyclopédie libre (wikipedia.org) .
9. **ZeroWater**Advanced Filtration .

Résumé

L'eau est une ressource essentielle à la consommation et à la vie quotidienne. Dans cette perspective, nos travaux de recherche se sont appuyés sur l'évaluation de la qualité physique et chimique des eaux souterraines de la communauté El-Hadaiek de la province de Skikda.

Un suivi et un contrôle ont été effectués sur plusieurs échantillons d'eau prélevés dans un puits et dans un forage. L'évaluation porte sur un ensemble de tests expérimentaux, incluant un certain nombre de facteurs physiques et chimiques (température, pH, conductivité électrique, dureté, turbidité, titre d'alcalinité, calcium, sulfate, nitrite, nitrate d'ammonium ...)

Les résultats de cette étude ont montré que l'eau de puits destinée à la consommation humaine et à l'irrigation est de bonne qualité et conforme aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS 2003) et le journal officiel de la république algérienne (JORA 2011) et de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO 2003). L'eau de forage destinée à la consommation est de moyenne qualité physique et chimique. Le seuil de pollution dépasse les normes admissibles, car nous avons remarqué que la valeur du nitrate dépasse les normes à 69,1 mg/L. Cette valeur doit être prise en considération car sa présence indique la présence d'une pollution qui doit être traitée pour éviter les maladies ...

Selon Wilcox on constate que le forage étudié et le puits ont une eau représente un caractère bon pour l'irrigation.

Pour éviter les risques sanitaires et résoudre ces problèmes, la société des eaux et des eaux usées doit respecter des procédures strictes de stockage, de traitement et de transport de l'eau depuis le point de production jusqu'aux points de distribution et de consommation.

Mots clés : la qualité physico-chimique, les eaux souterraines, forage, Skikda, irrigation, consommation des eaux.

Abstract

Water is an essential resource for consumption and daily life. In this perspective, our research has focused on evaluating the physical and chemical quality of groundwater in the Hadaiek community of the Skikda province.

Monitoring and control were carried out on several water samples taken from a well and a borehole. The evaluation involves a set of experimental tests, including a number of physical and chemical factors (temperature, pH, electrical conductivity, hardness, turbidity, alkalinity, calcium, sulfate, nitrite, ammonium nitrate...).

The results of this study showed that well water intended for human consumption and irrigation is of good quality and meets the standards of the World Health Organization and official newspaper of the Algerian republic (JORA 2011) and the Food and Agriculture Organization (FAO 2003). The borehole water intended for consumption is of medium physical and chemical quality. The pollution threshold exceeds acceptable standards, as we noticed that the nitrate value exceeds the standards at 69.1 mg/L. This value must be taken into consideration as its presence indicates pollution that needs to be treated to avoid diseases...

According to Wilcox, the studied borehole and well water have good characteristics for irrigation.

To avoid health risks and solve these problems, the water and wastewater company must adhere to strict procedures for the storage, treatment, and transportation of water from the production point to the distribution and consumption points.

Keywords: physicochemical quality, groundwater, drilling, Skikda, irrigation water consumption.

ملخص

الماء مورد أساسي للاستهلاك والحياة اليومية. في هذا السياق، استندت أبحاثنا إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في بلدية الحدائق بولاية

سكيكدة.

تمت المراقبة والتحكم في عدة عينات لمياه مأخوذة من بئر وحفر. يشمل التقييم مجموعة من الاختبارات التجريبية، بما في ذلك عدد من العوامل الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، التوصيل الكهربائي، الصلابة، العكارة، القلوية، الكالسيوم، الكبريتات، النتريت، نترات الأمونيوم...).

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مياه الآبار المخصصة للاستهلاك البشري والري ذات جودة جيدة وتلي معايير منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية (2011) ومنظمة الأغذية والزراعة (2003). مياه الحفر المخصصة للاستهلاك ذات جودة فيزيائية وكيميائية متوسطة. يتجاوز حد التلوث المعايير المقبولة، حيث لاحظنا أن قيمة النترات تتجاوز المعايير بمقدار 69.1 ملغ/لتر. يجب أخذ هذه القيمة بعين الاعتبار لأن وجودها يشير إلى وجود تلوث يجب معالجته لتجنب الأمراض...

وفقاً لويلكوكس، فإن المياه المدروسة من الحفر والبئر تتمتع بخصائص جيدة للري.

لتجنب المخاطر الصحية وحل هذه المشاكل، يجب على شركة المياه والصرف الصحي الالتزام بإجراءات صارمة لتخزين ومعالجة ونقل المياه من نقطة الإنتاج إلى نقاط التوزيع والاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية، الحفر، سكيكدة، الري، استهلاك الماء.