



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji-Laghouat

FACULTE: SCIENCES

DEPARTEMENT: SCIENCES AGRONOMIQUES

DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE: SCIENCES ALIMENTAIRES

SPECIALITE: AGROALIMENTAIRE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par: MAATA Bakhta, DENNAKA Jamila

Thème

Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux d'irrigation dans la région de Laghouat

Jury de soutenance:

M. CHAIBI RACHID	Pr	(Université Amar Thelidji-Laghouat)	Président
M. KOUIDRI YUCEF	M.C.B	(Université Amar Thelidji-Laghouat)	Examineur
M. BENHASSINE MOHAMED AMINE	M.A.A EL	(Université Amar Thelidji-Laghouat)	Encadreur
M. HAMIDA LAMINE	M.A.B	(centre universitaire Aflou)	Co-Encadreur

Promotion: 2023

Remerciements

Avant tout, nous glorifions ALLAH le tout puissant, de M'avoir accordé la force, le courage et les moyens Pour la réalisation de ce travail.

*Nous tenons à remercier **M.BENHASSINE MOHAMEDELAMINE***

d'avoir Accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir Conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de M'apporter son attention tout au long de ce travail.

*Nous tenons également à remercier **M. HAMIDA AMINE** pour ses efforts et son aide dans la réalisation de ce travail.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements au président du jury **Pr : CHAIBI RACHID** Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence et l'examineur **Dr KOUIDRI YUCEF** Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'expertiser d'évaluer ce manuscrit en de manière objective et sérieuse de mémoire*

Nous remercie tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de Laghouat, particulièrement ceux du département des sciences d'agronomie.

*Nous remercions le service de l'ADE : **M.HAMADA et Mme. ILHAM***

Pour leurs encouragements et ses conseils.

*Nous remercions **Mme MAHFOUDI ROKAYA** pour Nous aider et nous soutenir tout au long de la période de ce travail.*

Enfin, Nous tenons à remercier aussi toute personne qui nous a aidé ou encouragé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Dieu merci, qui nous a aidés avec la science et nous a décorés de rêves et nous a honorés avec la piété et notre bien-être.

*Je dédie mon humble travail au bouclier protecteur et au trésor restant, à **mon père**, que Dieu prolonge sa vie.*

*Au symbole du don, de la bienveillance et de la fidélité, les deux plus belles femmes, **ma mère** qui m'a mis au monde et **ma mère Fatima** qui m'a élevée, que Dieu prolonge leur vie.*

*À ceux qui sont le début du passé et l'aide du présent, le soutien de l'avenir, sans qui il n'y a pas de vie et pas de plaisir sans leur compagnie : **Mebarka, Freiha.** Et mon cher frère **Abdel Kader.***

A toute ma famille.

*Ames chères amie(s) : **Amina Ghoufrane , Saadia, Mariam Fadwa, Anfal ,Najwa et Bouchra.***

Et à la fin, Seigneur, ne me laisse pas devenir arrogant si je réussis, et ne désespère pas si j'échoue, mais rappelle-moi toujours que l'échec est l'expérience qui précède le succès.

Amen, Seigneur des Mondes.

M.BAKHTA

Dédicace

*Loué soit Dieu qui m'a permis d'accomplir ce et raval, et à mont Our je le
dédie A qui Dieu a placé le paradis sous ses pieds, à la source de tendresse et
à la source des écrite, à la bien-aimée de l'âme, ma chère mère.*

*Au propriétaire de la pensée éclairée, à celui qui m'a donné les armes du
succès et m'a*

Soutenu dans mon cheminement académique, à celui qui a planté en moi

L'amour de la recherche, à toi, mon cher père.

A mes chers frères, chacun son nom.

*Et à tous ceux qui m'ont aidé et soutenu dans cette aventure
passionnante.*

*Mes chères amies, Karima noura, abir, Amina pour ses patiences et ses
soutiens morales tout au long de mes études*

*Mes amis qui sont toujours là prés de moi dans les bons moments Mais aussi dans le
smauvais.*

A Tous ceux qui ont pensé à moi.

D. Djamila

ركز دراستنا على تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الري في منطقة الأغواط.

أجريت التحاليل على سبع عينات مقسمة إلى عدة مناطق. عن طريق قياس المعلمات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، المواد الصلبة الذائبة، التعكر، النترات، إلخ.) والبحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها: الجراثيم الكلية، القولونيات الكلية، القولونيات المختزلة البرازية مثل كبريتات المطثية. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها الجودة الجيدة وبالرجوع إلى المعايير الوطنية، وكشفت التحليلات البكتريولوجية عن وجود البكتيريا المسببة للأمراض كبريتات كلوستريديوم فقط في منطقة واد مرة وانخفاض التلوث البرازي. قادنا ذلك إلى اعتبار أن المياه في هذه المنطقة ذات نوعية جيدة في جميع أنحاء المنطقة.

الكلمات المفتاحية الاغواط الماء الابار الري الجودة الكيميائية الجودة الفيزيائية الجودة الميكروبيولوجية .

Résumé

Notre étude porte sur l'évaluation des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'eau d'irrigation dans la région de Laghouat.

Les analyses ont été réalisées sur sept en plusieurs zones. En mesurant les paramètres physicochimiques (pH, T°, TDS, turbidité, nitrate...etc.) .Et de rechercher des germes indésirables : *germes totaux, coliformes totaux, coliforme réducteurs fécaux tels que le sulfate de Clostridium*. Les analyses physico-chimiques obtenus ont montré la bonne qualité et se référant aux normes nationales, les analyses bactériologiques révèlent la présence les bactéries agents pathogènes *Clostridiumsulfito-réducteurs seulement* dans la région Oued Morra et une faible contamination fécale. Ceci nous a conduits à considérer que l'eau dans cette zone est de bonne qualité dans toute la région.

Les mots -clés : Laghouat; l'eau, puits, irrigation ; qualité physico-chimiques ; qualité microbiologique.

Abstract

Our study focuses on the evaluation of the physicochemical and bacteriological characteristics of irrigation water in the Laghouat region.

The analyzes were carried out on seven samples divided into several zones. By measuring the physicochemical parameters (pH, T°, TDS, turbidity, nitrate, etc.). And to look for undesirable germs: total germs, total coliforms, faecal reducing coliforms such as *Clostridium sulphate*. The physico-chemical analyzes obtained showed the good quality and referring to national standards, the bacteriological analyzes reveal the presence of the pathogenic bacteria *Clostridiumsulphite-reducers only* in the OuedMorra region and a low faecal contamination. This led us to consider that the water in this area is of good quality throughout the region.

Keywords: Laghouat; water; wells, irrigation; quality physic-chemical; quality microbiology.

Liste des abréviations:

% : pour cent.

(-) : négatif.

(+) : positif.

H₂O: Eau.

ACL : Agglomération Chef Lieu de commune.

ADE : algériennes des eaux.

AEP : Approvisionnement en eau potable.

AFNOR: Association Française de normalisation.

BCPL : Bouillon Lactosé au Bromo Crésol Pourpre.

C° : degré Celsius.

Ca⁺²: ions calcium.

D/C : double concentration.

E .coli : *Escherichia coli*.

EDTA : acide éthylène-diamine-tétracétique

FAO : Food Agriculture Organisation

h : heure.

Ha : hectare

HCO₃⁻: ions hydrogénocarbonate.

HT : Dureté total

JORA : journal officiel de la république algérienne.

K⁺: ions potassium.

meq/l: milli équivalent par litre

mg/l : milligramme par litre.

Mg⁺² : ion magnésium.

mS: MiliSiemence

Na⁺: ion sodium.

NO₃⁻ : ion nitrates.

NPP : nombre le plus probable.

NTU : nephelometric turbidity unit.

PH : potentiel hydrogène.

S/C: simple concentration.

SAR : Taux du sodium en solution

SO₄⁻²: ions sulfate.

T: Température

TDS : Sels dissout totaux.

TH : titre hydrotimétrique.

Tu : Turbidité

UFC : Unités Formant Colonies

VF : viande foie.

μS/cm : micro siemens par centimètre

Cl⁻ : Chlore.

LISTE DES FIGURES :

N° de la figure	Titre	Page
Figure 1	Structure de la molécule de l'eau	3
Figure 2	Représentation schématique du cycle de l'eau global	4
Figure 3	Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat	17
Figure 4	Présentation du région géographique de Laghouat	18
Figure 5	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'étude "Aflou".	20
Figure 6	Carte de répartition des points d'eaux d'irrigation réalisée par nous et notre Encadreur	21
Figure 7	puits dans la région Al- Hadj Mechri	22
Figure 8	puits dans la région Brida	23
Figure 9	le prélèvement de l'eau	23
Figure 10	Détermination des germes totaux à gélose TGEA (22- 37 °C)	30
Figure 11	Test de présomption	32
Figure 12	Test de confirmation	33
Figure 13	Test de présomption des Streptocoques fécaux	34
Figure 14	Clostridiumsulfito-réducteurs	35
Figure 15	Variations de la Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) de l'eau d'irrigation	38
Figure 16	Variations de la minéralisation (mg/l)	39
Figure 17	Variation de TDS (DS/m)	40
Figure 18	Variations de la Salinité (%) de l'eau d'irrigation.	41

Figure 19	Variations des températures (T °C) de l'eau d'irrigation	42
Figure 20	Variations du pH de l'eau d'irrigation	43
Figure 21	Variations de la Turbidité de l'eau d'irrigation en NTU.	44
Figure 22	Variations de la dureté en (mg/l).	44
Figure 23	Variations de la Sodium (Na ⁺)	45
Figure 24	Variations de la Potassium k^+	46
Figure 25	Variation du Calcium (Ca ²⁺)	46
Figure 26	Variation de magnésium (Mg ⁺)	47
Figure 27	Variation de chlorure	48
Figure 28	La variation du HCO ₃ ⁻	48
Figure 29	Variation de sulfates (SO ₄ ⁻²)	49
Figure 30	Variations de la Nitrates (mg/l)	50
Figure 31	Variations du RS (mg/l)	50
Figure 32	Variations du SAR (mg/l)	41
Figure 33	Hierarchie des eaux d'irrigation par CAH (dendrogramme)	52
Figure 34	corrélation des variables sur le plan factoriel	54
Figure 35	Graphique symétrique	55
Figure 36	Qualité bactériologique de l'ensemble des échantillons d'eau collectés	56
Figure 37	Evaluation de la contamination globale de l'eau étudiée	59
Figure 38	Dénombrement des germes totaux des échantillons d'eau	59
Figure 39	Germe totaux dans le milieu TGEA après incubation à 37°C et à 22 °C	60
Figure 40	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux des échantillons d'eau	60

Figure 41	Dénombrement des Streptocoques des échantillons d'eau	61
Figure 42	<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> dans l'eau	61
Figure 43	les spores de <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	62

LISTE DES TABLEAUX

N° du tableau	Titre	Page
Tableau 1	Maladies à transmission d'eau d'irrigation	13
Tableau 2	Journal officiel de l'Association de développement régional n° 41 du 15/07/2012	14
Tableau 3	l'élément maximal dans l'eau d'irrigation	15
Tableau 4	Paramètres de bactériologique	16
Tableau 5	les précipitations moyennes mensuelles enregistrées a Laghouat en 2022.	19
Tableau 6	Les températures moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat entre 2022	19
Tableau 7	Matériel utilisé pour l'étude de la qualité physicochimique.	24
Tableau 8	Protocoles de mesures des paramètres physico-chimiques	25
Tableau 9	Matérielutilisé pour l'étude de la qualité bactériologique.	29
Tableau 10	Variations des paramètres physicochimiques de l'eau dans quelques puits de la région prospectée.	37
Tableau 11	Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée	38
Tableau 12	Détermination de la minéralisation en mg/l = C 25 X coefficient	40
Tableau 13	du paramètre de SAR	51
Tableau 14	Matrice de corrélation entre les paramètres chimiques des eaux de la zone d'étude	53
Tableau 15	La présence des bactéries recensées par site	57
Tableau 16	les germes dans les échantillons d'eau	57
Tableau 17	Dénombrement des flores bactériennes par échantillon	58

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations:	I
LISTE DES FIGURES :	III
LISTE DES TABLEAUX	VI
INTRODUCTION	IV
INTRODUCTION	1

CHAPITRE : I

GENERALITE SUR L'EAU

1. Définition d'eau :	3
2. Cycle d'eau :	3
3. Propriétés de l'eau :	4
4. Ressources hydriques naturelles.....	5
4.1.Eaux souterraine :	5
5. Eaux surface :	6
5.1. Types des eaux surface :.....	6
6. Les différents usages de l'eau :	7
6.1. Les usages domestiques :.....	7
6.2. Les usages agricoles :.....	7
6.3. Les usages industriels :.....	7
7. Les notions de la pollution d'eau :	8
8. Origine de la pollution	8
8.1. Pollution domestique :.....	8
8.2. Pollution industrielle :.....	8
8.3. Pollution agricole :.....	8
9. Types de la pollution	9
9.1 Pollution biologique	9
9.2 Pollution physique	9
9.3 Pollution chimique	9
10. Eau d'irrigation :	9
11. Importance de l'eau d'irrigation	10
12. Les ressources des eaux l'irrigation :	10

12.1. Les eaux de surface :	10
12.1. Types des eaux de surface	10
12.2. Les eaux souterraines	11
13. Qualité des eaux destinées à l'irrigation :	11
a) Paramètres physico-chimiques	11
b) Paramètres microbiologiques.....	12
14. Le risque de l'eau d'irrigation :	12
14.1. Risques liés au sodium.....	12
14.2. Risques liés aux chlorures.....	12
15. Maladies à transmission d'eau d'irrigation :.....	12
16. Les normes algériennes de l'eau irrigation :.....	13
16.1. Les normes physico-chimiques et les éléments toxiques de l'eau d'irrigation :	13
16.2. Les normes de l'OMS et FAO	15
16.3. Les normes de l'OMS de bactériologique :	16

CHAPITRE :II

METHODES ET MATERIEL

1. Présentation des régions d'étude	17
1.1. Laghouat :	17
2. Caractéristiques climatiques :.....	18
2.1. Le climat :.....	18
.....	18
2.2. La pluviométrie.....	18
2.3. La température :.....	19
3. Synthèse climatique.....	19
3 .1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN:	19
4. Site de l'étude :	20
4.1. Présentation des sites :	21
5. Méthodologie :	23
5 .1.Méthode de prélèvement de l'eau	23
6. Analyses physico-chimiques	23
6.1. Matériel utilise :.....	24
7. Méthode Analyse bactériologique :	28
7.1. Transport et conservation au laboratoire	29
7.2. Matériel utilise :.....	29

7.3. Méthode d'analyse :	30
7.3.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :	34
7.3.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs :	35
8. Analyses physico-chimiques de l'eau du puits par test statistique (CHA et ACP)	36
8.1. Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) :	36
8.2. L'analyse en composantes principales (ACP) :	36

CHAPITRE :III

RESULTAT ET DISCUSSION

1. Résultats et discussion	37
1.1. Caractérisation de la qualité de l'eau	37
1.2. Qualité physico-chimique	37
2. Analyses physico-chimiques de l'eau du puits par test statistique (CHA et ACP) :	52
2.1. Le dendrogramme :	52
2.2. L'analyse en composantes principales (ACP) :	53
2.3. Le graphique symétrique :	55
3. Résultats des analyses bactériologiques :	56
3.1. Résultats de la qualité bactériologique des échantillons d'eaux des puits collectés	56
3.2. La présence des bactéries recensées par site :	56
3.3. Les germe dans les échantillons d'eau :	57
3.4. Evaluation de la contamination globale des échantillons de l'eau étudiés par les germes recherchés	58
CONCLUSION GENERALE	63
REFERENCES	64
ANNEXE	70



INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est l'un des éléments de base pour la continuation et la survie des êtres vivants sur terre, et c'est l'une des ressources les plus importantes et des grandes bénédictions créées par Dieu Tout-Puissant pour l'humanité. L'eau est l'un des solvants les plus importants, les plus largement utilisés et les moins chers et le principal facteur limitant de la production agricole.

Les ressources hydriques sont soumises à plusieurs contraintes, la rareté, l'irrégularité Temporelle, la mauvaise répartition spatiale et la grande vulnérabilité à la sécheresse et à la Pollution (**Boukhari, 2008**).

Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales Liquides. Selon **Merzouget al. (2010)**, 75 à 90 % de la population mondiale utilisent une eau D'origine souterraine (**Bosca, 2002**).

Climatiques. Les changements climatiques ont des répercussions complexes sur l'eau dans le monde. Qu'il s'agisse de l'imprévisibilité des précipitations, du rétrécissement des calottes glaciaires, de l'élévation du niveau de la mer, des inondations ou des sécheresses, la plupart des conséquences des changements climatiques sont liées à l'eau (**ONU-Eau, 2020**).

Selon **Bengarnia (2016)** l'eau elle peut véhiculer, directement ou indirectement, de nombreux microorganismes de tout genre qui y vivent et s'y développent.

L'irrigation est une opération à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe en particulier dans les zones arides et semis-arides. (**El- Asslouj et al. 2007**)

L'eau d'Irrigation, qu'elle provient de rivières ou de sources ou qu'elle soit pompée dans les nappes, n'est jamais pure. Elle contient des sels dissous qui suivant leur concentration, peuvent affecter les sols et les cultures (**KADI, 1997**).

Selon l'**AFO (2001)**, 35 à 40 % de la nourriture produite au monde provient des 15 % des terres arables cultivées en irrigué.

INTRODUCTION

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important en santé publique car il peut provoquer des modifications catastrophiques du sol, du corps humain et même affecter la santé de populations entières (**Roux, 1987**).

La zone de Laghouat ne fait pas l'exception avec ces ressources en eau, la pluviométrie faible, et son potentielle en superficie agricole.

L'objectif de ce travail est de contribue à l'étude de la qualité physico-chimique et Microbiologique de l'eau d'irrigation dans la région de Laghouat (la région nord de la wilayat de Laghouat).



CHAPITRE : I
GENERALITE
SUR L'EAU

1. Définition d'eau :

Selon (**Bliefert et al., 2001**) L'eau un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentielle pour tous les organismes vivants, L'eau est la substance la plus répandue à la surface de la terre dont elle couvre plus des deux tiers. L'eau se trouve souvent en quantités abondantes et sculpte fréquemment même les terres dites sèches. Elle est toujours présente dans l'atmosphère sous forme de vapeur, même dans les climats les plus secs, elle joue un rôle important dans la répartition des êtres vivants et est indispensable pour la vie humaine, animale et végétale.

Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux Atomes d'hydrogène. (**Abdesselem, 1999**).



Figure1: Structure de la molécule de l'eau (**Haddaret Guettal,2022**).

2. Cycle d'eau :

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (**Touchart, 2003**).

Selon (**BERTRAND, 2008**) La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par Son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau.

Le cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre (**Talatizi, 2014**).

Le cycle de l'eau est donc une histoire immuable qui n'a ni début ni fin. L'eau sur la terre se renouvelle en permanence et y circule en un cycle ininterrompu de 21 jours depuis la nuit des temps (**Barhoumi ,Andreani et al. 2004**).

L'eau sur terre sous l'effet de la chaleur du soleil s'évapore et se condense dans l'atmosphère en formant des nuages. Les nuages selon certaines conditions atmosphériques provoquent des précipitations (pluie, neige, grêle...) qui tombent dans les océans, les fleuves, les rivières et sur la terre. Les plantes absorbent une partie de l'eau et en rejettent dans l'atmosphère par évapotranspiration. Le reste des précipitations s'infiltrate dans les nappes souterraines ou rejoint océans et cours d'eau avant de s'évaporer à nouveau. C'est le grand cycle éternel de l'eau (CIE, 2012).

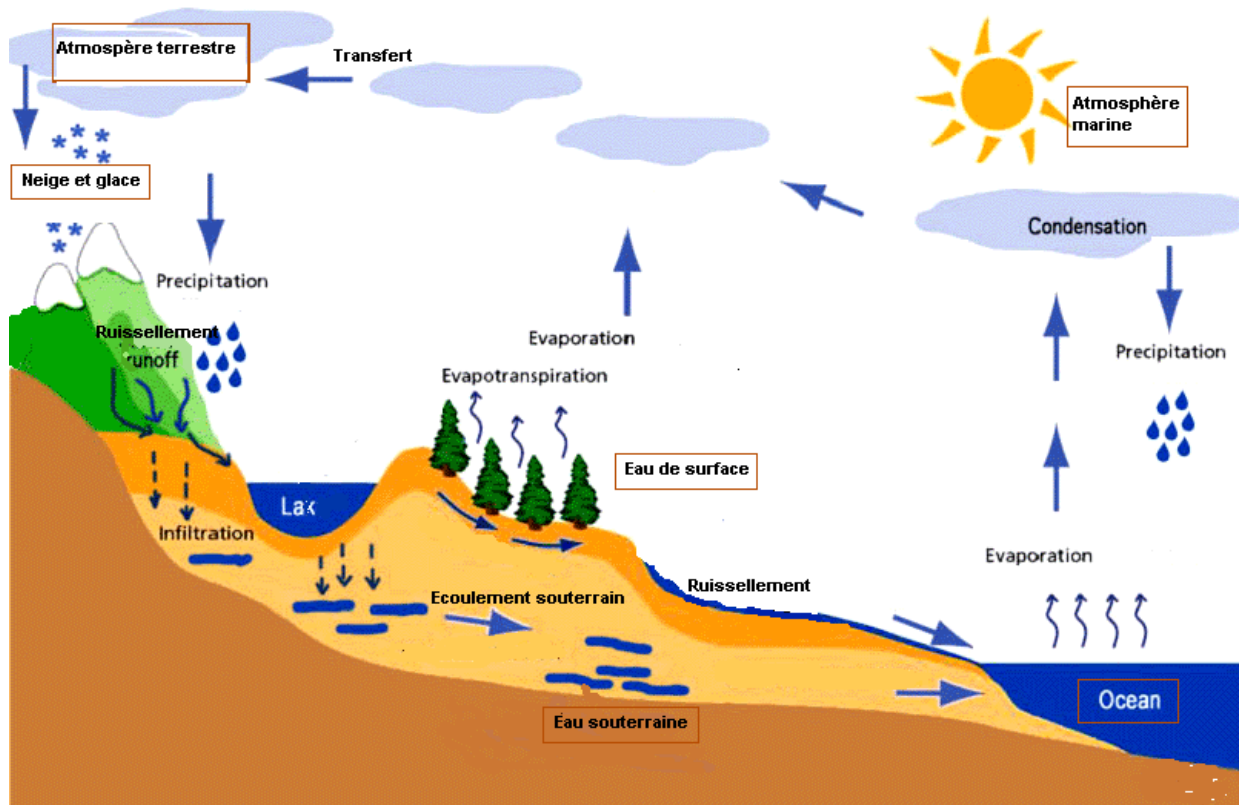


Figure 2 : Représentation schématique du cycle de l'eau global (Broussaud, 2008)

3. Propriétés de l'eau :

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (PERRY, 1984). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau (BERNARD, 2007).

L'eau est un composé chimique simple, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, elle change d'état, liquide à température et pression.

Ambiantes, gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C (**ABDESSELEM, 1999**).

4. Ressources hydriques naturelles

L'homme a généralement recours à la satisfaction de ses besoins en eau et à son utilisation dans ses diverses activités industrielles et agricoles.

4.1.Eaux souterraine :

L'eau souterraine provient essentiellement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui atteint les nappes aquifères en traversant les couches souterraines (**AllouneetGouader, 2013**).

Les eaux souterraines représentent 22 % des réserves d'eau douce, soit environ 1 000 milliards d'eaum³. Son origine est due à l'accumulation d'infiltrations dans le sol, qui varie selon sa porosité et sa composition géologique. Ils se rassemblent en couches (**Claude, 2010**).

4.1.1. Type des Eaux Souterraines

4.1.2. Eaux douces

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures (**Bensalah ,Benzitoune, 2021**).

4. 1.3. Eau brute :

Selon la (**ADRIAN et al ; 2010**) L'eau brute traitée pour devenir potable provient des nappes aquifères et des eaux superficielles : sa composition et ses propriétés sont donc très diverses. Elle peut contenir toutes sortes de contaminants, tels que microorganismes pathogènes ou non, composés organiques ou inorganiques, dissous ou en suspension, composés chimiques inoffensifs ou toxiques, la compositions et les propriétés de l'eau brute sont donc les facteurs qui détermineront son traitement. Les eaux brutes ne peuvent pas être utilisées pour produire deL'eau potable (**BORDET, 2007**).

4.1. 4. Eau potable :

Selon (OMS) définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Elle doit satisfaire à des normes : organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.) .Et à des substances indésirables et toxiques (Nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Ces normes établies, par l'OMS, l'union européenne (UE). Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, Mais que leur concentration est suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Nguengar, 2011).

5. Eaux surface :

Toutes les Eau circulante, stockée, surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, etc.). La composition chimique de l'eau dépend de la de la nature des terrains. Cette eau est le siège, dans la plupart des cas, du développement de la vie microbienne en raison des déchets qui y sont rejetés et de la grande surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Boeglin, 2001)

5.1. Types des eaux surface :**5.1.1. Eaux dures**

Selon (Degremont , 2005) Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium.

Les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de ces eaux reflètent l'interaction de l'eau avec son milieu environnant (Desjardins, 1997).

5.1.2. Eaux de marais

Selon (Degremont, 2005) Les eaux de « marais » ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par une faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension.

5.1.3. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans sont d'immenses réservoirs d'eau, ils représentent environ 97,4% du volume d'eau actuellement sur notre planète, et le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et eaux de surface). L'eau de mer a une forte salinité, aussi appelée « eau saumâtre », ce qui la rend difficile à exploiter, notamment son coût de traitement très élevé (**Boeglin, 2001**).

6. Les différents usages de l'eau :

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et

Plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut. Ainsi distinguer différents usages de l'eau (**Bensalah et Benzitoune ,2021**)

6.1. Les usages domestiques :

Selon la (**Grosconde, 1999**) Il comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout. un habitant consomme 230L par jour, n'en utilise que seulement 1% pour la boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux bains-douches: (39%) aux sanitaires, (20%) au lavage le linge, (12%) de la vaisselle, (10%) à des usages domestiques divers, (6%) aux lavage des voitures et arrosage du jardin. (**Defrance ,1996**)

6.2. Les usages agricoles :

Selon la (**Ramade, 1981**) L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail. Selon la (**Shiklomanov, 1999**) et (**Marsily, 2006**), ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés, mais plus le climat est sec, plus l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation et plus sa part dans les prélèvements augmente

6.3. Les usages industriels :

Selon la (**Julien, 2007**) L'industrie est consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent des usines qui ne sont pas raccordé au réseau d'égout municipal. Selon **Degrémont, (1989)** Il peut être utilisé dans l'entretien (lavage, nettoyage), dans le transport hydraulique, dans les fluides du système de refroidissement utilisé par les

usines. Dans la production d'aliments, les substances primaires dans l'industrie de la production, ou solvants et milieux réactionnels dans l'industrie chimiques, par exemple.

7. Les notions de la pollution d'eau :

Selon (Chaden, 2014) La pollution de l'eau est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les microorganismes provenant des activités humaines. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

8. Origine de la pollution

8.1. Pollution domestique :

Les eaux usées domestiques issues de la cellule d'habitation familiale représentent un volume important, qui font partie des eaux ménagères et les eaux vannes ; qui sont incluses dans les eaux ménagères et deviennent le synonyme d'eau usée domestique (Bontoux, 1993).

8.2. Pollution industrielle :

Elle provient des usines et contient une grande diversité de produits ou sous-produits de l'activité humaine. On trouve :

Des graisses et matières organiques ;

Des hydrocarbures ;

De métaux ;

Des produits chimiques divers ;

Des matières radioactives ;

De l'eau chaude (Ines ;2020)

8.3. Pollution agricole :

Selon la (Boucherit et hakimi, 2016) La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise

l'infiltration directe des polluants (NO₃, NO₂, SO₄, PO₄ et Cl) vers la nappe phréatique.

9. Types de la pollution

On distingue trois types de pollutions :

9.1 Pollution biologique

La contamination biologique résulte souvent du rejet d'eaux usées domestiques et de la présence de matières fécales dans la nature. De nombreux micro-organismes qui se produisent naturellement dans l'intestin des humains et des animaux peuvent survivre assez longtemps dans l'eau. Cependant, l'eau peut abriter des bactéries, des champignons, des protozoaires, des virus, etc. (DAHEL, 2009).

9.2 Pollution physique

La pollution physique modifie la transparence de l'eau (présence de matières en suspension), affecte sa température (pollution thermique) ou sa radioactivité (Colin, 2007).

La pollution mécanique à travers laquelle on peut retrouver :

- les modifications du bassin de réception des précipitations.
- Modification du cours d'eau par dérivation, détournement, enfouissement et redressement du lit.
- Augmenter les ressources naturelles au moyen de lacs, de barrages et de successions de plans d'eau stagnante construits sur une rivière rapide (Fauriet al. 2002).

9.3 Pollution chimique

Selon (Colin, 2007) la pollution chimique résultant de substances indésirables (nitrates et phosphates) ou dangereuses (métaux et autres micro-polluants), provoquant de profonds déséquilibres chimiques (acidité, salinité). Leur toxicité peut être immédiate ou différée après accumulation dans les tissus vivants, puis dans les réseaux trophiques (métaux lourds, détergents, biocides, hydrocarbures...) (Faurie et al, 2002).

10. Eau d'irrigation :

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi-arides (Bouaroudj, 2012)

11. Importance de l'eau d'irrigation

Le principal objectif du processus d'irrigation est de fournir au sol l'eau

Nécessaire à la croissance des plantes. Cependant, il y a d'autres fins à l'irrigation :

- Le refroidissement du sol et de l'air environnant pour fournir un climat propice à la croissance des plantes.
- Le lavage du sol pour éliminer les sels présente dans la couche supérieure du sol
- L'arrosage de la terre avant de labourer, pour que les charrues pénètrent facilement dans le sol et capacité requise pour le labour
- La dissolution des engrais avec l'eau d'irrigation (**AbdinetBoumakel, 2020**).

12. Les ressources des eaux l'irrigation :**12.1. Les eaux de surface :**

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies, et sont constitué d'un mélange d'eau de ruissèlement et d'eau souterraines, l'eau de pluie qui ne pénètre pas le sol reste à sa surface, elle peut donc s'écouler et former les cours d'eau ou rester stockée lorsqu'un obstacle

S'oppose à l'écoulement se qui forme les lacs, les mares, et les étangs.
(**Ramdani et Afifi ; 2022**)

12.2. Types des eaux de surface**a. Eaux courantes :**

Selon **Genin et al. (2003)**. Regrouper toutes les eaux « en mouvement » : sources, torrents, ruisseaux, ruisseaux, ruisseaux, et elles forment un vaste réseau hydrographique qui débouche sur la mer. Ce sont des milieux ouverts en échange constant avec les systèmes qu'ils traversent

b. Eaux stagnantes :

Caractérisée par un courant de vitesse nulle ou quasi nulle, elles désignent de milieu aquatique dont les eaux se renouvelant lentement ; elle constitue l'ensemble des écosystèmes lenticules(**Ramade, 1998**).

Selon**Grosclaude(1999)** Les eaux stagnantes sont situées aux points bas des grilles hydrographiques, non seulement recevant la pollution, mais aussi l'accumulant et la détournant. L'eau qui passe en même temps effectue cette accumulation et cela déplace l'eau qui stagne favorise Sédimentation des particules en suspension et limite

l'oxygénation à son minimum admissible par diffusion, éliminant rapidement l'oxygène des eaux profondes.

c. Les lacs :

Selon la (Terchi, 2014) Ce sont des volumes d'eau libre superficiel remplissant une dépression naturelle ou Artificielle, sans connexion directe avec les océans et dans lequel le déplacement de l'eau n'est pas unidimensionnel, l'accumulation d'eau douce ou salées dans la cuvette lacustre résulte de la contre pente qui retient l'eau, cette rétention est due soit à un creux de l'écorce terrestre, soit à un barrage naturel ou artificiel.

12.3. Les eaux souterraines

Selon Ramdani et Afifi (2022) L'eau souterraine est une eau qui s'accumule sous terre. Elle provient principalement de l'infiltration des eaux superficielles ; accessoirement de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique dans les cavités karstiques ou dans les pores du sol. Des hypothèses font intervenir aussi la condensation des gaz émis par le magma, l'infiltration des eaux marines, la diagenèse ou transformation des roches meubles en roches compactes par expulsion de l'eau. Les eaux résiduelles se sont accumulées dans d'anciens bassins au cours d'ères géologiques révolues. Elles formeraient les eaux profondes. Les eaux résiduelles peuvent exister dans les espaces entre les particules libres de la terre et les roches, ou dans les fissures et les crevasses des roches. Les différents types de roches et de terre peuvent contenir différents montants d'eau. La zone de saturation est la partie de la terre et des roches qui est saturée avec de l'eau. Le haut de cette zone saturée est appelé la nappe phréatique

13. Qualité des eaux destinées à l'irrigation :

Plusieurs types de substances peuvent affecter la qualité de l'eau. Ces substances sont souvent regroupées selon leurs propriétés telles que les micro-organismes, les produits chimiques inorganiques ou organiques et les composés radioactifs (CiffQE, 2011).

Les paramètres de qualité de l'eau sont :

a) Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le chlorure, sulfate, nitrate, ...etc (Tfyeche, 2014).

b) Paramètres microbiologiques

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastro-entérites et des infections cutanées (Mdefp, 2013).

14. Le risque de l'eau d'irrigation :**14.1. Risques liés au sodium**

La toxicité due au sodium n'est pas aussi facilement identifiable que celle relative au chlore, mais certains cas ont permis de mettre en évidence très clairement des concentrations excessives de sodium dans l'eau (Na ou SAR élevé). (Abdelhafidi, 2005 et Benarfa, 2005).

Selon Abdelhafidi, 2005 et Berkani et al, (2005), les symptômes caractéristiques sont la brûlure foliaire, et la nécrose des tissus situés sur le bord des feuilles. Une teneur en sodium dans le tissu foliaire supérieur à 0.25 – 0.50% (sur la base du poids sec) est souvent en arboriculture d'une toxicité par le sodium.

D'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croute de graines, une saturation temporaire la surface du sol, un pH élevé et une possibilité accrue de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante.

14.2. Risques liés aux chlorures

Selon la (Nancy, 1997) Lorsqu'il est présent dans l'eau d'irrigation, cet élément (chlorure) contribue à augmenter la concentration de sels solubles. Les concentrations de 250 à 400 ppm sont considérées comme indésirables pour l'irrigation des plantes sensibles aux sels. Heureusement, les sels de chlorure sont rapidement solubles. Ils peuvent donc être lavés dans les sols bien drainés.

15. Maladies à transmission d'eau d'irrigation :

Lebleu (2007) affirme qu'un risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence de microorganismes pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) en quantité supérieure au seuil d'infection fixé par L'OMS.

Tableau 1: Maladies à transmission d'eau d'irrigation

Nom des maladies	Définition	les symptômes
Cholera	selon Tourab (2013) et Oussama et Khaled (2018) . C'est une maladie à transmission or fécale due par <i>Vibrio cholerae</i> qui libère une exotoxine thermolabile et entraîne une hypersécrétion d'eau. est un Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës. Cette maladie est causée par <i>Vibrio cholera</i>	diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités. Le cholera conduit à une perte d'eau de 8 à 10L/j
Typhoïde	selon Baziz (2008) Montre que la fièvre typhoïde et paratyphoïde dues à des salmonelles (<i>salmonella typhus et paratyphus</i>), peuvent à partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte	provoquer une septicémie accompagnée avec fièvre élevée, une céphalée, diarrhée, douleurs abdominales abattement extérieur (<i>le typhus</i>)
Shigellose	Selon la Jacquinet et al. (2018) La <i>shigellose</i> est provoquée par des bactéries du genre <i>Shigella</i> , des bactéries immobiles à gram négatif, capables de produire des toxines.	<i>Lesshigelles</i> sont responsables de toute une variété de signes cliniques allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère. Elles sont résistantes aux effets destructeurs des acides facilite la propagation digestive infraliminale de la bactérie. (Ntembue, 2013)

16. Les normes algériennes de l'eau irrigation :

16.1. Les normes physico-chimiques et les éléments toxiques de l'eau d'irrigation :

Les normes physico-chimique et éléments toxiques :

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne Populaire et Démocratique n°41 (15/07/2012), certains paramètres physiques et concentrations d'éléments toxiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Journal officiel de l'Association de développement régional n° 41 du 15/07/2012

Paramètres		Unité	Concentration maximale admissible
Physiques	Ph	-	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR	ds/m	0.2
	= 0 - 3 CE		0.3
	3 - 6		0.5
	6 - 12		1.3
12 - 20		3	
20 - 40			
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	0.002

Phénols	mg/l	2.5
Plomb	mg/l	0.01
Lithium	mg/l	2.0
Manganèse	mg/l	1.0
Mercuré	mg/l	15.0
Molybdène	mg/l	0.002
Nickel	mg/l	2.5
Sélénium	mg/l	0.01
Vanadium	mg/l	2.0
Zinc	mg/	1.0

16.2. Les normes de l’OMS et FAO

Selon la (F.A.O ; 2003) la concentration maximale des paramètres chimiques de l'eau d'irrigation sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3: l'élément maximal dans l'eau d'irrigation :

Paramètre	Concentration en (mg/l)
Ph	6,5 à 8,5
Conductivité électrique (µs/cm)	<3000*
DBO5	30*
DCO	120*
MES	30*
Température (°C)	35 **
Ca ²⁺	400**
Mg ²⁺	60**
Na ⁺	220**
Hco ³⁻	610**
Cl ⁻	1065**
So ⁴²⁻	960**
Co ³²⁻	3**
No ³²⁻	10-30**
No ²⁻	<1*
NH ₄	5**
Po ₄	2**
K ⁺	2**
Fe ²⁺	5**
Zn	2**
Pb	0,05**

Source : *OMS(1989), **FAO(2003)

16.3. Les normes de l'OMS de bactériologique :**Tableau 4 :** Paramètres de bactériologique

Paramètres	Eau traitées	Normes l'OMS
<i>Coliformes totaux</i>	93 U /100ml	-
<i>Coliformes fécaux</i>	95 U /100ml	10 ³ /100ml
<i>Streptocoques fécaux</i>	75 U /100ml	-

(Ounoki et Achour ,2



CHAPITRE : II
METHODES ET
MATERIEL

1. Présentation des régions d'étude

Pour étudier l'effet du climat et de la région sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'irrigation et comparer à la réglementation algérienne Un total de sept sites, ont été prospectés au cours d'une période de 4 mois entre (Février ; mars ; avril ; mai) 2023, les sites prospectés sont présentés par des puits dans.

La région de l'étude s'étale sur un ensemble de cinq communes de la Wilayas de Laghouat. Il s'agit de **Aflou, Gueltat Sidi Saad, Ain Sidi Ali, HadjMechri ,Oued Morra ,El Ghicha ,Brida.**

1.1. Laghouat :

La wilaya de Laghouat est située au cœur du pays à 400 km au sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25.052 km². Située à plus de 750 mètres d'altitude sur les hauts plateaux, la wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien avec des sommets qui dépassent les 2.000 mètres ("Djebel AMOUR" 2.200mètres). Laghouat est limitée au Nord et à l'Est par la Wilaya de Djelfa, au Nord-Ouest par les Wilayas de Tiaret et wilaya d'El Bayadh et la sud par la wilaya de Ghardaia

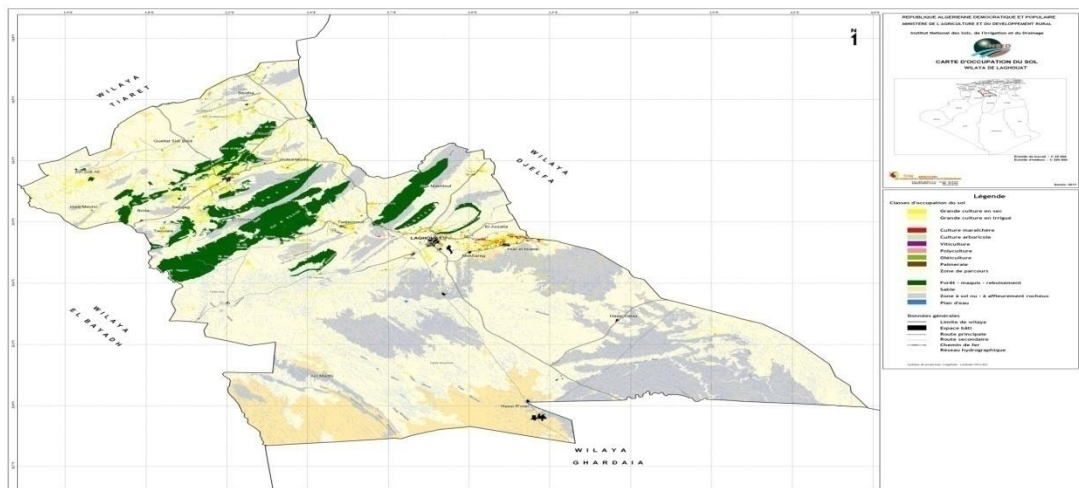


Figure 3 : Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat

2. Caractéristiques climatiques :

2.1. Le climat :

Laghouat se caractérise par trois régions géographiques :

- Montagnes : Aflou et ses environs,
- Les collines : Sidi Makhlouf, Laghouat, et sorties
- Le Sahara : HassiRmel, HassiDella... et qui le distingue par sa diversité climatique (Oulzemirli, 2017)

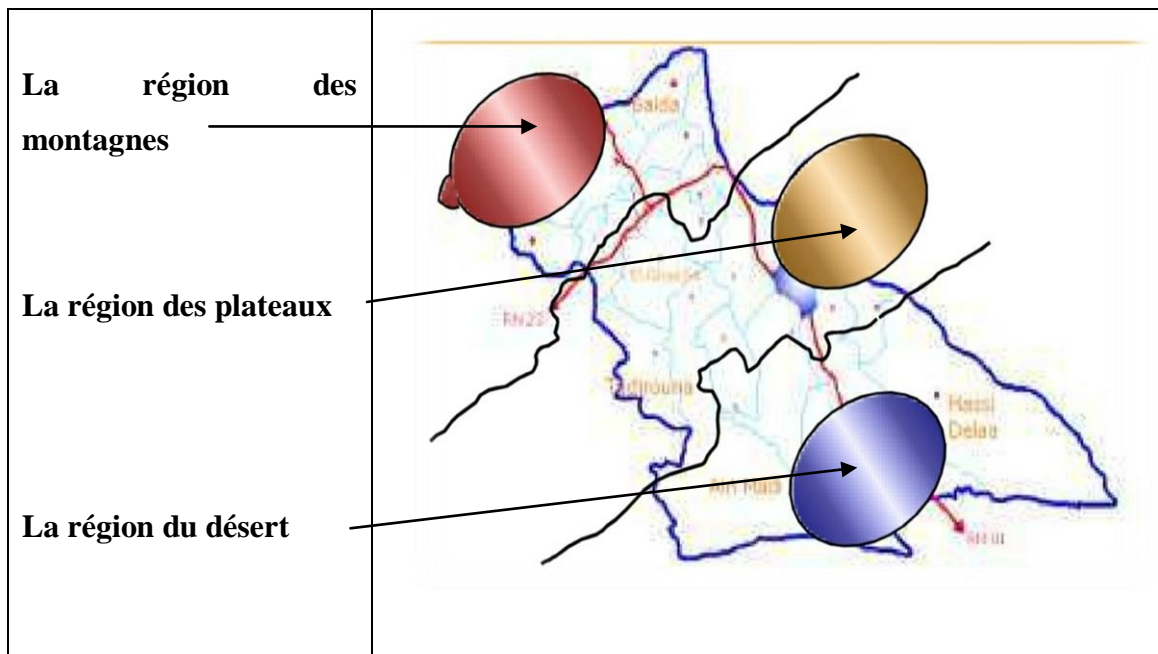


Figure 4 : climat de ville de Laghouat (Oulzemirli, 2017)

2.2. La pluviométrie

La pluviométrie annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. A partir des données enregistrées sur une période de 10 ans (2011-2021). La précipitation moyenne annuelle est d'environ 171,35 mm. Les mois de septembre et avril sont les plus pluvieux avec des moyennes de 27,96 et 24,22 mm. On enregistre une valeur inférieure au mois de juillet. (Tab.5)

Tableau 05 : les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat en 2009-2019.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Tot al
P (mm)	8,02	7,02	11,1 2	14,2 1	12,4 7	9,4	6,04	14,2 3	18,2 1	15,8	8,56	9	134,0 8

(ONM;Laghouat, 2021)

2.3. La température :

La température est l'un des éléments fondamentaux conditionnant l'estimation du déficit d'écoulement et permettant la détermination du caractère climatique d'une région ; c'est aussi un facteur nécessaire à l'apport de l'énergie pour les plantes (Mahi, 2014).

Le tableau suivant indique la variation des températures min et max dans la période (2011 -2021).

Tableau 06: Les températures moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat entre 2011-2021

Période (2011-2020)												
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T(°C)	4.31	4.96	8.58	13.39	18.08	23.25	<u>27.95</u>	27.05	22.02	16.05	8.99	5.32

(ONM;Laghouat, 2021)

D'après le tableau 06, nous remarquons que le maximum des températures a été enregistré durant le mois de **Juillet**.et le minimum enregistré durant le mois de **janvier**.

3. Synthèse climatique

3 .1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN:

Pour Bagnouls et Gausse(1953),un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est égal ou inférieur au double de la température mensuel le exprimée en degré Celsius ($P \leq 2T$). Cette relation permet de représenter sur un même graphique les précipitations et les températures moyennes mensuelles.

L'intersection des deux courbes, précipitations et température, détermine la période sèche.

Le diagramme ci-dessous (Fig05) montre une période sèche estivale typique du climat méditerranéen; elle dure de cinq (05) mois, allant de Mai jusqu'au le mois de Septembre.

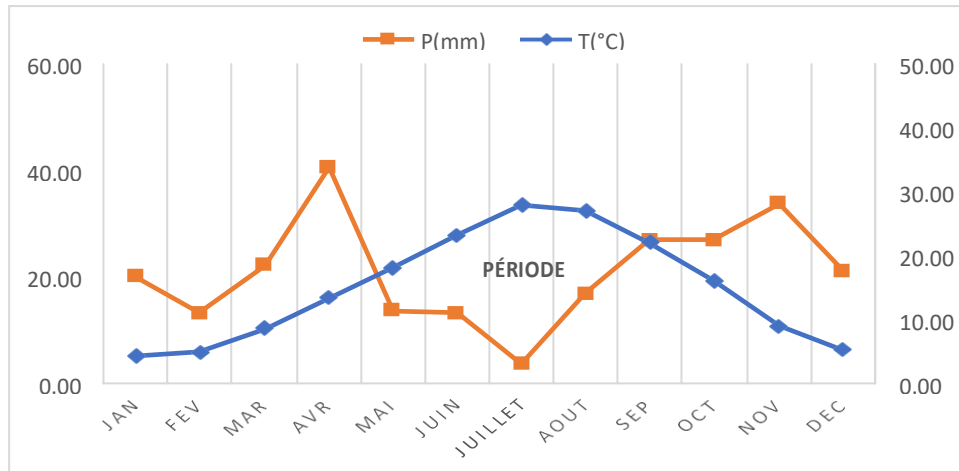


Figure05 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'étude "Aflou".

Janvier est le mois le plus froid avec une température de 8,05 °C ainsi que juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 31, 82°C. Les valeurs maximales dépassent 30°C pour les mois de juillet et aout. Les valeurs thermiques comprises entre 22,38 et 27, 69°C sont enregistrées en mai, juin et septembre.

4. Site de l'étude :

Selon la carte de répartition on a choisi sept puits vu la disponibilité de matérielles de travail et la facilité d'accès.

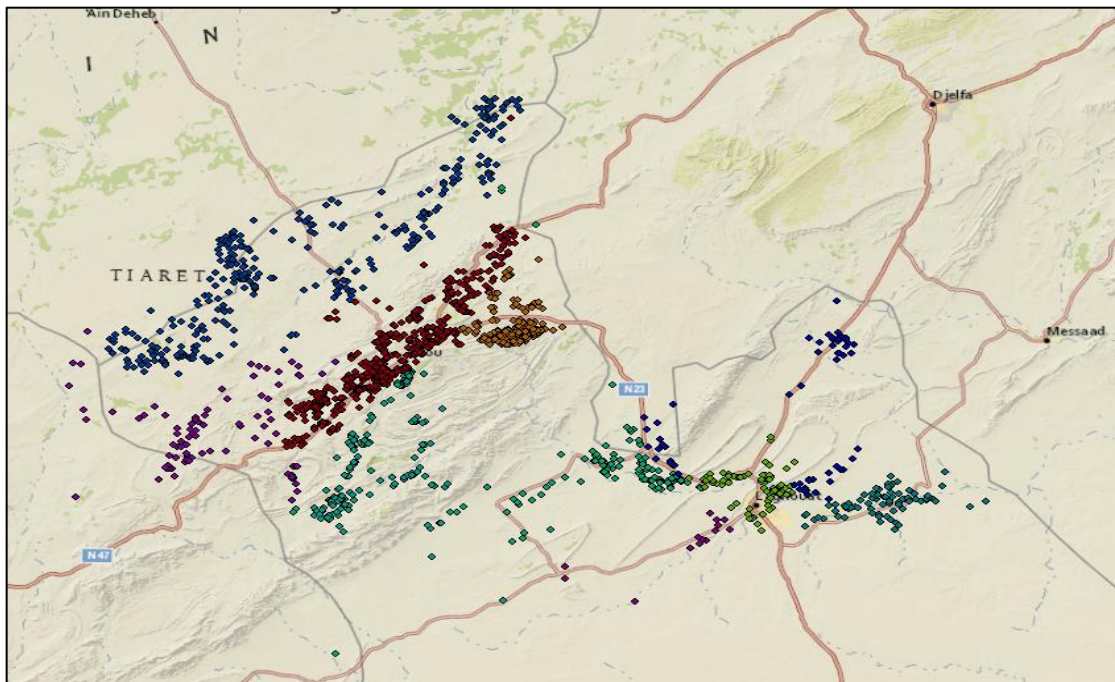


Figure 06 Carte de répartition des points d’eau agricoles à travers la wilaya de Laghouat.

4.1. Présentation des sites :

4.1.1. Aflou

Aflou région est située au nord de la wilaya de Laghouat. Elle est bordée par Tiaret, Djelfa, Laghouat et El Bayadh. S’étend sur une vaste étendue de 4 810 km²; c’est l’une des plus hautes du pays. Elle s’étend de 30 à 34° de latitude Nord et de 1 à 2° de longitude Est et Ouest. (Bensouiah, 2022).

4.1.2. Gueltat Sidi Saad :

Est située au nord de la wilaya de Laghouat, sur le versant nord des monts d’Amour, à la limite sud de la wilaya de Tiaret, la région à un climat semi-aride avec peu de précipitations

4.1.3. Ain Sidi Ali :

Est l’une des plus anciennes communes de la wilaya de Laghouat, sa création remonte à l’année 1952 et elle est aujourd’hui rattachée à l’arrondissement de Gueltat Sidi Saad, puisqu’elle s’étend sur une superficie de 410 km

4.1.4. Hadj Mechri :

Hadj Mecheri, commune de la Daïra de Brida, Wilaya de Laghouat, se localise à l'extrémité occidentale du territoire de la Wilaya. Elle se situe dans la partie centrale de l'Atlas saharien, à une altitude moyenne de 1250 m, entre 33° 51' à 34° 07' de latitude Nord et 01° 20' à 01° 44' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la commune de Ain Sidi Ali, au Sud et au Sud-ouest par la Wilaya d'El Bayadh, à l'Est par la commune de Brida et au Nord-Ouest par la Wilaya de Tiaret. La commune s'étend sur une superficie de 65270 Ha (**Bouchareb, 2011**)



Figure 07: puits dans la région Al-Hadj Mechri

4.1.5. Oued Morra :

Est une commune appartenant à la wilaya de Laghouat, située au nord-ouest, à caractère pastoral et agricole, il a un climat très froid en hiver et doux en été

4.1.6. El Ghicha :

La commune d'El Ghicha se situe au cœur de la chaîne montagneuse des Amours de l'atlas Saharien. Elle est délimitée au nord, par les communes d'Aflou et de Sebgag.

Situées dans une zone archéologique et pastorale.

4.1.7. Brida :

Brida est située au nord-ouest de l'état d'Laghouat à frontières wilaya de l'EL-Bayadh. In municipalité, étant une zone pastorale, se caractérise par un climat froid en hiver et doux en été. C'est une zone de steppe pastorale, la plupart de ses habitants

dépendent de l'élevage, en plus de certaines activités agricoles, comme celles de tamlakat, ancienne Brida berbère.



Figure 08: puits dans la région Brida

5. Méthodologie :

5.1.Méthode de prélèvement de l'eau

Le prélèvement consiste à réaliser un échantillon représentatif d'une colonne d'eau, d'un litre et demi d'eau brute de surface dans une bouteille en plastique

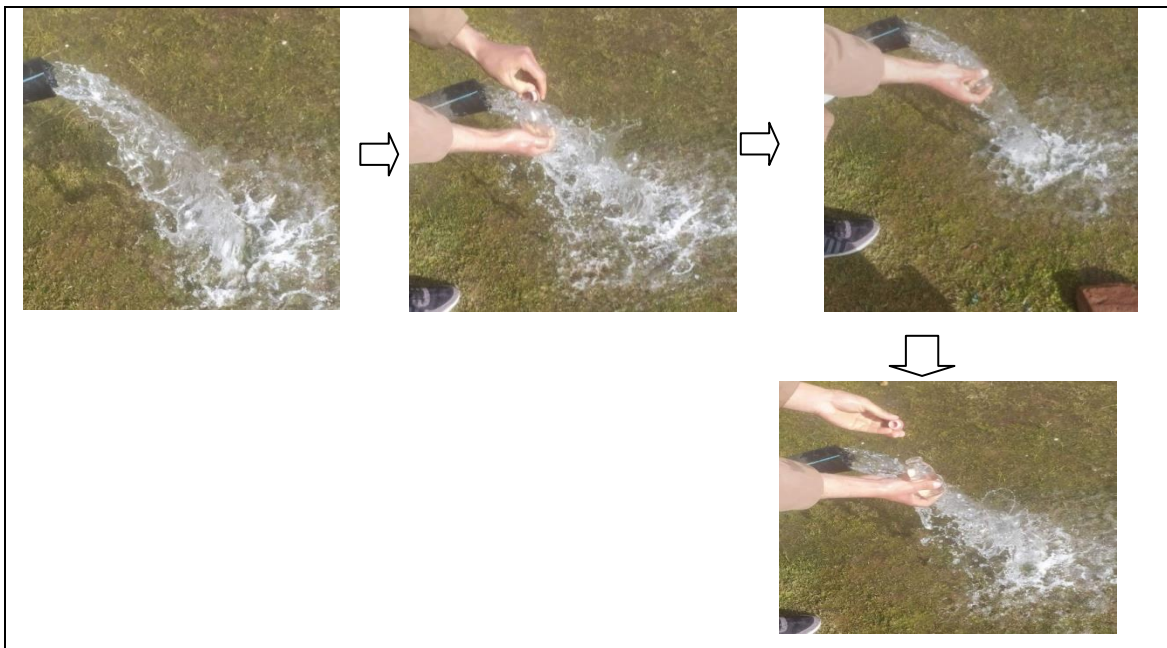


Figure09 : le prélèvement de l'eau

6. Analyses physico-chimiques

En vue de la caractérisation de la qualité de l'eau de 7 sites prospectés, nous nous sommes intéressés à sept paramètres physico-chimiques. Il s'agit de : la température, le pH, la conductivité électrique, la TDS, la salinité, Résidu sec (RS) ; les nitrites, les nitrates et Bicarbonate (Hco_3)..... . Ces paramètres ont été étudiés au

niveau du laboratoire de l'Algérienne des Eaux (Laghouat). Les détails concernant tous ces paramètres sont notés dans le tableau ci-dessous.

6.1. Matériel utilise :

Pour l'étude de la qualité physicochimique

Tableau 7: Matériel utilisé pour l'étude de la qualité physicochimique.

Appareillages	Photo
Conductimètre(Portable Parallèle Analyzer multiple paramètre) (HACH COMPANY)	
pH- mètre	
Turbidimètre	
Spectrophotomètre UV/Visible	
photométrie flamme	
Balance analytique.	

Tableau 08: Protocoles de mesures des paramètres physico-chimiques :

Paramètre mesuré	Unité	Matériel utilisé et réactifs	Mode opératoire
Température	°C	Thermomètre a Mercure	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre dans un petit bécher l'eau à analyser. - On trempe le thermomètre pendant 5 à 10 secondes dans le bécher. - On attend que la valeur se stabilise la note
pH	/	pH mètre Electrode de pH combinée	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre dans un petit bécher l'eau à analyser. - Tremper l'électrode dans le bécher. - Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation. - Puis noter le Ph
Conductivité TDS	µS/cm	Conductimètre (Portable Parallèle Analyzer multiple paramètre) (HACH COMPANY)	<ul style="list-style-type: none"> - rincée le bécher avec de l'eau distillée, avant usage - Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité - Faire la mesure dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient bien émergées.
Salinité	%	Conductimètre (Portable Parallèle Analyzer multiple paramètre) (HACH COMPANY) -Bécher,	<p>Un volume de 25ml de l'eau à analyser.</p> <p>* Eva-peser une bécher vide E1.</p> <p>Ajouter prorations à 105°C. * Peser à nouveau la capsule évaporée E2.</p> <p>Rs (E-E)/ volume de l'eau à analyser x 1000</p>
Résidu sec (RS)	mg/l	- bécher -Balance analytique. - Etuve réglable	<ul style="list-style-type: none"> - tarer une petite bécher préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée puis dessécher. - prélever 25 ml d'eau à analyser. - porter à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. - peser immédiatement et rapidement.
Turbidités	FTU	-cuve -Turbidimètre.	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre dans une cuve l'eau à analyser. - Tremper la cuve dans le Turbidimètre.

			- Le résultat est donné directement.
la dureté totale (titre hydrométrique TH)		<ul style="list-style-type: none"> - Bécher, - Burette, - Agitateur, - baromètre réactifs : <ul style="list-style-type: none"> - PH tampon (PH =12) -Indicateur NET -NETEDTA 02N 	-prendre 10ml l'eau dans un bécher ajouter 3 gouttes de PH tampon (ph=12) et 2 gouttes de l'indicateur NET et bien mélanger (la solution devient rose) - lavage la burette par l'eau distillée pour l'étalonnage -on met dans une burette EDTA 02N -place le bécher à l'agitateur pour mélanger la solution et cheveage a la température 50°C -colorer la solution titrée en bleu <ul style="list-style-type: none"> • Calcule : $TH = V2 \text{ (volume de titrage) } - V1 \text{ (volume de titrage)} * 100$
Chlorures Cl⁻	mg/l	réactifs : <ul style="list-style-type: none"> - Chromate de potassium (K₂cro₄) - nitrate d'argent(AgNO₃) 0,02N 	<ul style="list-style-type: none"> - On prélève 10 ml d'eau à analyser, dans un bécher - ajouter 1 goutte de solution de chromate de potassium (K₂cro₄) - titre avec la solution de nitrate d'argent (AgNO₃) 0,02N jusqu'à virage du jaune au rouge brique. Calcule : $Cl^- = V1 \text{ (volume de titrage) } - V2 \text{ (volume de titrage)} * 71$
Bicarbonate Hco₃⁻	mg/l	-pipettes, -bêchers ; -Agitateur magnétique ; -Spectrophotomètre UV/Visible Réactifs : <ul style="list-style-type: none"> -Méthyle orange (Hco₃⁻) - Acide sulfurique (H₂SO₄) 	-Prendre 10 ml d'eau à analyser -Ajouter 1 goutte de Méthyle orange (Hco ₃ ⁻) Ajouter 1 goutte d'acide sulfurique (H ₂ SO ₄) -Agiter pendant 1 min -Mettons l'eau analyses dans cuve de la Spectrophotomètre UV/Visible Calculer : $Hco_3 = V2 \text{ (volume de titrage) } - V1 \text{ (volume de titrage)} * 527$
Le sulfate SO₄⁻²	mg/l	- pipettes, -bêchers ; -Agitateur magnétique -Spectrophotomètre	-Prendre 50 ml d'eau à analyser -Ajouter 1 ml de la solution stabilisante -Ajouter 1 ml de chlorure de baryum -Agiter pendant 1 min

		<p>UV/Visible</p> <p>Réactifs :</p> <p>-1 ml de solution stabilisation So_4^{2-}</p> <p>- 1 ml de chlorure de baryum $BaCl_2$</p>	<p>-Mettons l'eau analyses dans cuve de la Spectrophotomètre UV/Visible</p>
Nitrate (NO_3^-)	mg/l	<p>-béchers ;</p> <p>-pipettes,</p> <p>- Etuve</p> <p>-Spectrophotomètre UV-Visible</p> <p>Réactifs :</p> <p>-Acitic acide (CH_3COOH)</p> <p>-Nitrite de Na^+</p> <p>-salicylate de sodium.</p> <p>-Acide sulfurique (H_2SO_4)</p>	<p>-Prendre 10 ml de l'eau d'analyser.</p> <p>-Ajouter 8 gouttes de nitrite de Na^+</p> <p>- Ajouter 4 goutte acitic acide (CH_3COOH)</p> <p>- reposer 5 min</p> <p>-Ajoute 0.5 ml de salicylate de sodium.</p> <p>-évaporer à sec à l'étuve 77- 88°C a 1 heure</p> <p>- Après estivation ajoute 1 ml d'Acide sulfurique (H_2SO_4)</p> <p>- Reposer 15 min</p> <p>-Ajouter 15 ml d'eau distillée.</p> <p>-Ajoute 10 ml de tartrate double de sodium et de potassium.</p> <p>- puis passer au spectromètre UV-Visible.</p>
Calcium (Ca^{+2})	mg/l	<p>-Bécher,</p> <p>-Burette,</p> <p>-Agitateur,</p> <p>-baromètre</p> <p>réactifs :</p> <p>PHtampon (ph=10)</p> <p>Indicateur NET</p> <p>EDTA 02N</p>	<p>-Prendre 10ml l'eau dans un bécher ajouter 3 gouttes de PH tampon (ph=10)</p> <p>- Ajoute un peu quantité de calcium</p> <p>- lavage la burette par l'eau distillée pour l'étalonnage</p> <p>-On met dans une burette EDTA 0.2N</p> <p>-place le bécher à l'agitateur pour mélanger la solution</p> <p>-colorer la solution titrée en bleu</p> <p>• Calcule :</p> <p>$Ca^{+2} = \frac{V_2}{V_1} * 40.08$</p>
Magnésium Mg^{+2}	mg/l		<p>Calculer come suit :</p> <p>$Mg^{+2} = \frac{TH}{Mth} \frac{Ca^{+2}}{Mca^{+2}} * 12, 16$</p> <p>$Mg^{+2} = \frac{TH}{50} - \frac{Ca^{+2}}{20,04} * 12, 16$</p>

<p>Sodium Na^+ et potassium K^+</p>	<p>mg/l</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bécher, - photométrie de flamme - cuvette de l'eau distille <p>réactifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Étalonnage de Na -Etalonnage k 	<ul style="list-style-type: none"> -Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank" -Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes stabilise à zéro - activer la cuvette d'eau distillée et in remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na ou du K a 10 mg/ l . <p>Dans chaque cas prendre 5 flacons de 100 ml différentes et ajouter (5-10-13-20-25 ml) de solution étalon à dire avec de l'eau distillée pour obtenir une solution de différente concentration.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée A la fin passé aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable
<p>S.A.R (ratio d'absorption en sodium)</p>	<p>meq/l</p>		<p>Cette relation est exprimée par le SAR (ratio d'absorption en sodium)</p> $S.A.R = \frac{Na+}{\sqrt{Ca2++Mg2+ /2}}$

7. Méthode Analyse bactériologique :

Selon **Rodier (2005)** L'analyse bactériologie a pour but la recherche et les dénombrements des germes existents dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelle, correctement transporté au laboratoire et conservation et analysé sans délai ou après un courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Les bactéries présentes dans l'eau d'irrigation varient et différent, ce qui détermine sa qualité. Par conséquent, nous effectuons de nombreuses analyses complètes de l'eau d'irrigation, des recherches et dénombrements pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau selon les paramètres suivant :

- *Germe totaux*
- *Coliforme totaux*
- *Coliforme fécaux*
- *Clostridumsulfito-réducteurs*
- *Streptocoques fécaux*

7.1. Transport et conservation au laboratoire

Afin d'éviter que le taux initial en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs. A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que «si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil des échantillons. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (RODIER *et al.* 2005). Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (LARPENT, 1997)

7.2. Matériel utilise :

Pour l'étude de la qualité bactériologique, nous avons utilisé l'appareillage, les milieux de cultures et les produits (Tab0 9.)

Tableau 9 : Matériel utilisé pour l'étude de la qualité bactériologique.

Appareillages	Les milieu de culture	Les réactifs et les colorentutilisées	Autres materiel
-Autoclave. -Etuve. -Réfrigérateur. - Bain maries	Bouillon (BCPL) - Bouillon Roth -GéloseTryptoneExtrait de levure (TGEA) -Bouillon Ethyle Violet-Azide de sodium Litsky (EVA Litsky), - GéloseViande de foie (VF) -milieu de Schubert	-L'alcool. -Réactifs de kovacs. -Sulfite de sodium. - Eau physiologistérial - Eaudistilléestérial	-Becbunsen. - Boite de pétristérial. -Etiquette. -Micropipette. -Tubes à d'essai Sterile. - Glacier. - le cloche de Durham

7.3. Méthode d'analyse :

7.3.1. Détermination des germes totaux

7.3.1.1. Mode opératoire

- A partir de l'eau à analyser, porter 1 ml de manière aseptique dans deux boîtes de Pétri vides en double, numérotées et préparées à cet effet,
- Ajouter ensuite 19 ml de gélose TGEA fondue et refroidie à 45 ± 2 °C, puis faire un mouvement circulaire de va-et-vient dans la figure 8 pour mélanger l'inoculum avec la gélose, laisser la boîte se solidifier sur la paillasse, puis ajouter la deuxième couche environ 5 ml de même d'agar. Les tablettes seront divisées en deux séries distinctes:
 - La première série sera incubée pendant 24 heures à 22 °C.
 - La deuxième série sera incubée pendant 24 heures à 37°C.

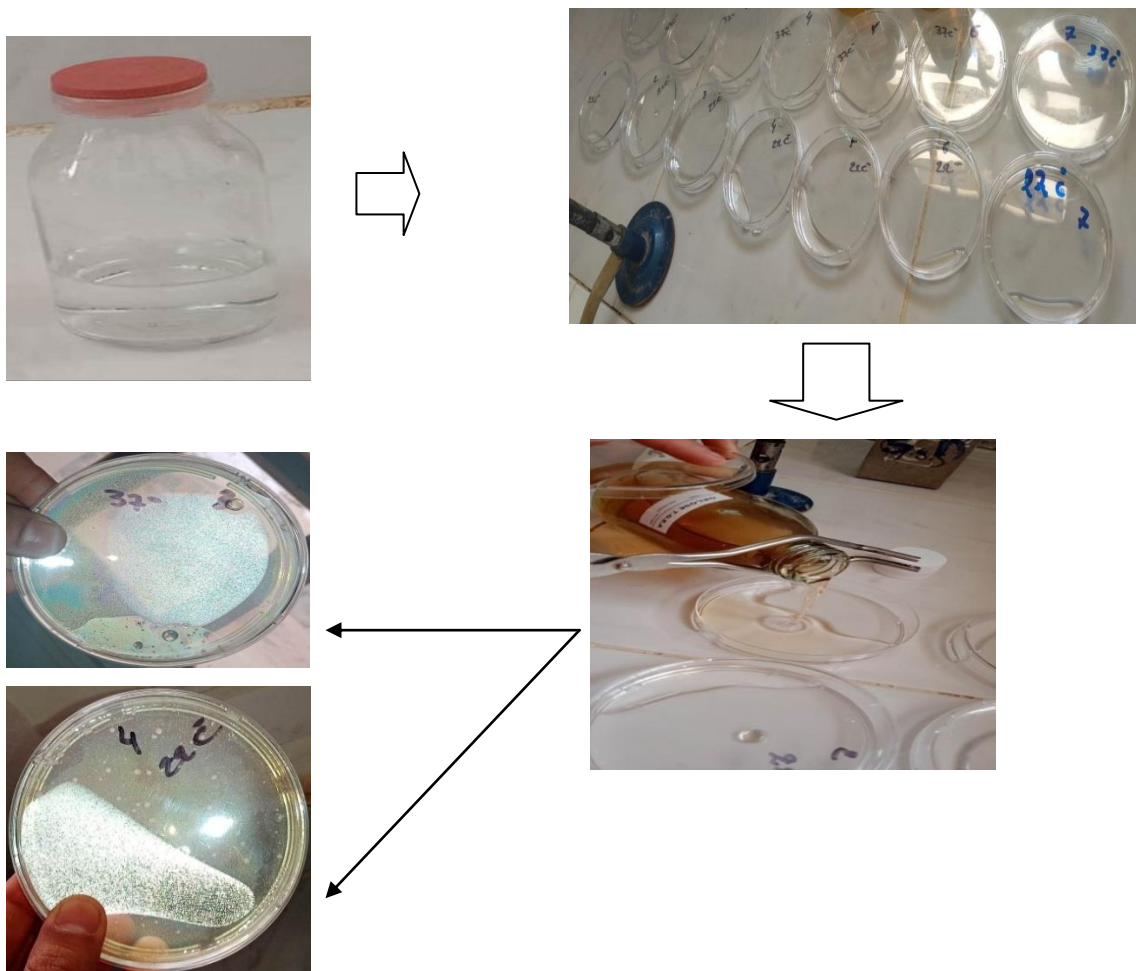


Figure 10 : Détermination des germes totaux à gélose TGEA (22- 37 °C)

7.3.2. Recherche dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

- Les coliformes totaux désignent les bacilles à Gram négatif Bactéries aérobies ou anaérobies facultatifs qui ne forment pas de spores manquent d'enzymes oxydas et peuvent Se reproduit en présence de sels biliaires et est capable de fermenter le lactose et de produire des acides et des gaz en 24 heures à 37 °C.
- Les coliformes fécaux ont les mêmes propriétés que les coliformes totaux, mais à 44°C.
- *Escherichia. Coli* est un coliforme fécal ayant la spécificité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44 °C.
- La technique utilisée pour a recherche et le dénombrement dans le laboratoire est la **NPP** (*Nombre le Plus Probable*), dans un milieu liquide sur *BCPL* « Le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol »
- La Technique en milieu liquide sur *BCPL*, fait appel à deux tests consécutifs à savoir :
 - **Le test de présomption** ; réservé à la recherche des *coliformes totaux*
 - **Le test de confirmation** ; encore appelé test de *MAC KENZIE* et réservé à la recherche des *coliformes fécaux* à partir des tubes positifs du test de présomption.(**RODIER 2009**).

7.3.2.1. Mode opératoire :**a. Test de présomption :****Ensemencement :**

- Prendre de fois 10 ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml *BCPL D/C* muni d'une cloche de Durham.
- prendre de fois 1 ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml *BCPL S/C* muni d'une cloche de Durham.
- prendre de fois 0.1ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml *BCPL S/C* muni d'une cloche de Durham.
- et le milieu et l'inoculum doivent être soigneusement mélangés .secouez le tube pour dégagement les gaz existant autour le cloche de Durham
- L'incubation à 37°C pendant 24 h.
- Un tube montrant à la fois
- Dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Perturbation microbienne avec jaunissement du milieu *BCPL* (c'est un indicateur de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractéristiques témoignent de la fermentation du lactose selon les conditions d'opérateurs.

- Les lectures : par le tableau de nombre le plus probable (NPP) du tableau de Mac Grady pour des échantillons de 100 ml.

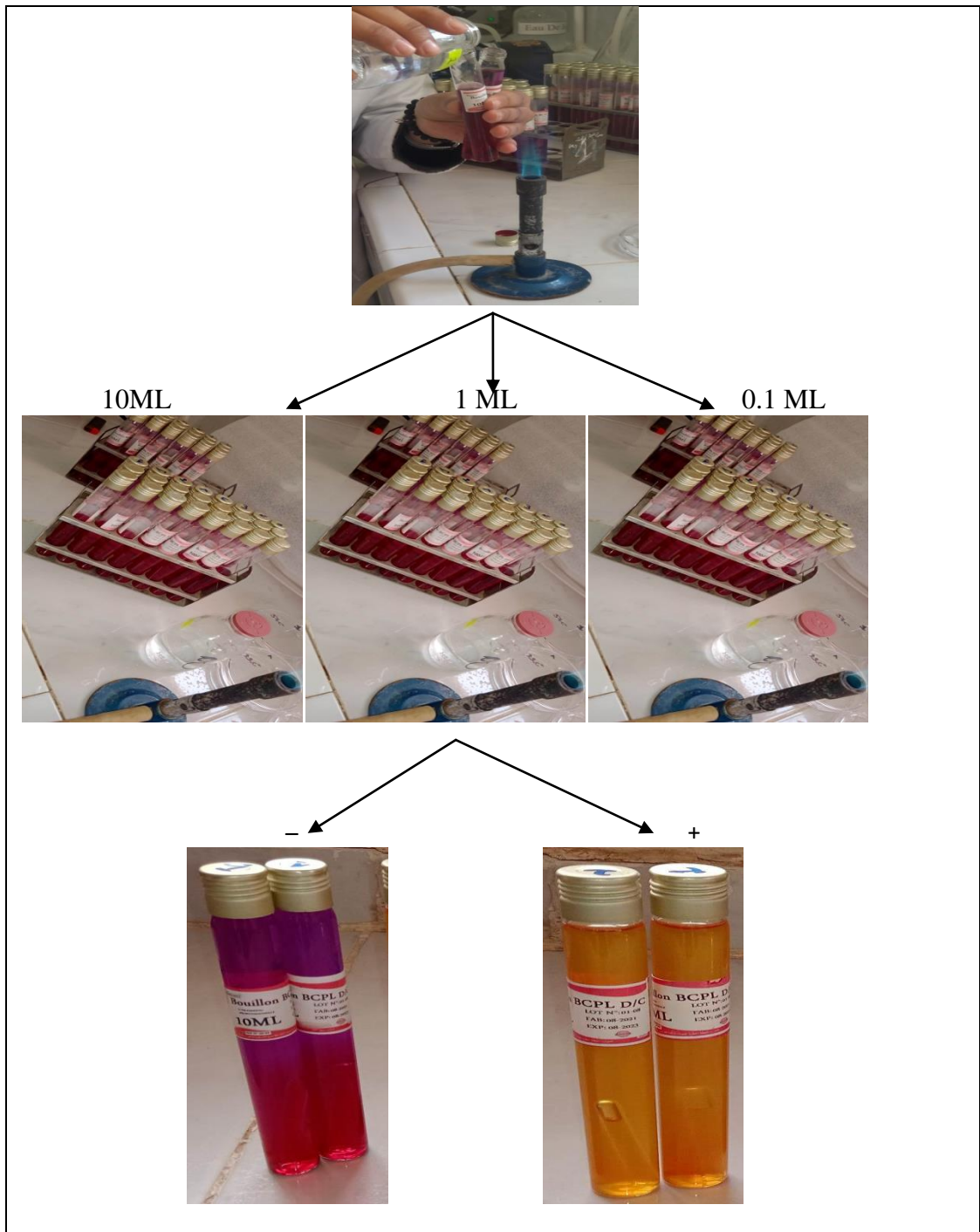


Figure 11: Test de présomption

b. Test de confirmation

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzi est : utilisé pour la recherche des coliformes fécaux surtout la présence d'Escherichia Coli.

- Prendre les tubes de BCPL positifs repiquage 3 gouttes dans un tube contient du milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham
- l'incubation à 37°C pendant 24 h.
- Après l'incubation, on note la présence de gaz autour la cloche
- Ajouter 2à 3 goutte de Kovacs par tube l'interaction indole positive (un anneau rouge en surface), présence Escherichia Coli.
- La lecture le nombre d'E. coli par la table du NPP.

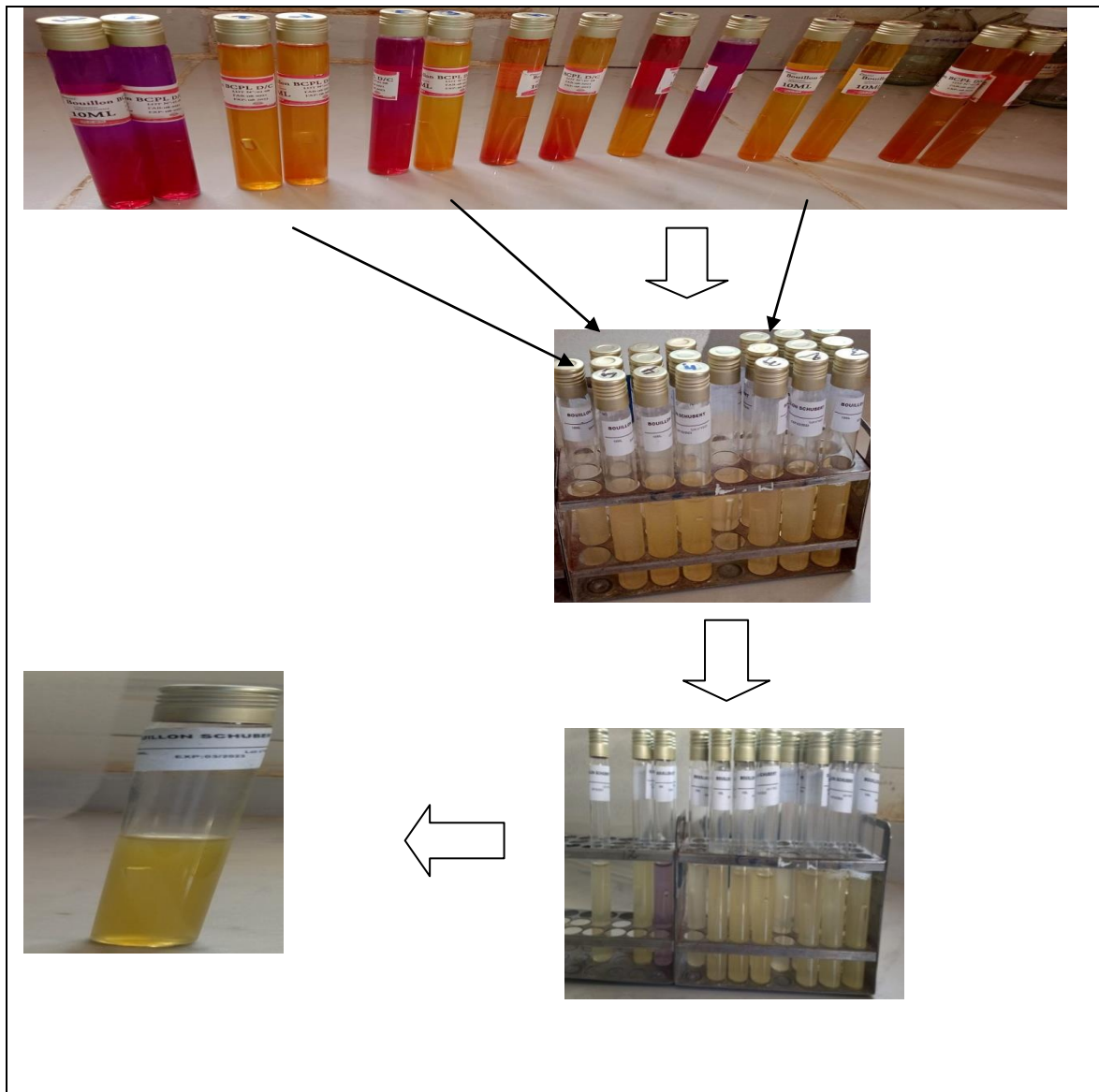
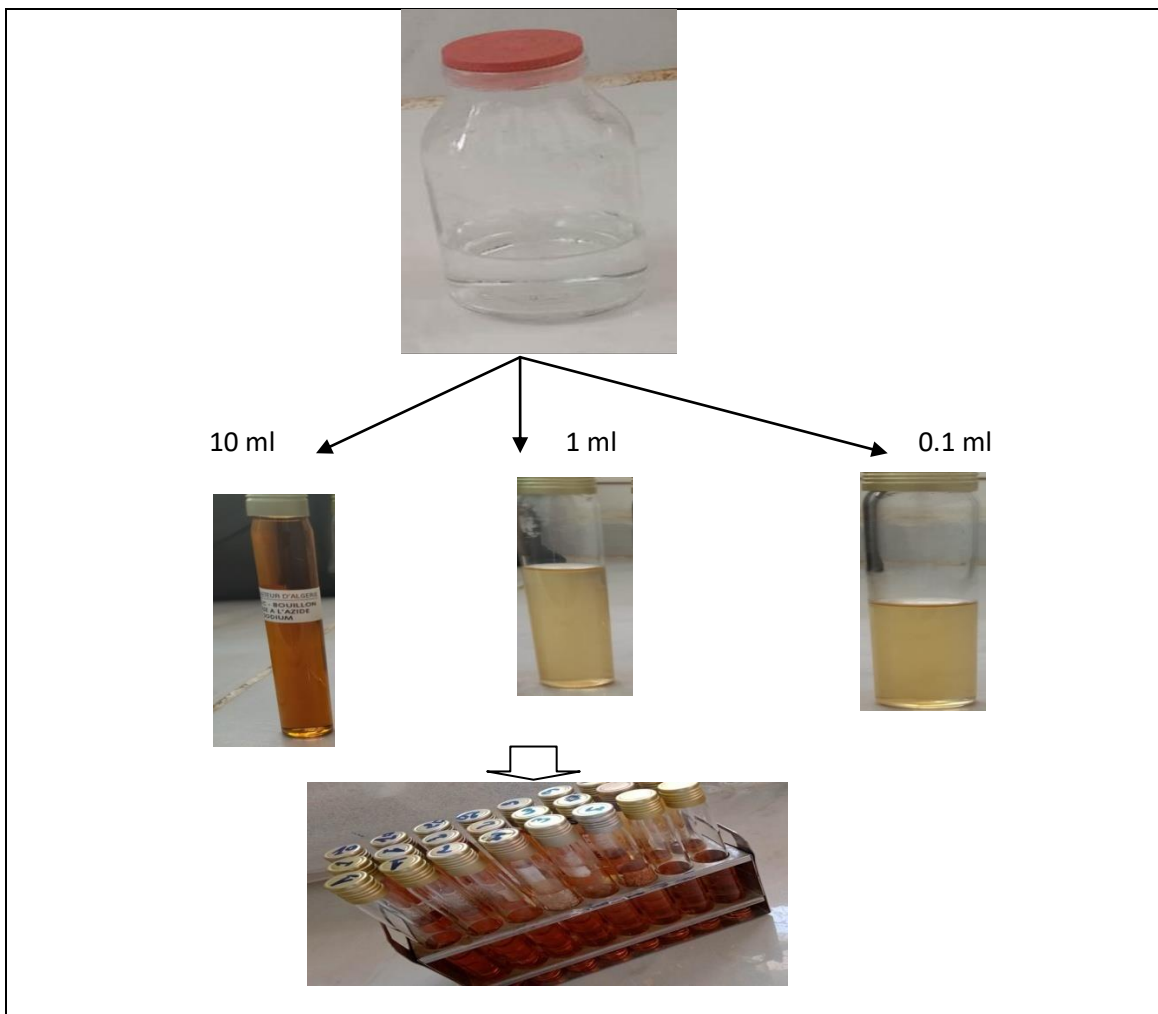


Figure 12 : Test de confirmation

7.3.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :**a. Test de présomption :**

- Prendre de fois 10 ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml milieu de Roth D/C.
- prendre de fois 1 ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml milieu de Roth S/C.
- prendre de fois 0.1ml de l'eau d'analyse dans 2 tubes contenant 10 ml milieu de Roth S/C
- et le milieu et l'inoculum doivent être soigneusement mélangés.
- L'incubation à 37°C pendant 24 h.
- Les lectures : par le tableau de nombre le plus probable (NPP) du tableau de Mac Grady pour des échantillons de 100 ml.

**Figure 13:** Test de présomption des Streptocoques fécaux

b. Test de confirmation :

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzi est : utilisé pour la recherche des Streptocoques fécaux .

- Prendre les tubes de Roth positifs repiquage 3 gouttes dans un tube contient du milieu de EVALitsky mélange bien le milieu.
- l'incubation à 37°C pendant 24 h.

7.3.4. Recherche et dénombrement des Clostridiumsulfito-réducteurs :

Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) se développent de 24 heures à 48 heures sur une Gélose viande-foie(VF) ils réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure de fer (FeS) en présence de fer (Fe^{+2}), en donnant des colonies de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (LEBRES et MOUFFOK, 2008).

7.3.4.1.Mode opératoire :

- Prendre 4 tubes dans chaque tubes contient 5 ml d'eau analyse,
- on chauffe les tubes dans un bain marie à 80 °C pendant 10 min puis les refroidis,
- ajoute 10 ml de gélose viande-foie préchauffée et à laquelle 20 goutte d'additifs (Alun de fer et Sulfite de sodiums) et maintenir le milieu à 45°C ,
- on mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air,
- l'incubation à 37°C pendant 24 h.

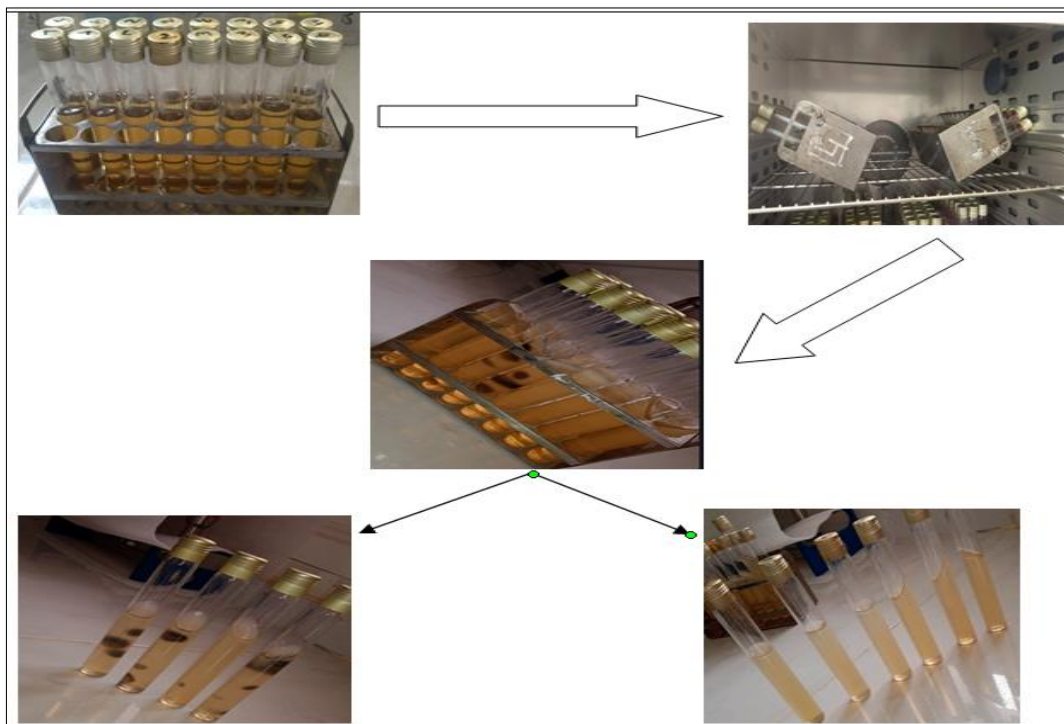


Figure 14: *Clostridiumsulfito-réducteurs*

8. Analyses physico-chimiques de l'eau du puits par test statistique (CHA et ACP)**8.1. Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) :**

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a pour objectif de constituer des groupes homogènes d'objets (classes) sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dis-similarité entre les objets. La CAH permet de construire une hiérarchie entière des objets sous la forme d'un "arbre" dans un ordre ascendant. L'un des résultats est le dendrogramme qui permet de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle est lente. Par ailleurs, le dendrogramme peut devenir illisible si on l'utilise avec trop de données. La CAH permet donc d'obtenir une représentation schématique simple d'un tableau de données complexe à partir d'une typologie (segmentation), c'est à dire d'une partition des n individus dans des classes, définies par l'observation de p variables (**Sanaa et Naima.2017**) et (**Abdelatif et Khezzari.2020**)

8.2. L'analyse en composantes principales (ACP) :

Selon **Beyragued, Boudiaf, (2017)** et **Abdelatif, Khezzari,(2020)** le permet de mettre en évidence les ressemblances chimiques entre les différentes eaux et/ou les différents pôles d'acquisition de la minéralisation. Le principe de l'ACP consiste à déterminer la corrélation des variables et de regrouper ces variables en ensembles dans des familles de même origine. Ces ensembles des variables nouvelles, appelées composantes principales, définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales. L'interprétation des résultats se restreint généralement aux deux premiers plans factoriels, sous réserve que ceux-ci expliquent la majeure partie de la variance du nuage des variables initiales.



CHAPITRE : III
RESULTAT ET
DISCUSSION

1. Résultats et discussion

1.1. Caractérisation de la qualité de l'eau

1.2. Qualité physico-chimique

Afin de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau des puits de notre région d'étude, nous avons rapporté les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant une image fidèle de cette qualité de l'eau. La variation spatiale des sites explorés différents par leurs typologies nous a permis de mettre la lumière sur les éventuelles variations entre ces sites (**Aflou** , **Gueltat sidi saad** , **Oued Morra**,

El-Ghicha, **Ain sidi Ali**, **Brida** et **El Hadj Mechri**). Les données caractérisant la nature physico-chimique de l'eau mesurée selon les méthodes décrites rapportées dans les tableaux ci-dessous

Tableau 10: Variations des paramètres physicochimiques de l'eau dans quelques puits de la région prospectée

	Aflou	Gueltat sidi saad	Oued Morra	ElGhicha	Ain sidi Ali	Brida	El Hadj Mechri
Conductivité	1115	824	983	445	630	516	650
minéralisation	845,77	589,91	745,65	318	451,02	369,41	465,34
TDS	551	403	484	214,9	307	250	317
Salinité	0,55	0,4	0,48	0,2	0,3	0,25	0,31
T°	13,4	13,4	13,5	13,4	13,4	13,5	13,4
Ph	8,12	8,17	7,9	7,9	7,8	8,07	8,4
Turbidité	0,208	0,174	0,138	0,337	0,36	0,371	0,337
TH	450	360	350	240	280	270	220
Na⁺	7,5	7,8	9,5	3,1	5,2	5	6,4
k⁺	0,7	0,7	1,1	0,7	0,8	0,6	0,6
Ca⁺	164,32	128,25	112,22	76,152	112,23	104,2	84,16
Mg⁺²	9,73	9,73	17,02	12,16	0,003	2,43	2,43
Cl⁻	127,8	99,4	99,4	56,8	56,8	56,8	76,1
HCO₃⁻	512	474,3	316,2	214,7	210,8	158,1	263,5
SO₄²⁻	249	192,23	217,83	212,8	137,6	99,5	148,67
NO₃⁻	104,3	8,3	18,2	18,1	18	4,8	9,9
RS	5560	3040	4880	2112	5640	8560	1080
SAR	0,28	0,33	0,42	0,16	0,25	0,24	0,34

1.2.1. Conductivité :

Les résultats de la conductivité de l'eau ont montré des variations minimales dans le site de **Al-Gisha** (445 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la valeur la plus élevée a été enregistrée à maximale 1115 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) enregistré au niveau de site **Aflou**. Pour tous les échantillons prélevés dans le site d'étude classée dans la (figure 14)

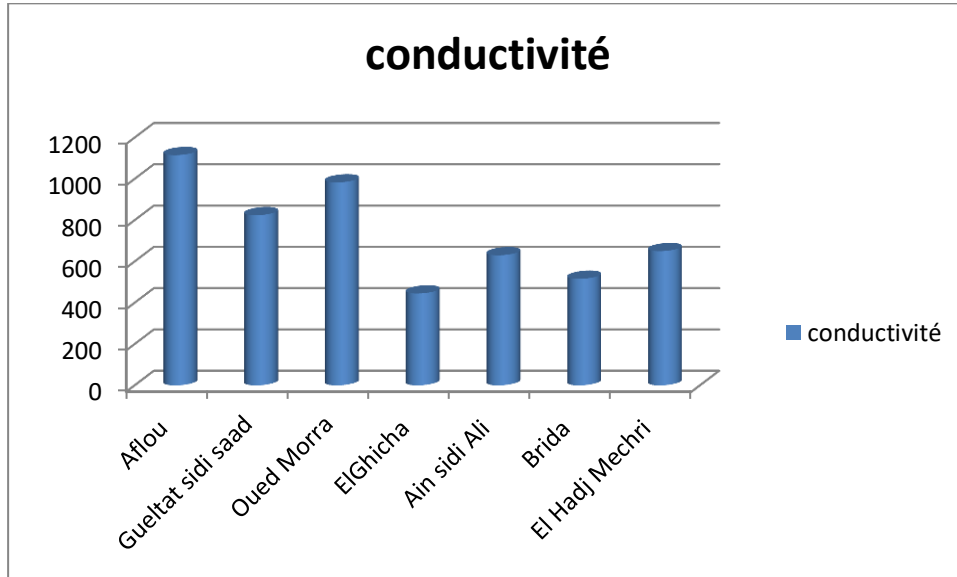


Figure 15 : Variations de la Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau d'irrigation

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rejsek, 2002). Dans le tableau nous rapportons la relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité.

Tableau 11: Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (Rejsek, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation de l'eau	Conductivité mesurée
< 100	Très faible	
Entre 100 et 200	Faible	
Entre 200 et 333	Moyenne	
Entre 333 et 666	Moyenne et accentuée	ElGhicha ; Brida, Ain sidi Ali, El Hadj Mechri
Entre 666 et 1000	Importante	Gueltatsidisaad, OuedMorra
>1000	Élevée	Aflou

Selon (Hade, 2002) la conductivité est influencée par divers paramètres tels que :

La géologie du bassin versant, Les apports d'eau souterraine, La température de l'eau.

1.2.2. Minéralisation :

Les résultats démontrent que la minéralisation trouvée dans les eaux des prélèvements varie de minimum 318 mg/l et maximum 948,23 mg/l dans les sites **El-Ghicha** et **Aflou**. Les autres sites classés dans la figure 17

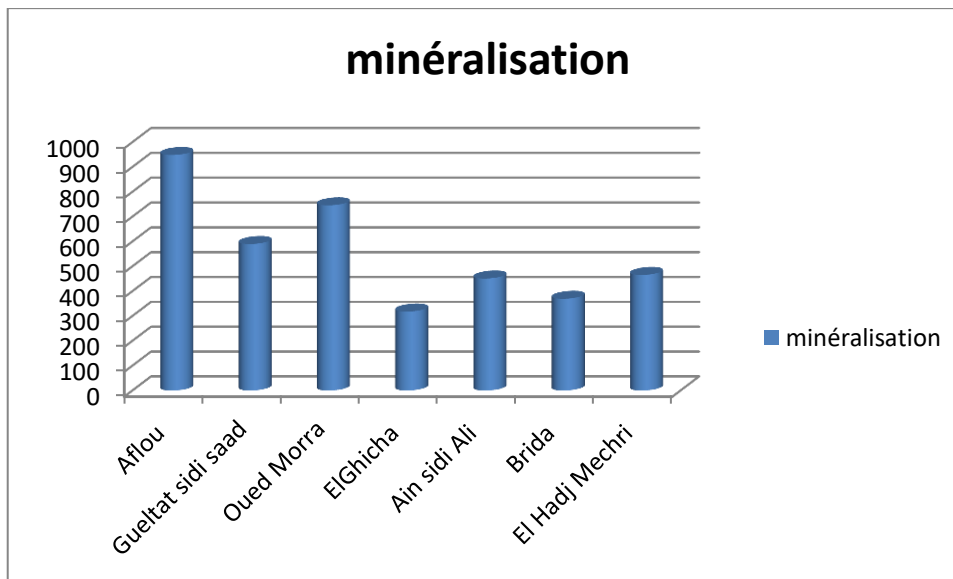


Figure 16 : Variations de la minéralisation (mg/l)

Il existe une relation entre le pourcentage de sel dissous dans l'eau et la conductivité de l'eau. Cependant, la minéralisation déterminée par le poids sec du résidu n'est pas tout à fait en accord avec la minéralisation calculée à partir de la conductivité.

En fait, le calcul de la minéralisation à partir de la conductivité ne fournit pas une valeur exacte. La possibilité ainsi offerte a surtout un intérêt dans le cas de vérifications de concordance ou dans l'étude de l'évolution d'une perturbation (**Rodier, 2009**)

Une estimation grossière de la teneur totale en sel dissous (minéralisation) est obtenue à l'aide du tableau suivant.

Tableau 12. Détermination de la minéralisation en mg/l = C 25 X coefficient

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation en Mg/l
Conductivité inférieur à 50 µS/cm	1.365079 x conductivités µS/cm
Conductivité comprise entre 50 et 166 µS/cm	0.947658 x conductivités µS/cm
Conductivité comprise entre 166 et 333 µS/cm	0.769574 x conductivités µS/cm
Conductivité comprise entre 333 et 833 µS/cm	0.715920 x conductivités µS/cm
Conductivité comprise entre 833 et 10000 µS/cm	0.758544 x conductivités µS/cm
Conductivité supérieur à 10000 µS/cm	0.850432 x conductivités µS/cm

(RODIER, 1996)

1.2.3. Total des sels dissous (TDS) :

Les résultats démontrent que la TDS trouvé dans les eaux des prélèvements elles varient minimum 214,9 DS/m et maximum 551 DS/m dans les sites El-Ghicha et Aflou.

D’après les résultats Cette eau ne est pas modérée selon les normes donnée par FAO (sévère > 200 mg/l / légèrement 450 - 200).

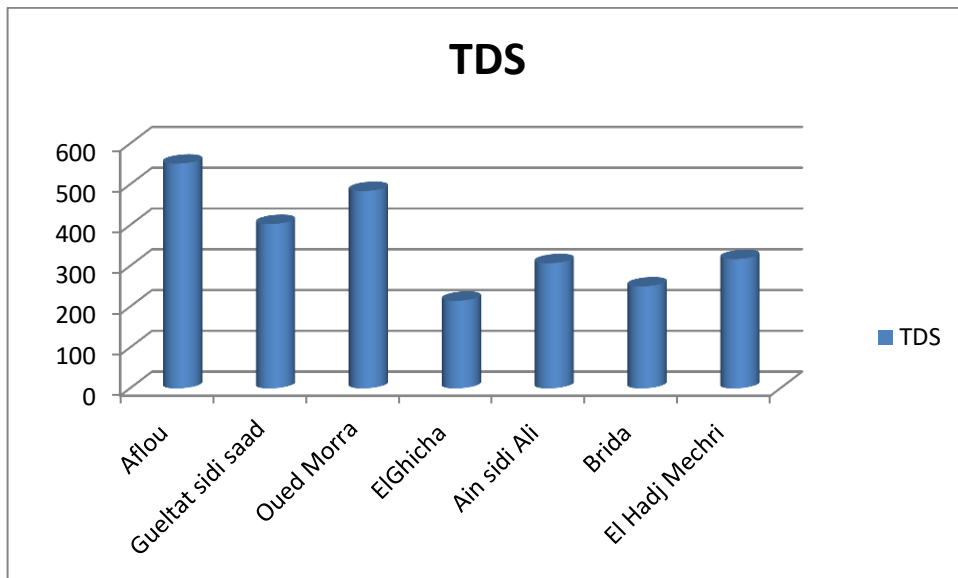


Figure 17: Variation de TDS (DS/m)

1.2.4. Salinité:

Nous notons, que la salinité enregistrée durant la période d'étude présente des variations remarquables entre les différents sites étudiés. Sachant que les degrés susmentionnés diffèrent entre 0,2 et 0,5%, respectivement, à **Al-Ghisha, Brida, Ain Sidi Ali, Gueltat Sidi Saad**, et la localité (**Fig.18**). La valeur de salinité la plus élevée a été enregistrée sur le site d'**Aflou** avec 0,55g/l. Le degré de salinité permet de classer les eaux selon les catégories suivantes : eau douce (S% 0,5 g/l), eau douce à saumâtre (0,5 à 5 g/l), eau saumâtre à saumâtre (18 à 30 g/l) et eau saline (S% > 30 g/L) (**Hecker et al, 1996**). Dans notre cas, les résultats de salinité obtenus permettent de classer les sites étudiés dans la catégorie des eaux douces aux eaux saumâtres. Évidemment, ce dernier est directement lié au rapport évaporation/précipitation. Cette observation est mise en évidence par les travaux de **Hacini et al (2008)** sur les variations de salinité avec la température et l'évaporation.

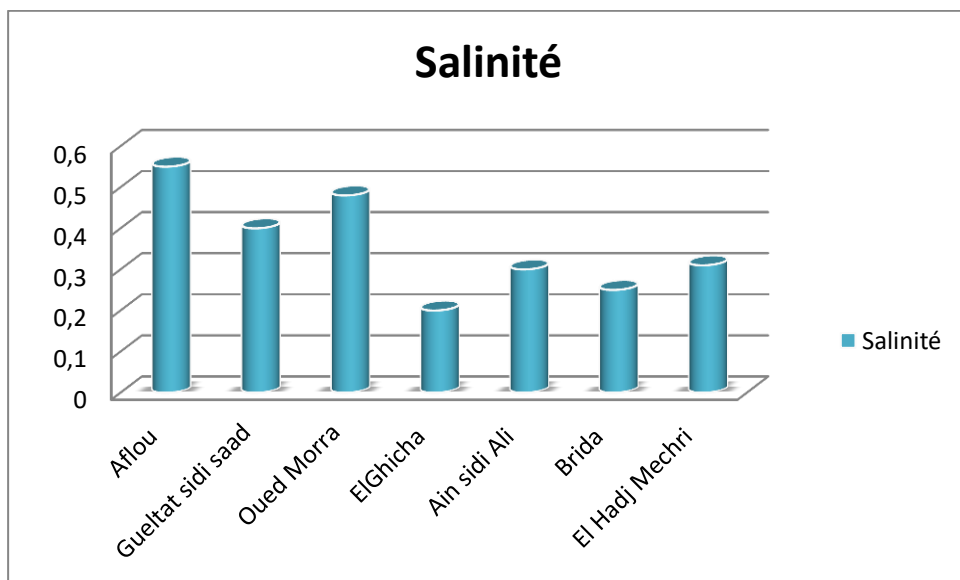


Figure 18 : Variations de la Salinité (%) de l'eau d'irrigation.

1.2.5. La température(T°C) :

La température de l'eau montre de légères variations dans tous les puits; La valeur la plus basse a été enregistrée à **Aflou, Gueltat Sidi Saad, Al-Gisha, Ain Sidi Ali, Al-Hadj Al-Mechri**(13,4 °C) et la valeur la plus élevée a été enregistrée à **Oued Morra, Brida** (13,5 °C). Nos relevés de température montrent approximativement que les eaux souterraines de la phase climatique désertique sont les plus froides. Les fluctuations de

ce coefficient abiotique sont liées aux conditions climatiques locales et régionales, et en particulier aux précipitations qui en résultent lorsque celles-ci augmentent. **Aminot (1983)** montre que la température est un facteur environnemental important pour la vie aquatique qui contrôle tous les processus biologiques tels que la reproduction, la croissance et la préférence de chaleur, liés à un environnement donné. Thermiquement acceptable selon les normes de la **F.A.O (2003)** et Algérienne.

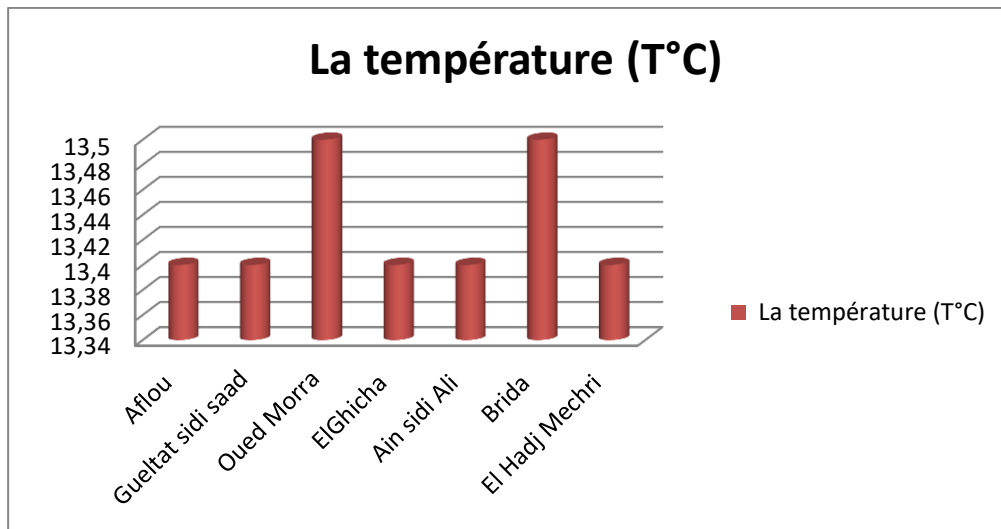


Figure 19 : Variations des températures (T °C) de l'eau d'irrigation

1.2.6. Potentiel hydrogène (pH):

Les résultats de pH dans les puits variaient entre 7,8 à Ain Sidi Ali et 7,9 à **Oued Morra et El-Ghisha**. Les sites **Aflou, Brida, Al-Hadj Al-Mechriet** le site de **Gueltat Sidi Saad** ont une valeur légèrement alcaline généralement comprise entre 8,07 et 8,17 (**Fig. 19**). Cette alcalinité peut s'expliquer par l'absence d'une véritable source de pollution. C'est un indicateur de la quantité et de la nature des ions métalliques en solution dans l'eau (**Groga, 2012**).

Le pH de l'eau permet de classer celle-ci en trois catégories selon l'échelle adoptée par **Hecker et al(1996)**. Eau acide (pH < 5,5), eau neutre (pH = 5,5 à 7,4), eau alcaline (pH > 7,4). En pratique, les eaux ayant un pH supérieur à 8 ou inférieur à 6 sont rares mais on peut rencontrer des pH plus élevés dans des situations d'eutrophisation d'eau.

Résultats convenir aux eaux d'irrigation car ils ne sont pas éloignés des normes de la **F.A.O (2003)** et de l'Algérie (2012)

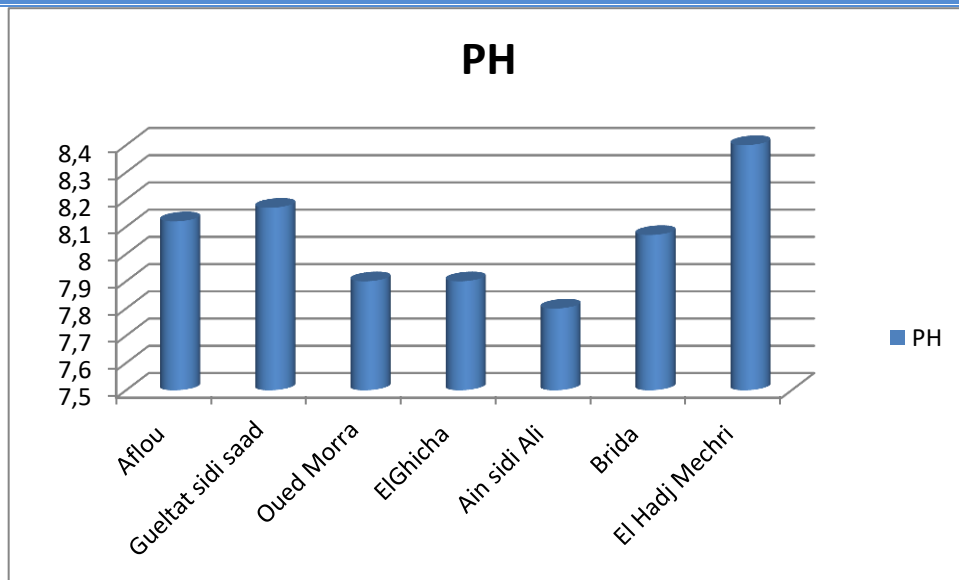


Figure20 : Variations du pH de l'eau d'irrigation

1.2.7. Turbidité:

L'analyse de la turbidité a montré les valeurs moyennes dans les sites sont comprises entre 0.36NTU et 0.371 NTU.

Selon la (**Anonyme, 1978**) l'intensité de la turbidité permet de classer l'eau selon les critères suivants : $NTU < 30$ NTU : l'eau est claire ; $30 < NTU < 50$ NTU : moyennement nuageux ; $NTU > 50$ NTU : pour eau trouble. Les résultats de turbidité obtenus dans les sept sites étudiés sont significativement inférieurs à la valeur guide fixée à 30 NTU pour une eau claire à turbidité. **Doussart (1992)** a indiqué qu'une augmentation de la transparence se produit parallèlement à une diminution de la densité des micro-algues. Dans une masse d'eau, la transparence varie en fonction de l'abondance des particules en suspension (vase, limon, etc.) et du phytoplancton (**Balvay, 1985**)

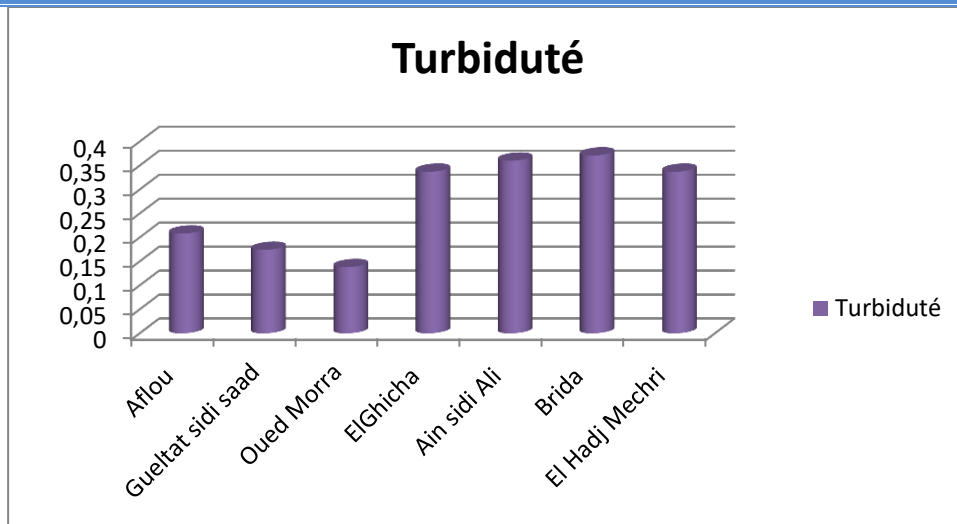


Figure 21: Variations de la Turbidité de l'eau d'irrigation en NTU.

1.2.8. La dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) :

La TH qui varie de 220 mg/l comme une valeur minimale dans le site **El Hadj Mechri** 450 mg/l comme une valeur maximale dans le site **Aflou**. Le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en calcium (Ca+) et en magnésium (Mg+).

D'après les résultats obtenus de la dureté dans le **Figure. 21**, en remarque que la dureté a affiché des valeurs très élevées que les normes d'irrigations de la F.A.O(2003)

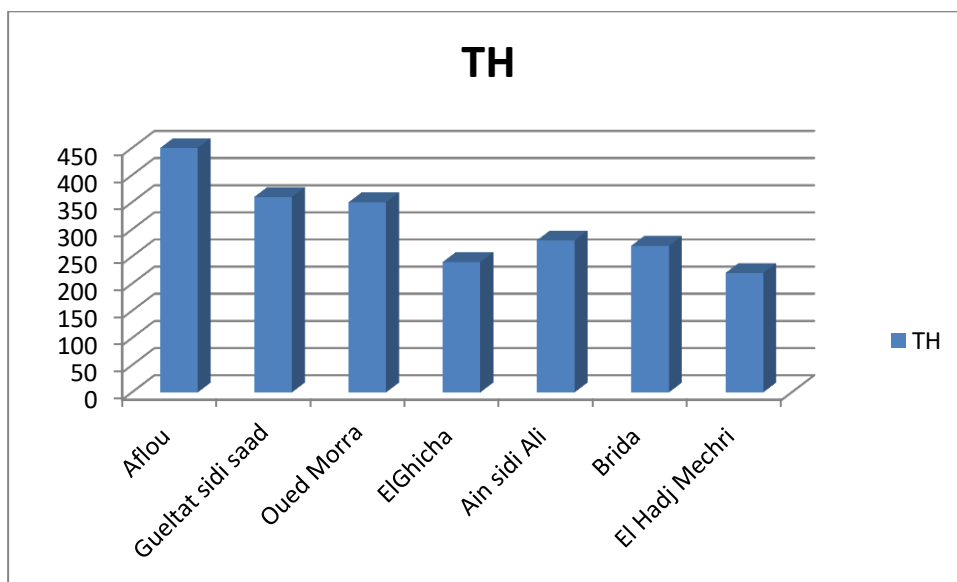


Figure 22 : Variations de la dureté en (mg/l).

1.2.9. Sodium (Na⁺) :

Les valeurs de sodium sont généralement faibles, elles varient de 3,1 mg/L à 9,5 mg/L dans les puits **Al- Ghicha** et **Oued Marra** respectivement, et tous les puits ont des valeurs admissibles pour l'irrigation selon la FAO (< 220).

Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation, Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles. (Couture ; 2006)

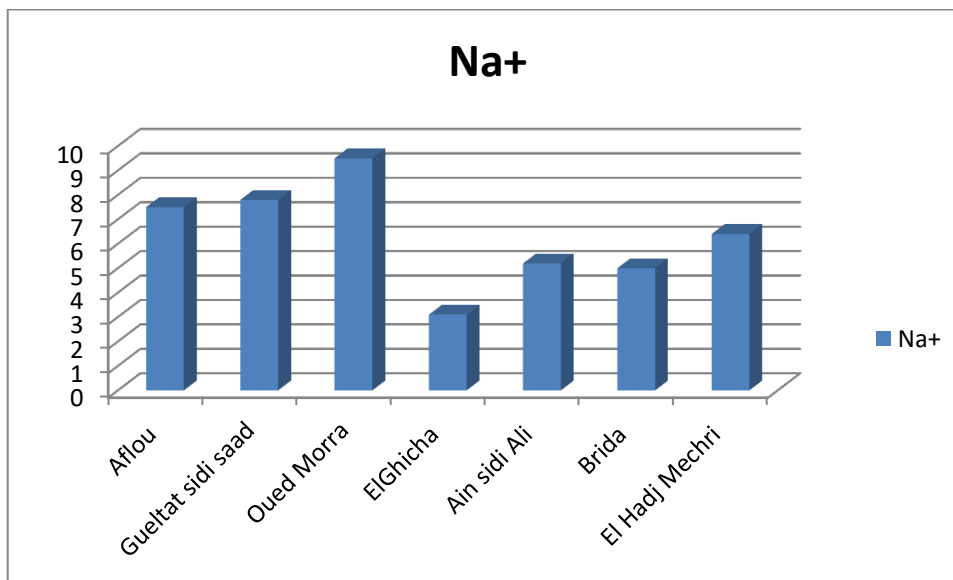


Figure 23 : Variations de la Sodium (Na⁺)

1.2.10. Potassium k⁺ :

Selon les résultats des analyses, la concentration minimale 0.6 mg/l au niveau de sites **Brida** et **El Hadj Mechri** , et la concentration maximale 1.1 mg/l enregistré au niveau de site Oued Morra. Pour tous les échantillons prélevés dans les nappes de la région d'étude classées dans le (figure.23), en observe que tous les valeurs sont relativement tirée faible ne dépassant pas les normes d'irrigation de la F.A.O (12 mg/l).

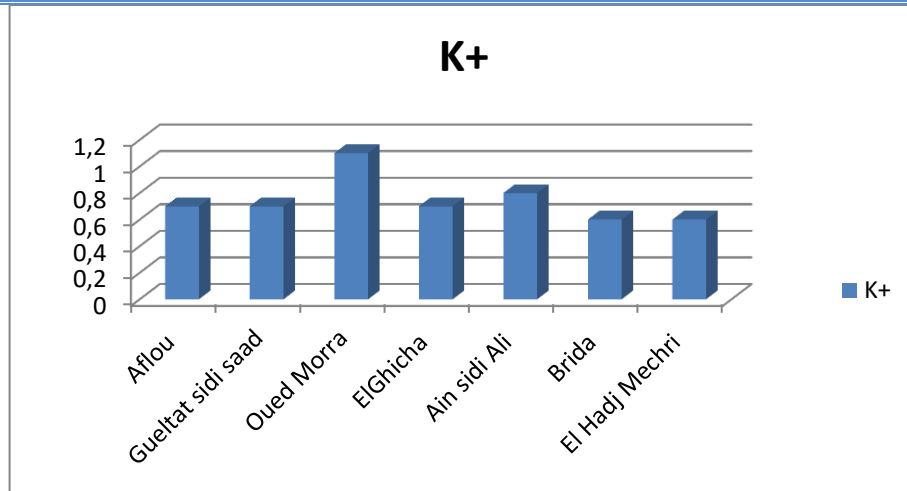


Figure 24 : Variations de la Potassium k^+

1.2.11. Détermination du Calcium (Ca^{2+}) :

Les résultats démontrent que le calcium trouvé dans les eaux des prélèvements entre 76,15 et 164,32 mg/l qui témoignent des normes fiables aux normes de FAO (400 mg/l) dans la teneur en calcium. Ces variations sont dues à la nature géologique du milieu.

La présence du calcium et du magnésium reflète la réaction de dissolution des roches et des dépôts calcaires essentiellement, et d'autres minéraux comme la dolomite (Custodio, 1983; Plummer et al. 1990).

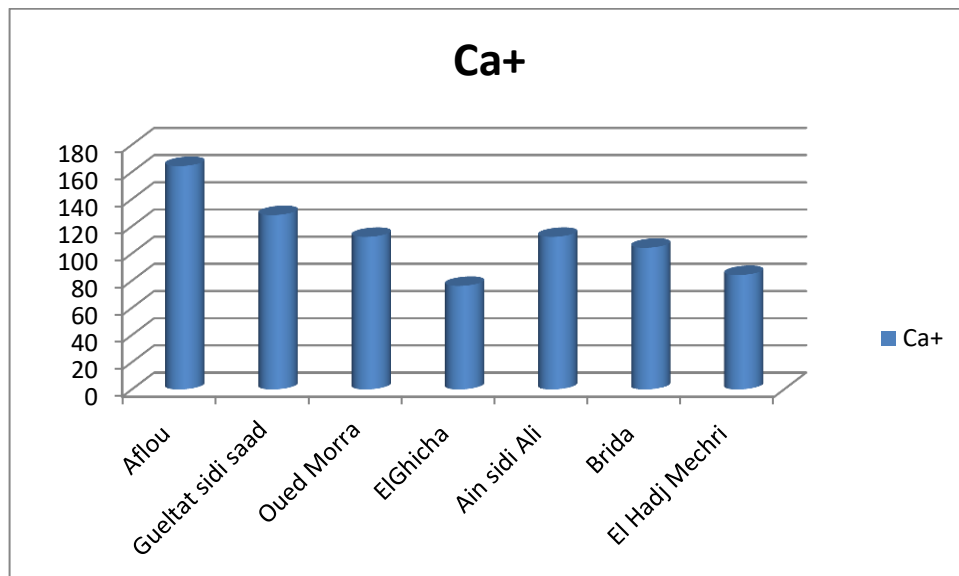


Figure 25 : Variation du Calcium (Ca^{2+})

1.2.12. Détermination du magnésium (Mg⁺) :

Les résultats démontrent que le Mg⁺ trouvé dans les eaux des prélèvements entre 0,003 mg/l dans la région **Ain sidi Ali** et 17,02 mg/l dans la région **Oued Morra**.

Selon les résultats trouvé le taux du Mg⁺ ne dépasse pas les normes FAO (60-75 mg/l) ceci est due à l'origine minérale des roches sur la cour d'eau

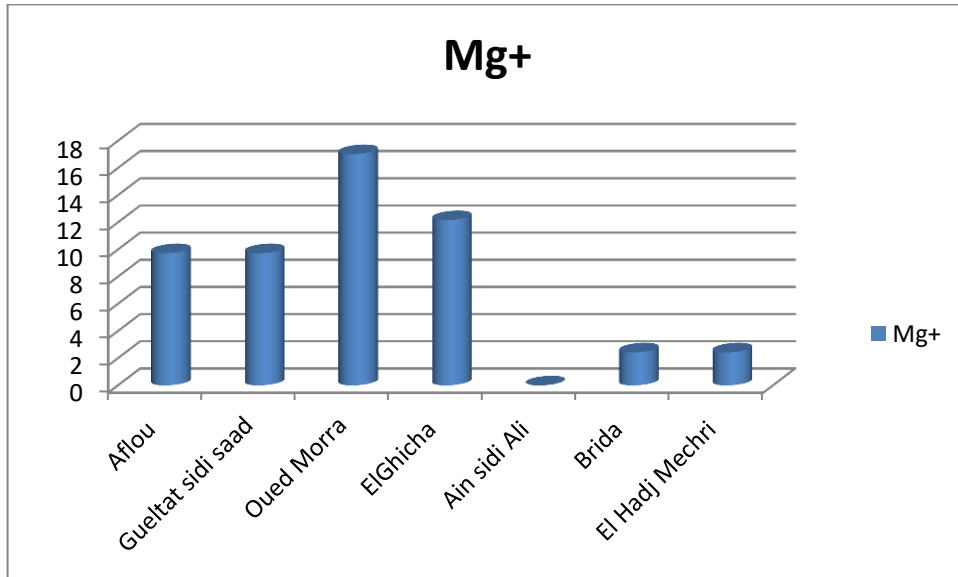


Figure 26: Variation de magnésium (Mg⁺)

1.2.13. Détermination du chlorure (Cl⁻) :

Les résultats ont montré que le chlore dans l'eau analysée était compris entre 56,8 mg/l dans les régions **El-Ghicha ; Ain sidi Ali et Brida** Et 127,8 mg/L dans la région **d'Aflou**.

Les chlorures pourraient provenir des rejets industriels, de la percolation à travers les terrains salés (**Kholtei et al. 2003**)

Selon les résultats trouvés le taux du (Cl⁻) ne dépasse les normes FAO (1065 mg/l)

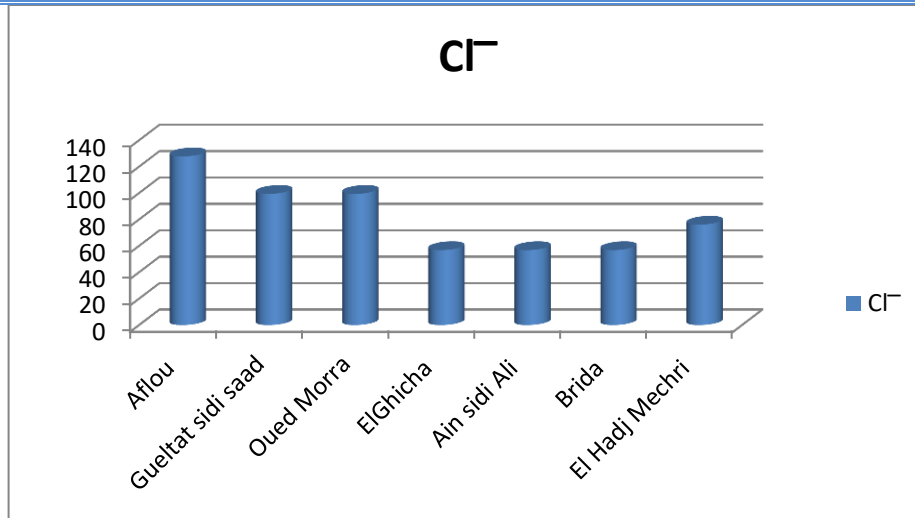


Figure 27 : Variation de chlorure

1.2.14. Les bicarbonates (HCO₃⁻) :

Les valeurs de bicarbonates sont généralement moyenne, elles varient de 158, 1mg/l à 512 mg/l pour les forages **Brida** et **Aflou** successivement, tous les forages ont des valeurs admissible à l'irrigation selon la FAO (<610).

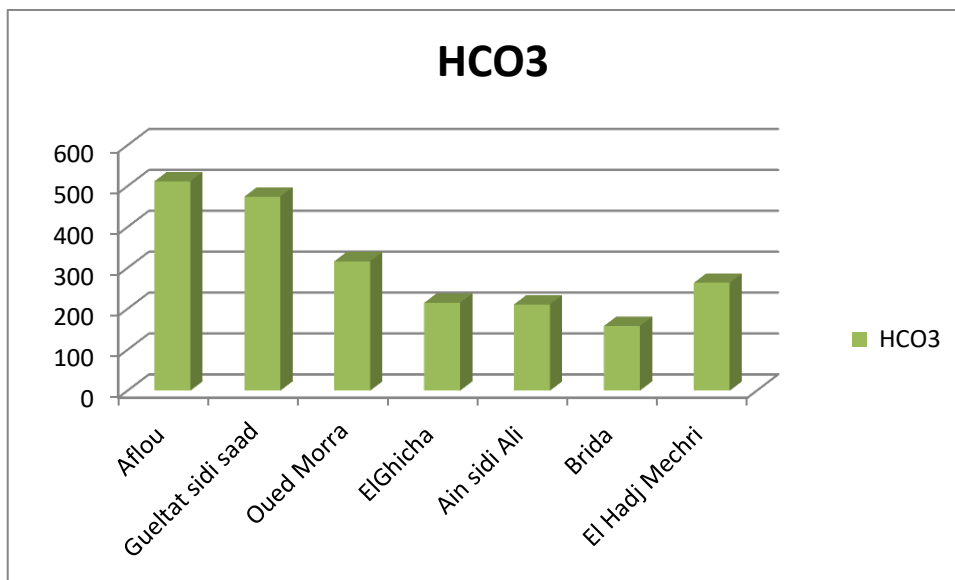


Figure 28: La variation du HCO₃⁻

1.2.15. Les Sulfates(SO₄⁻²) :

Les résultats de Sulfates dans les puits variaient entre 99,5 mg /l dans la région **Brida** et 249 mg /l dans la région de **Aflou**.

D'après les résultats en observe les eaux ne dépasser pas la norme d'agricole de l'F.A.O (960 mg/l

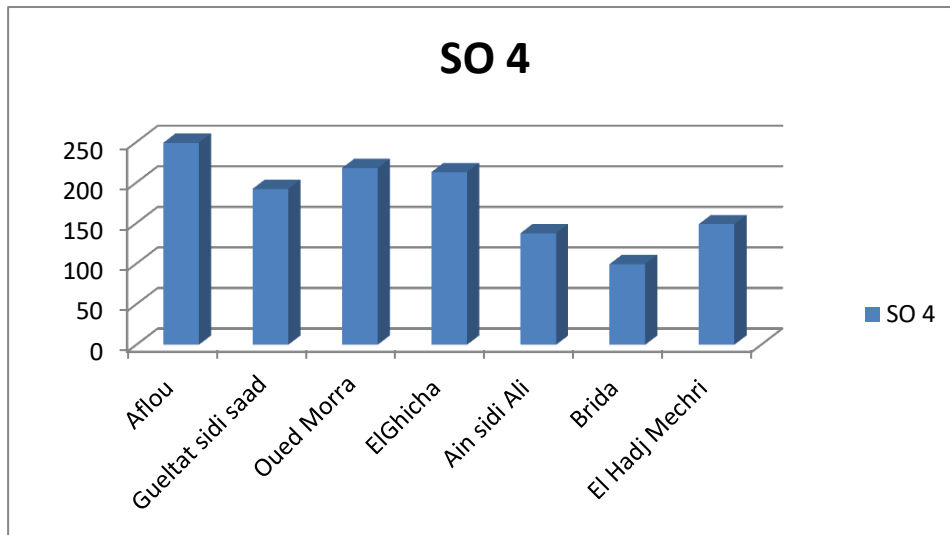


Figure 29 : Variation de sulfates (SO_4^{-2})

1.2.16. Nitrate (NO_3):

Les résultats obtenus à partir de nos prélèvements indiquent la présence de teneurs inférieures à 10 mg/L pour les sites **Gueltat Sidi Saad**, **Brida** et **El-HadjMechri** avec des valeurs de 8,3 mg/L, 4,8 mg/L et 9,9mg/L. Respectivement dans le site d'Oued Marra, El Ghicha et Ain Sidi Ali, la teneur est de 18,2 mg/L, 18,1 mg/L et 18 mg/L, et le pourcentage le plus élevé a été enregistré dans l'Aflou région site de 104,3 mg/L (Fig.30).

La concentration naturelle de nitrates ne dépasse pas 30 mg/L dans les eaux d'irrigation. Certain sauteurs ont montré que les nitrates sont en relation avec le régime pluviométrique (Romdhane 1986; Ben Rejeb 1989; Mouelhi 2000; Turki 2002). Les variations saisonnières des teneurs en nitrates sont importantes et liées au développement du phytoplancton (Rejsek, 2002). Les excédents d'azote sont dus à une fertilisation excessive et/ou à des pratiques culturales inadaptées. Dans certaines régions ce sont les rejets azotés d'origine animale excessifs qui sont en cause.

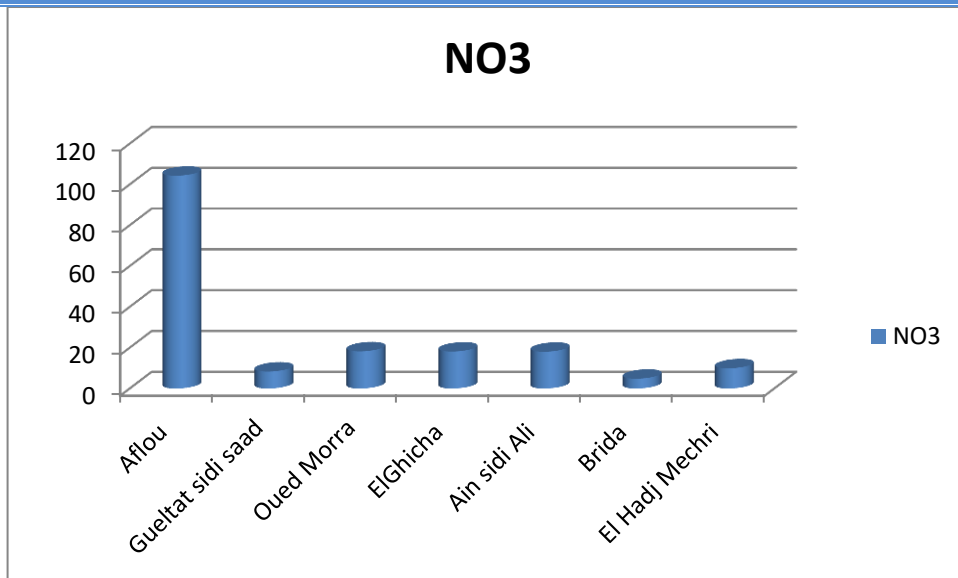


Figure 30: Variations de la Nitrates (mg/l)

1.2.17. Résidu sec (RS) :

Les résultats obtenus la présence de teneurs minimum à 1080 mg/L pour la région El-Hadj Mechri et maximum avec des valeurs de 8560 mg/L dans la région de Brida.

Cette teneur en résidu sec est liée à la nature lithologique des formations. D'après le (Figure), on observe que les concentrations du résidu sec ont dépassé les normes d'irrigation de la F.A.O (1500 mg/l).

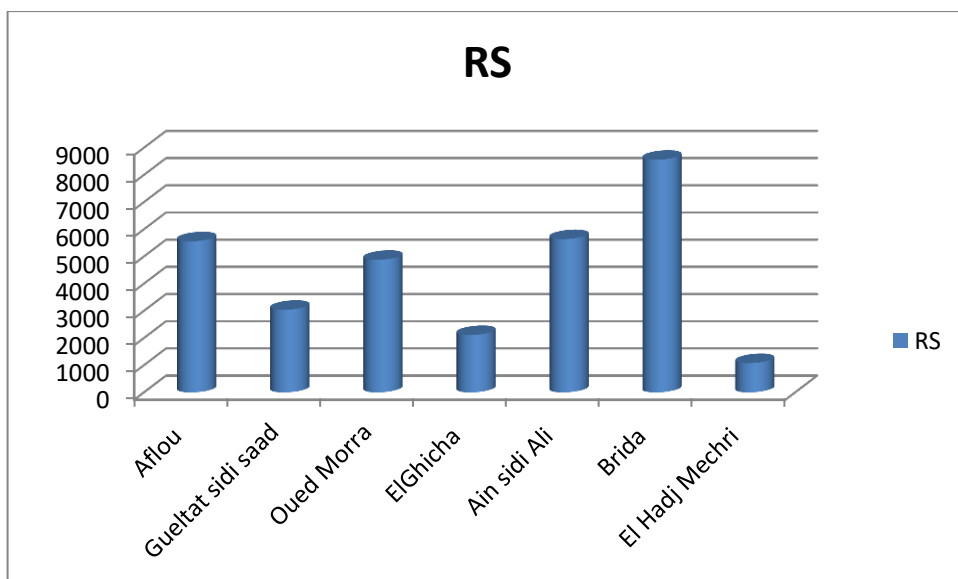


Figure 31 : Variations du RS (mg/l)

1.2.18. Sodium Adsorption Ratio(SAR):

Nous avons fait la moyenne du SAR des eaux analysées et des sept puits de la région les résultats obtenus sont portés dans le tableau

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{12}} ((Ca^{2+}) + (Mg^{2+}))$$

Tableau13 : du paramètre de SAR

	Aflou	Gueltat sidi saad	Oued Morra	ElGhicha	Ain sidi Ali	Brida	El Hadj Mechri
SAR	0,28	0,331	0,41	0,16	0,24	0,24	0,343

Les résultats obtenus la présence de teneurs minimum à 0.16 (még/l) pour la région **El-Ghicha** et maximum avec des valeurs de 0.41 (még/l) dans la région de Oued Morra.

Selon ces résultats, il apparaît que ces eaux conviennent à l’irrigation et surtout les eaux de la puits (peut être renfermant des composants fertilisants) ne dépasse pas les normes d’irrigation.

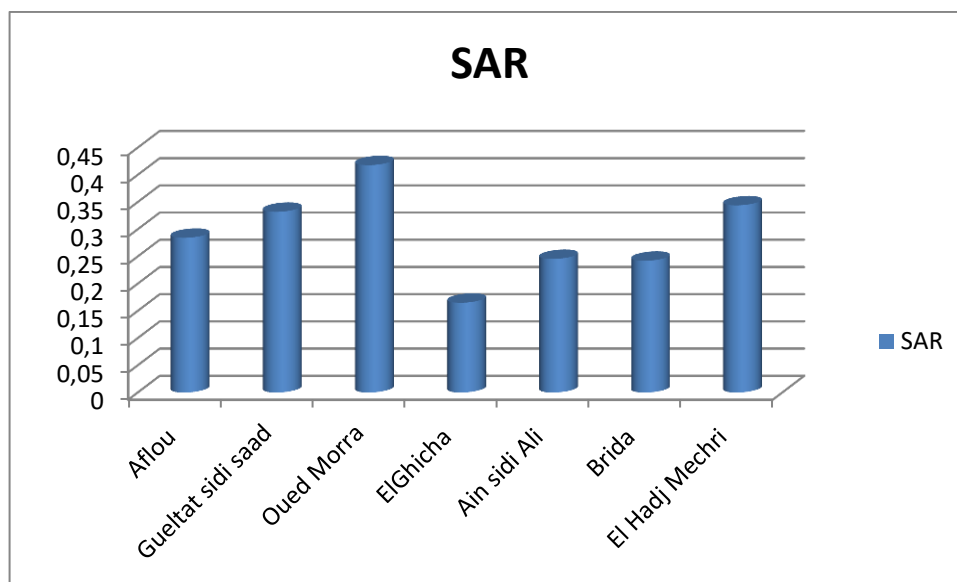


Figure 32: Variations du SAR (mg/l)

2. Analyses physico-chimiques de l'eau du puits par test statistique (CHA et ACP) :

2.1. Le dendrogramme :

La classification hiérarchique ascendante (CHA) nous permet de distinguer les puits qui ont une composition physico-chimique similaire.

Le dendrogramme du paramètre physicochimique des puits est illustré en figure 33 . Les distances observées sur le dendrogramme, montrent la présence de 2 classes ; la première regroupe les régions *El Hadj Mechrit* tandis que la deuxième comprend les régions **OuadeMoraa** Ce regroupement est fortement associé à la qualité des paramètres physico chimique des puits.

Le premier groupe, est subdivisé en deux sous-groupe distincts. Le premier comprend **el-ghaicha** Le deuxième sous-groupe comprend, **ain sidi ali et brida**

Le deuxième groupe, est subdivisé en deux sous-groupe distincts. Le premier comprend **OuadeMoraa** ,Le deuxième sous-groupe comprend **aflouet gueltatt sidisaad**

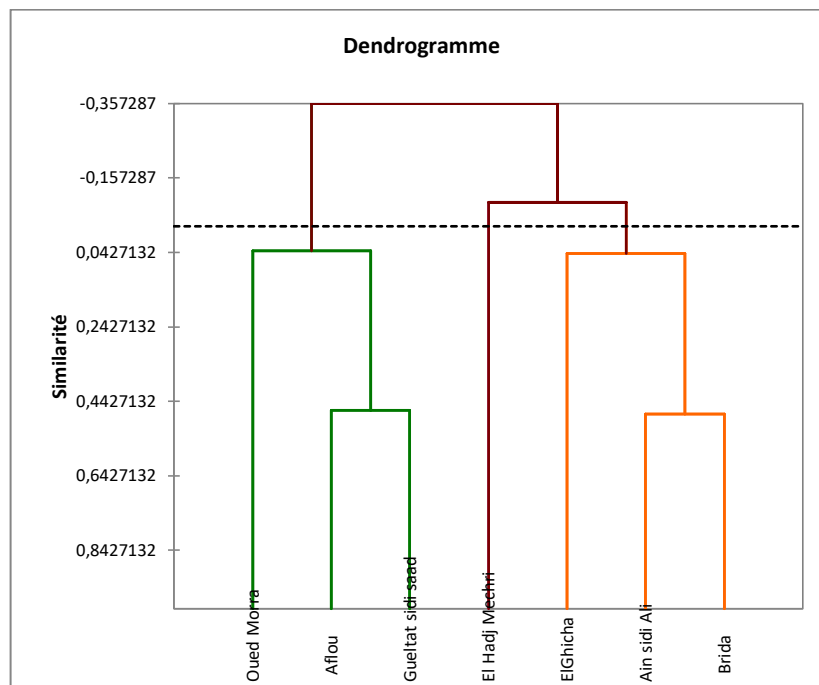


Figure 33 : Hiérarchie des eaux d’irrigation par CAH (dendrogramme)

2.2. L'analyse en composantes principales (ACP) :

Une analyse statistique (ACP) a été réalisée ; les Résultats de la corrélation appliquées aux variations des paramètres physicochimique mesurés montre que l'existence d'une associations entre les variables suivants : M et C25 ; TDS et M ; sal et M et TDS ; turb et C25 et M et TDS et Sal ; TH et C25 et M et TDS et Sal et Turb ; Na+ et C25 et M et TDS et Sal et turb et TH ;K+et turb ; Ca+et C25 et M et TDS et Sal et T° et TH ;Mg+ et turbet K+ ; Cl⁻et C25 et M et TDS et Sal et turb et TH et Na+Ca+ ; Hco 3⁻ et C25 et M et TDS et Sal et Turb et TH et Na+ et Ca+Cl⁻ ; So4⁻ et C25 et M et TDS et Sal et No3 et RS et SAR ; No3 et C25 et M et TDS et Sal et TH et Ca+ et Hco3⁻ et ;So4⁻ ; RS et T° ; SAR et C25 et TDS turb et Sal et turb Les coefficients de corrélation entre les éléments sont reportés dans le

tableau 14.

Tableau 14: Matrice de corrélation entre les paramètres physicochimiques des eaux de lazone d'étude

V	C25	M	TDS	Sal	T°	PH	Turb	TH	Na+	K+	Ca+	Mg+	Cl ⁻	HCO3	SO 4	NO3	RS	SAR
C25	1																	
M	0,989	1																
TDS	1,000	0,990	1															
Sal	0,999	0,989	0,999	1														
T°	0,033	0,007	0,033	0,050	1													
PH	0,118	0,108	0,117	0,126	0,222	1												
Turb	-	-	-	-	-	-	1											
TH	0,899	0,916	0,899	0,903	0,000	0,045	0,762	1										
Na+	0,861	0,784	0,859	0,863	0,287	0,211	0,866	0,652	1									
K+	0,466	0,404	0,466	0,455	0,426	0,582	0,615	0,312	0,581	1								
Ca+	0,830	0,855	0,830	0,839	0,080	0,028	0,574	0,950	0,564	0,126	1							
Mg+	0,479	0,461	0,479	0,464	0,230	0,225	0,778	0,454	0,455	0,632	0,154	1						
Cl ⁻	0,954	0,955	0,954	0,953	0,093	0,299	0,838	0,892	0,782	0,265	0,808	0,519	1					
HCO3	0,833	0,825	0,832	0,829	0,350	0,315	0,782	0,855	0,642	0,094	0,798	0,431	0,931	1				
SO 4	0,666	0,693	0,668	0,647	0,272	0,097	0,719	0,657	0,395	0,408	0,447	0,807	0,737	0,716	1			
NO3	0,685	0,781	0,688	0,683	0,282	0,039	0,321	0,758	0,230	0,005	0,767	0,210	0,715	0,641	0,649	1		
RS	0,092	0,129	0,093	0,117	0,623	0,387	0,101	0,300	0,034	0,088	0,407	0,214	0,050	-0,177	0,345	0,159	1	
SAR	0,651	0,550	0,649	0,653	0,338	0,299	0,698	0,335	0,932	0,561	0,259	0,322	0,554	0,393	0,174	0,051	0,102	1

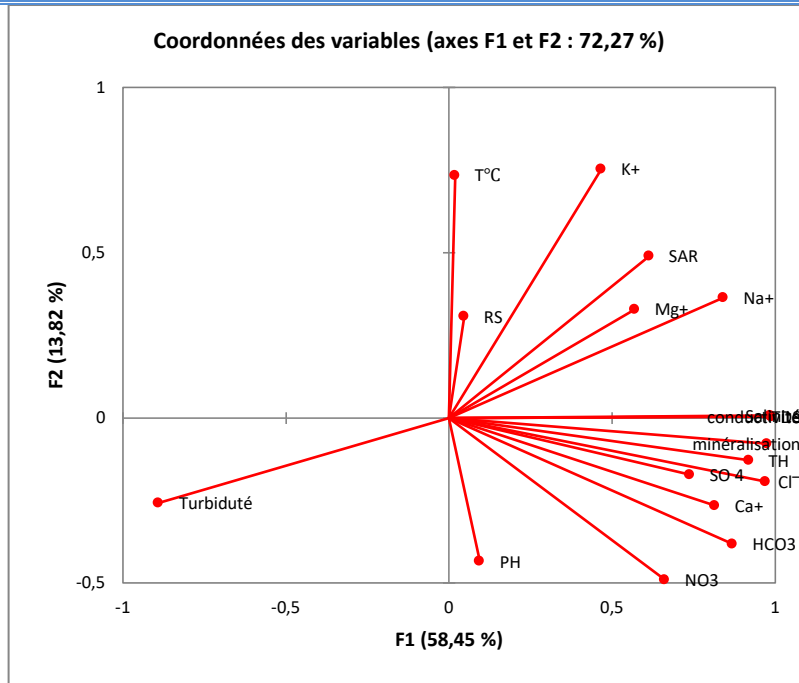


Figure 34: corrélation des variables sur le plan factoriel

Presque toutes les variables sont bien représentées dans ce plan factoriel car leurs corrélations avec les axes sont relativement importantes (les projections sont proches du cercle de corrélation) Sauf la turbidité.

- L'interprétation que l'on peut faire des deux premiers axes factoriels est la suivante:
- Le premier axe (F1) factoriel exprimé par 58.45 % est corrélé positivement aux: T°. RS, k+, Mg²⁺, Na+, SAR et d'un degré moindre aux Cl, minéralisation; TH; SO₄; Ca+, Hco₃, NO₃; ph, et qui correspond à la ligne d'axe : conductivité électrique et salinité.
- C'est le pôle des minéralisations, il est en bonne partie issue de l'interaction eau-roche.
- Le second axe factoriel F2 exprimé par 13.82 % est corrélé négative.

2.3. Le graphique symétrique :

L'application de l'AFC nous permet de conclure : les puits (F1, F12) sont à conjonction avec tous les éléments sauf la turbidité dans la région Brida,

El-Ghaicha, Ain sidi Ali, El-HadjMechri

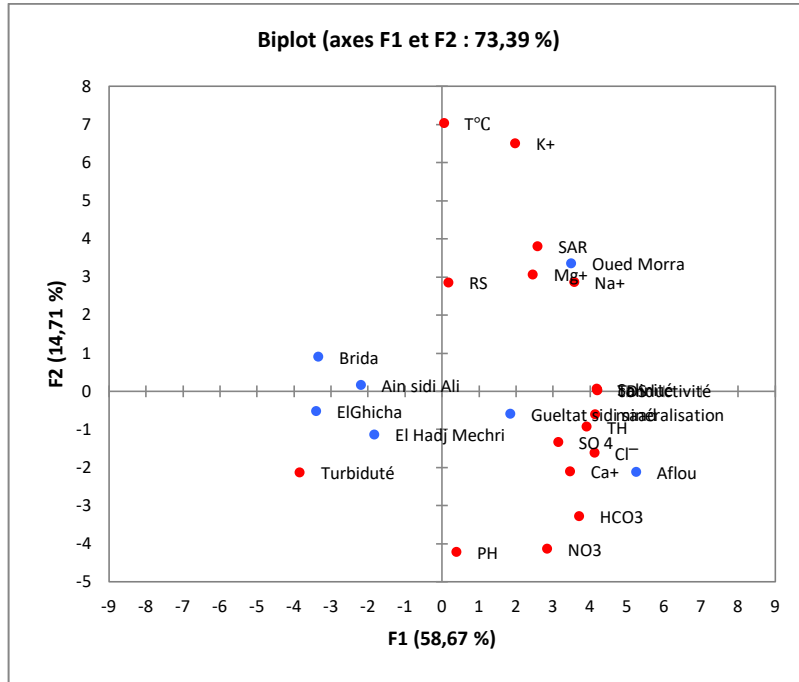


Figure 35 : Graphique symétrique

3. Résultats des analyses bactériologiques :

3.1. Résultats de la qualité bactériologique des échantillons d'eaux des puits collectés

Les résultats présentés dans la figure (37) montrent qu'environ 57 % des eaux de puits sont de bonne qualité bactériologique. Tandis que, 43 % des puits de mauvaise qualité bactériologique donc ne peuvent servir à la consommation humaine.

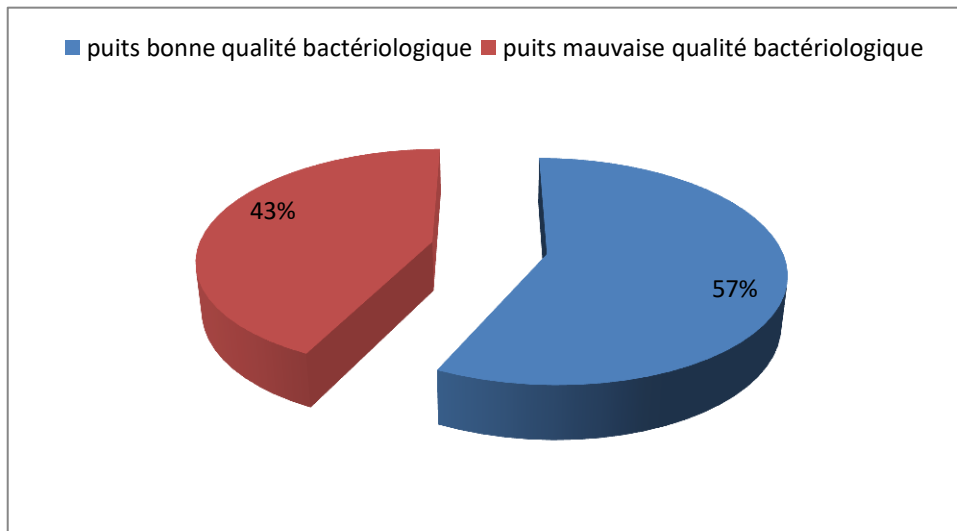


Figure 36 : Qualité bactériologique de l'ensemble des échantillons d'eau collectés

3.2. La présence des bactéries recensées par site :

Les résultats de l'isolement des bactéries sur les échantillons d'eau pour 7 puits a permis de déterminer s'il y avait ou non des souches bactériennes au niveau de différents puits. Nous notons que sur les 7 puits prospectés sont infectées et présentent des niveaux différents d'infection (tableau 15)

Tableau 15 : La présence des bactéries recensées par site

Paramètre de bactérie	Résultat						
	Aflou	Gueltat sidi saad	Oued Morra	ElGhi cha	Ain sidi Ali	Brida	El Hadj Mechri
germe totaux (UFC /100 ml)	+	-	+	+	+	+	+
Coliformes totaux à (UFC /100 ml)	+	+	+	+	+	+	+
Coliformes fécaux à (UFC /100 ml)	-	+	+	-	-	-	-
Clostridium sulfito-réducteurs (UFC /100 ml)	-	-	+	-	-	-	-
Streptocoques fecauxà (UFC /100 ml)	-	-	-	-	-	-	-

3.3. Les germe dans les échantillons d'eau :

En analysant les échantillons de l'eau étudiée, les résultats des analyses bactériologiques révèlent la présence selon l'aspect des colonies obtenues sur des milieux sélectifs, tel que TGA, ROTH, VF, BCPL des germes appartenant aux *coliformes totaux, germes totaux, liformes fécaux, clostridium sulfito_réducteures*. En revanche pour *Clostridium sulfato-réducteur* a été enregistrée dans la région d'Oued Morra et absence dans les autres échantillons.

Tableau 16 : les germes dans les échantillons d'eau

Flores	Milieu de la culture	spect des colonies
<i>Coliformes totaux</i>	Bouillon (BCPL)	Présence des colonies
<i>Coliformes fécaux</i>	Bouillon (BCPL)	Présence des colonies
<i>streptocoques fécaux</i>	ROTHER	Absence de trouble bactérien
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	VF (Viande foie)	présence des colonies noires
<i>germe totaux (FAMT)</i>	Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)	Présence des colonies de couleur blanche, avec différente taille

3.4. Evaluation de la contamination globale des échantillons de l'eau étudiés par les germes recherchés

L'évaluation de la contamination globale de l'eau, par les différents germes dénombrés (*flores aérobie mésophile totale (germe totaux)*, *Coliformes totaux et fécaux*, *Streptocoques* et *Les Clostridium sulfito- réducteurs*), consignés dans le tableau.

Tableau 17: Dénombrement des flores bactériennes par échantillon

	Aflou	Gueltat sidi saad	Oued Morra	ElGhicha	Ain sidi Ali	Brida	El Mechri Hadj
<i>germe totaux</i> à 22°C	83	0	32	105	24	42	31
<i>germe totaux</i> à 37°C	62	0	26	16	0	0	14
<i>Coliformes totaux</i> à 37°C	1	110	3	110	3	3	1
<i>Coliformes fécaux</i> à 37°C	0	1	1	0	0	0	0
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	0	0	15	0	0	0	0
<i>Streptocoques fécaux</i> à 37°C	0	0	0	0	0	0	0

D'après le **tableau** et la **figure**, le germe total (flore aérobie mésophile totale) est la flore prédominante pour tous les échantillons avec une valeur de contamination maximale de 105 UFC/ml, dans la région El-Ghicha. Suivi par les coliformes totaux dont la valeur maximale, est de 110 UFC/ml, dans les régions Gueltat sidi saad et El-Ghicha. On note aussi l'absence des Streptocoques dans toutes les régions étudiées.

La contamination globale des échantillons de l'eau étudiée laisse ressortir que l'eau de puits dans la région Aflou et El-Ghicha est fortement contaminée par la flore aérobie mésophile totale entre 80 à 105 UFC/ml. Suivi par la coliforme totaux dont la moyenne est de 110 UFC/ml dans la région Gueltat sidi saad et El-Ghicha.

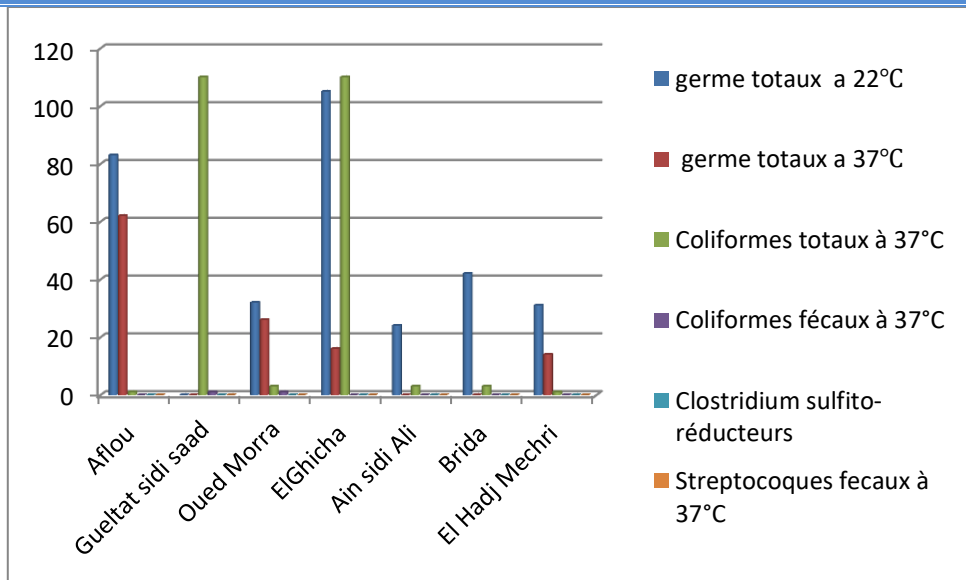


Figure 37: Evaluation de la contamination globale de l'eau étudiée

3.4.1. Germes totaux :

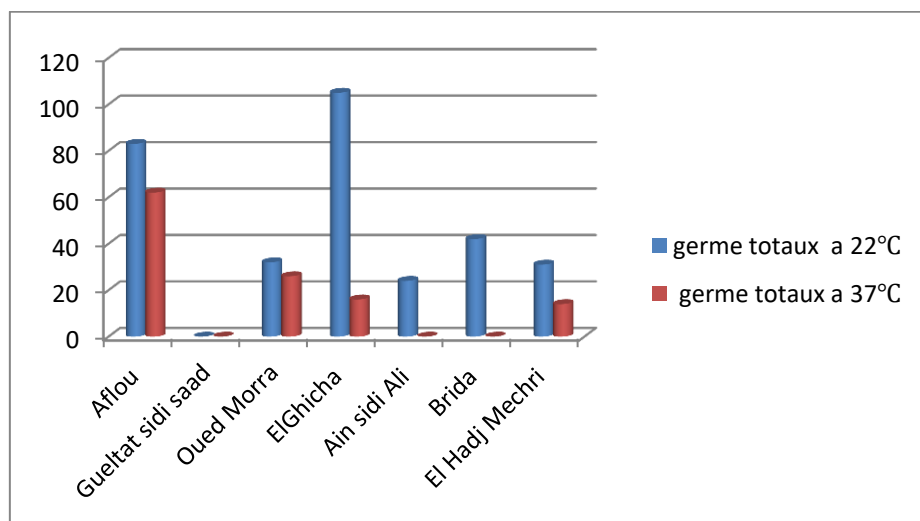


Figure38 : Dénombrement des germes totaux des échantillons d'eau

Les résultats obtenus montrent que les puits contiennent dans leurs eaux des germes totaux sauf dans la région de Gueltat sidi saad. La concentration de cette flore varie entre 83 germe /ml (**Aflou**) et 105 germe/ml (**El-Ghicha**) durant la période d'étude. Si le nombre des germes totaux augmente de manière importante, en particulier après une forte pluie, cela montre que la ressource est mal protégée, se contamine par des eaux d'infiltration confirment aussi **Rodier et al. (2009)**.

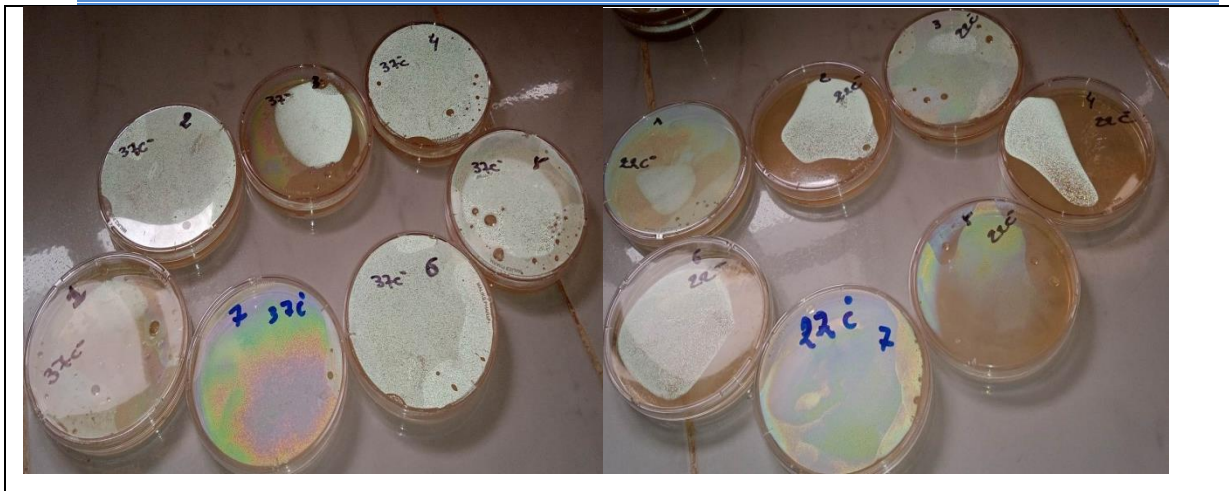


Figure 39: Germe totaux dans le milieu TGEA après incubation à 37°C et à 22 °C

3.4.2. Coliformes totaux et fécaux :

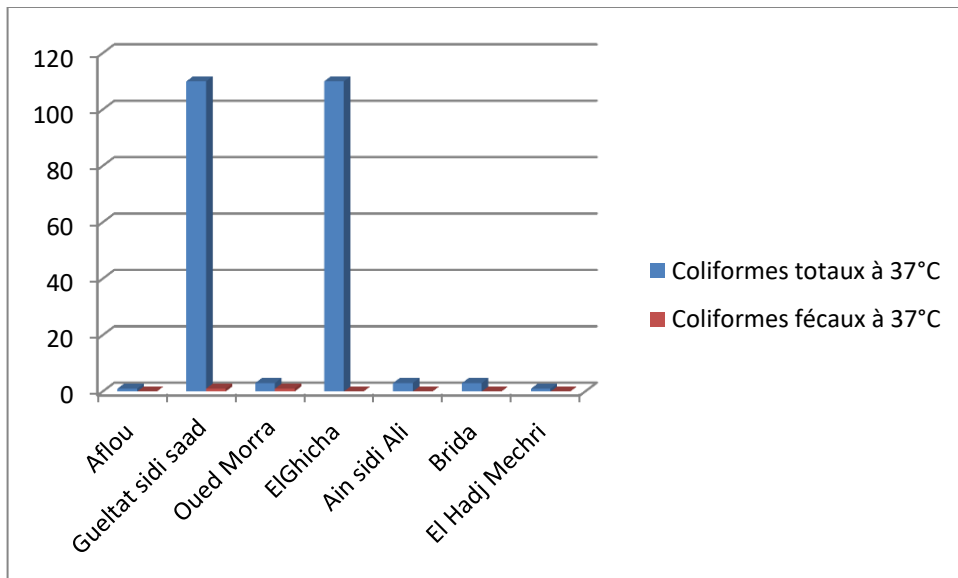


Figure40: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux des échantillons d'eau

Les résultats des analyses d'eau de puits la présence de coliforme totaux seulement dans régions d'ElGhicha et Gueltat sidi saad estimé a 110 UFC/ml.

D'après **Chevalier (2003)**, les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales. Mais dans le test confirmatif les résultats sont positive pour les coliformes fécaux dans les régions **Oued Morra** et **Gueltat sidi saad**

3.4.3. Streptocoques fécaux :

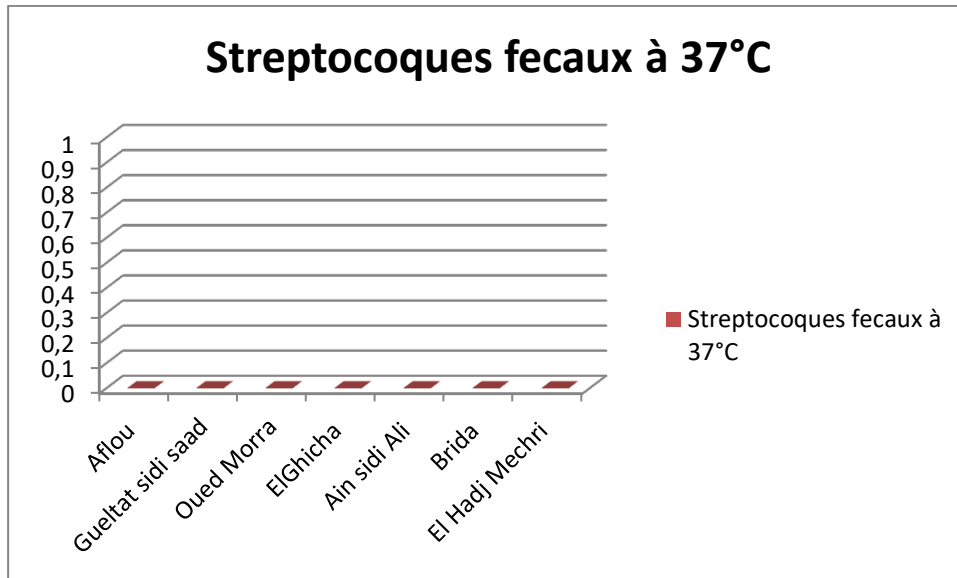


Figure 41: Dénombrement des Streptocoques des échantillons d'eau

Constaté l'absence totale des streptocoques fécaux dans les eaux étudiées dans toutes les régions.

3.4.4. Clostridium sulfito-réducteurs :

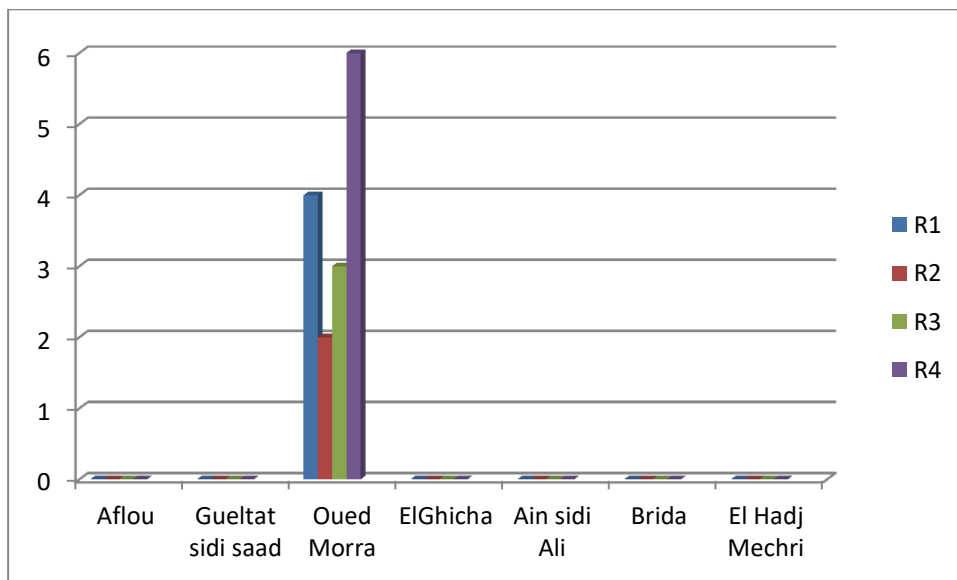


Figure 42: Clostridium sulfite-réducteurs dans l'eau

Les résultats montrent l'apparition de quelques spores après incubation pendant 24h entourées d'un halo noir dans l'eau et avec le temps le nombre de spores augmente. Donc les présences des Clostridium Sulfite- Réducteurs dans la région Oued Morra et absence dans les autres régions. Les spores réductrices de sulfure de Clostridium contiennent une variété de clostridies telles que C. perfringens, C. sporogenes, C. fallax,

C. septicum, C. bifermentans, C. roseum...etc. (Figarella et Leyral, 2002). Selon la El haissoufietal (2011)rapportequ'il faut signaler que les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale

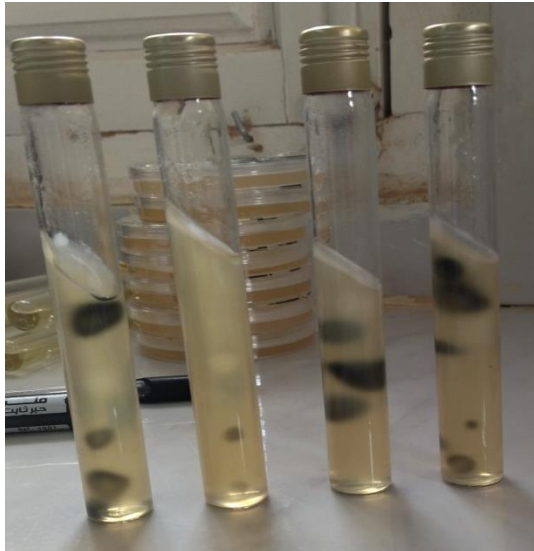
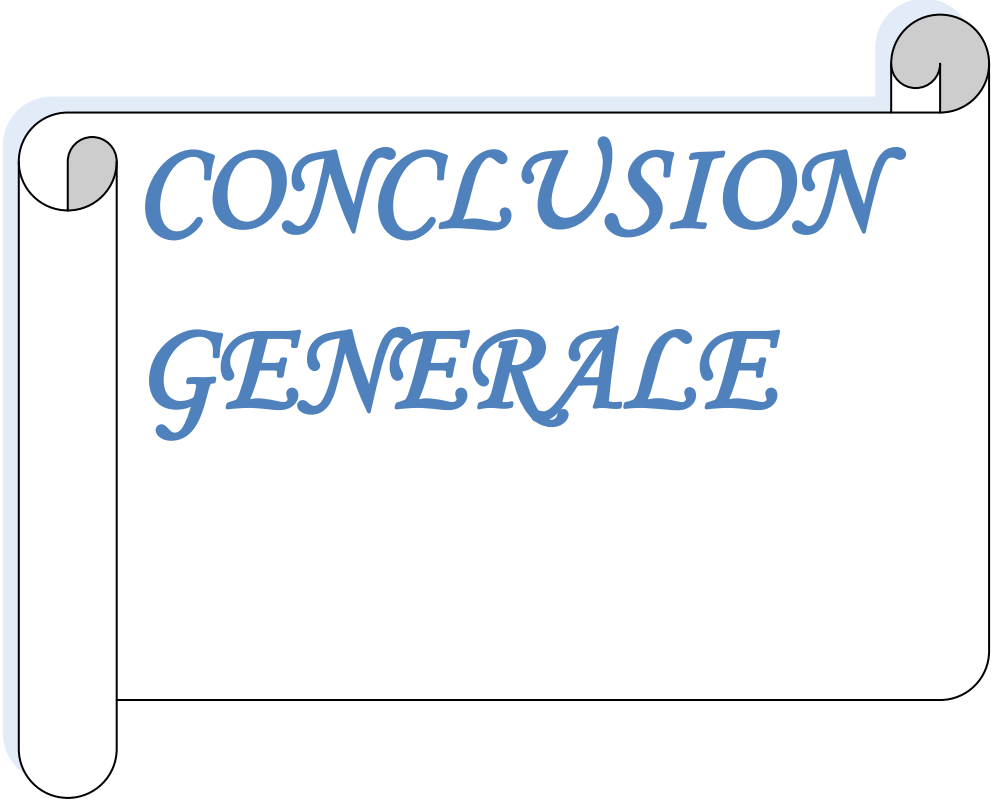


Figure 43: les spores de *Clostridium sulfite-réducteurs*.



*CONCLUSION
GENERALE*

CONCLUSION GENERALE

Conclusion :

Cette étude a été menée relatif à la Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'irrigation de certains puits dans la wilaya de Laghouat et leurs en spécifiant leur aptitude à être utilisée dans le domaine agricole.

Aux termes de notre travail, nous pouvons conclure que la caractérisation physico-chimiques du l'eau montre que la conductivité électrique plus élevée et dépassent la norme de la FAO dans la région de Aflou par $1115\mu\text{s}/\text{cm}$; le PH à légèrement basique dans tous les forages étudiés, le TDS tous les forages ont des valeurs admissible sauf la région de El-Ghicha et Aflou les valeurs maximum $551\text{ds}/\text{m}$ dépasse la norme de l'eau d'irrigation, le TH plus élevée dans la région de Aflou par valeur jusqu'à $45\text{ mg}/\text{l}$ dépasser la valeur de la norme internationale et locale ; le minéralisation plus élevé dans la région Aflou et EL-Ghicha par valeurs maximums $948.23\text{mg}/\text{l}$; le Na^+ accepte les norme de la FAO $< 220\text{mg}/\text{l}$.

Pour la salinité est généralement équilibrée dans toutes les régions études.

Des taux importants en résidus sec (RS): ($8560\text{ mg}/\text{L}$) dans la région de Brida.

L'étude des indices de qualité des eaux d'irrigation indique que la plupart des eaux de notre zone d'étude sont caractérisées par un SAR < 10 , signifiant ainsi que les eaux sont à restriction légère à modérée.

les forages de la wilaya de Laghouat subissent une contamination bactérienne variable *Clostridumsulfito-réducteurs* dans la région Oued Morra , et coliformes fécaux dans la région Gueltat sidi saad et Oued Morra, coliformes totaux présent dans tous les communes cette dernière se manifeste par des valeurs ne dépassant pas les normes locales et internationale .

Pour Réduire et éviter les problèmes de détérioration de la qualité de l'eau et la Possibilité de risques pour la santé de l'homme et les végétaux Il est recommandé que :

- Effectuer un suivi physique, chimique et bactériologique périodique de la qualité de l'eau.
- Diminuer la composter dans le sol pour éviter la contamination de l'eau.



REFERENCES

Référence

Référence

A. Beyragued, A. Boudiaf, 2017. Contribution à la connaissance de la qualité des eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam-Bejaia. Mémoire de fin d'études, Master en Hydraulique urbaine, Université de M'sila.

Abdesselem A., 1999. Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique

Adnane. F, 2015. Etude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation : cas de barrage de Dahmouni, Wilaya de Tiaret

Alloune. M et Gouader .Y ,2013 .Contrôle de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la région de Bordj Bou Aréridj. Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi –Bordj

Aminot A., Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO, 395 pp.

Aouissi .L et Merabti. W 2019. Eau: Étude Physico-Chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif. Université 8 Mai 1945 Guelma

Balvay G., (1980). Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang. In La Pisciculture en Etangs, R. Billard Ed., INRA Publ., Paris, 47-79.

Barhoumi-Andreani, Y.,Gaudremeau, J., Gerbe, B., Khamsing, F., &Rabatel, Y. 2004. *Eau ressources et menaces*,Chutes d'Iguaçu-Argentine.

BEN REJEB-JENHANI, A., (1989) - Le lac Ichkeul : Conditions du milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. Thèse 3ème Cycle, Univ. Tunis: 221 p.

Bensalah Y et Benzitoune R. (2021) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine.Mémoire du Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1

Bensouiah, R. (2022). Trajectoires socio-économique et spatiale de l'agropastoralisme dans la région de Djebel Amour. VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement.

Bernard C., 2007. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Edition

Bertrand G., 2008. Utiliser L'eau De Pluie, Editions Eyrolles, 130 p

Bibliobazaar

Référence

Bliefert et al, (2001). Chimie de l'environnement air, eau, sole, déchets. Edition de Boeck.

Boeglin J-C. (2001) : Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.

Boeglin Jean-Claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

Bontoux J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eau naturelles, eaux usées, eaux de boisson, Ed : Tec & Doc eavoisiesier, paris, 169p

Bordet J. (2007). L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet.Paris.309p

Bosca C.2002. Ground water law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine.Science Training and Technology (2), pp .13-17.

Bouchareb B., 2012.suivi des actions de lutte contre la désertification ;étude expérimentale dans la commune de Hadj Mécheri.(W.Laghout),Mémoire de Magistère Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene d'Alger.99p.

Chaden M. H. (2014). Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99.

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

Cie, 2012.Centre d'Information sur l'Eau. L'essentiel sur le cycle de l'eau de la nature a la nature en passant par chez vous. Paris.

Ciffqe, 2011. Conseil Interministériel Fédéral de Formation sur la Qualité de l'Eau. *Qualité de l'eau 101: Introduction aux microsystemes d'approvisionnement eneau potable.* Manuel version 1.1, Canada.

Custodio E, 1983. Hidrologiasubterranea, Omega (Éditeur), Barcelone, Espagne, 2 tomes, 2 350 p

celone, Éditeur), Bar**CUSTODIO E. (1983).** Hidrologia subterranea, Omega Espagne, 2 tomes, 2 350

Lummer N L., J.F. Busby, R.W. Lee Et B.B. Hanshaw . eling of the Madison

Référence

aquifer in Geochemical mond .1990 part of Montana Wyomong and South Dakota .Water Resour. Res., 26, 1981 – 2014.

Dajoz r., 2003 .Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.

De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institutde biologie, université de Tlemcen., pp 2-18

Degremont. 2005 : «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1., P 39-50

Desjardins R. 1997. Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2éme édition, Québec, Canada, PP : 46-112.

EL asslouj J., E kholtei S., EL amrani N et Hilali A., 2007- Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées. Afrique SCIENCE 03(1), Pp : 109- 122.

El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Oualilalami A.2011. Pollution des eaux de puits de certains Quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn (5): pp. 3768.

EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A.2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn (5): pp. 37-68.

EL HAISSOUFI, H., BERRADA, S., MERZOUKI, M., AABOUCH, M., BENNANI, L., BENLEMLIH, M., ... & LALAMI, A. E. O. (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Revue de microbiologie industrielle sanitaire et environnementale, 5(1), 37-68

Faune et des Parcs, Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement.

FIGARELLA J., LEYRAL G., 2002. Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

Frontier S.,Pichod-viald., Le pretre A., Davoult D., Luczak ch.,2004 : Ecosystème, structure, fonctionnement, évolution. 3eme édition.Dunod.Paris, 549 p.

Référence

H. Abdelatif, A. Khezzari,(2020).*Etude de données physicochimiques des eaux de Boussaâda. Mémoire de fin d'études, Master en Hydraulique urbaine, Université de M'sila.*

Hadef. Dj et Hasni. M. 2017. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla.

Hecker, N & Costa, L.T & Farinha, J.C Et Tomas V. 1996. Inventaire des zones humides méditerranéennes: collecte des données publication MedWet/WetlandsInternattional/ Instituto da Conservação da Natureza. Volume II. 99 p.

Kadi, A. 1997. La gestion de l'eau en Algérie. *Hydrological sciences journal*, 42(2), 191-197.

Kalkoul. I ,2020. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'éau des plages de la ville de Jijl (Cas des plages Kotama et Bini Belaid).Abdel HafidBoussouf Mila.

Kholtei S., A. Bouzidi, M. Bonin, M. Fekhaoui, R. Anane, K. Sbai et E. Creppy E 2003. Contamination des eaux souterraines de la plaine de Berrechid dans la région de la Chaouia au Maroc par les métaux lourds dans les eaux usées : effets de la pluviométrie. *Vecteur Environ.*, 36, 68-80.

Kholtei, S., A. Bouzidi, M. Bonin, M. Fekhaoui, R. Anane, K. Sbai, E. Creppy, (2003) : Contamination des eaux souterraines de la plaine de Berrechid dans la région de la Chaouia au Maroc par les métaux lourds dans les eaux usées : effets de la pluviométrie. *Vecteur Environ*, 36: 68-80.

Lebres E. A., Mouffok F., 2008. Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, P53.

Mddefp, 2013. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la
MOUELHI S., (2000) - Etude écologique de la retenue de Sidi Salem : Aspects physicochimiques des eaux et dynamique des peuplements zooplanctoniques. Thèse dedoctorat en sciences biologiques, université de Tunis II. pp. 21 – 126.

Référence

Nguengar N. 2011 .Accès à l'eau potable et à l'assainissement ; quels enjeux pour la santé dans les quartiers précaires. Etude appliquée au quartier Gamkallé de la commune IV de Niamey au Niger. Mém. Master. Univ. Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Oulzemirli M A 2017 .Apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique. Cas d'étude - logements collectif à Laghouat Université Mohamed Kheider-Biskra

Ounoki S et Achour S., 2014.Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation

Perry J., 1984. Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris

Plummer N L., J.F. Busby, R.W. Lee et B.B. Hanshaw 1990. Geochemical modeling of the Madison aquifer in part of Montana, Wyoming and South Dakota. Water Resour. Res., 26, 1981-2014.

Ramdani .A et Afifi .S ,2022. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux utilisée en irrigation et leur impact sur le sol Cas de la ferme BOURIACHI (bouchegouf Nord Est Algérien). Université 8 Mai 1945 Guelma.

Rejsek f., (2002) – Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.

Rejsek, 2002. Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aurès et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur. Thèse doctorat en biologie Université Mohamed khider. Biskra. P70

Rodier J, 2009. L'analyse de l'eau, 9ème Edition, DUNOD, PARIS

Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9ème édition: Dunod, Paris.

Romdhane, M.S., (1986) - Lagune de Ghar El Melh. Milieu, Peuplement, Exploitation. Thèse, Université de Tunis. 245 p.

Roux M., 1987. Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. TEC&DOC. Paris. 229p.

Talatizi, A. 2014. Etude des infiltrations à travers une digue de barrage en terre cas d'un barrage algérien. Thèse de magistère en géotechnique et environnement,

Référence

Tfyeche, L. 2014. Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire de master professionnel en traitement des eaux, Université KasdiMerbah Ouargla.

Touchart L. 2003. Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs. Armand Colin. Vuef. 190 P.

Tourab H. ,2010. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz, Université des Sciences et Techniques Cadi Ayyad. Thèse de doctorat, Maroc, 82p.

TURKI S., (2002) - Contribution à l'étude bio-écologique des rotifères, cladocères ,copépodes des eaux continentales tunisiennes et dynamique saisonnière du zooplancton de la retenue de barrage Bir M'chergua. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Tunis El Manar / INSTM. 225 p.

[United Nations \(UN\): UN World Water Development Report 2020: Water and ClimateChange](#)



ANNEXE

Annexe

Annexe

Annexe : composition des milieux de culture :

Milieux solides

1gélose viande-foie

- Peptone viande-foie 20.0g
- Glucose 0.75g
- Amidon soluble 0.75g
- Sulfite de sodium 1.2g
- Agar agar bactériologique 11.0g
- PH 7.6
- Eau distillé 1000ml
- Dissoudre le constituant, répartir dans des tubes ou des flacons, autoclavage à 120C° pendant 15min.

Gélose tryptone Extrait de levure (TGEA)

- Extrait de levure 1g
- Peptone de caséine 5g
- Glucose 1g
- Extrait de viande 18g
- Eau distillée 1000 ml
- PH : 7
- Autoclavage à 120C° pendant 20 min

Annexe

Milieux liquides :

1-Bouillon lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

Double concentration (D/C)

- L'extrait de viande de boeuf 2g
- Peptone 14g
- Lactose 10g
- Pourpre de bromocrésol 1% 0.06g
- Eau distillé 1000ml
- PH 7

Simple concentration (S/C)

- L'extrait de viande de boeuf 1g
- Peptone 7g
- Lactose 5g
- Pourpre de bromocrésol 1% 0.03g
- Eau distillé 1000ml
- pH
- Autoclavage à 120C° pendant 15min

7

Annexe

2-milieu de Rothe

Double concentration (D/C)

- Peptone de caséine 40g
- Extrait de viande 3g
- Glucose 8g
- Chlorure de sodium 8g
- Phosphate di potassique 5.4g
- Phosphate mono potassique 5.4g
- Acide de sodium 0.4g
- Eau distillée 1000ml
- PH

7

Simple concentration (S/C)

- Peptone de caséine 20.0g
- Extrait de viande 5.0g
- Glucose 5.0g
- Chlorure de sodium 2.7g
- Phosphate di potassique 2.7g
- Phosphate mono potassique 0.3g
- Acide de sodium 0.5Mg
- Eau distillée 1000ml

Annexe

3-miliue d'EvaLitsky

- Tryptone 20.0g
- Glucose 5.0g
- Chlorure de sodium 5.0g
- Phosphate di potassique 2.7g
- Phosphate mon potassique 2.7g
- Acide de sodium 0.3g
- Solution d'Ethyl-violet 0.5g
- Eau distillée 1000ml
- PH 6.8
- Autoclavage à 120C° pendant 20min.

Miliue de Schubert

- Tryptone 10g
- Peptone 10g
- Acide glutamique 0.2g
- Tryptophane 0.2g
- Sulfate de magnésium 0.7g
- Sulfate d'ammonium 0.4g
- Chlorure de sodium 2g
- Citrate de sodium 0g
- Mannit : 7.5g
- Eau distillé 1000ml
- Ph 7.6
- Autoclavage à 120C° pendant 2min

Annexe

Tables de Mac Grady :

2tubespardilution	
Number de caractéristique	Number de cellules
000	0.0
001	0.5
0010	0.5
011	0.9
020	0.9
100	0.6
101	1.2
110	1.3
111	2.0
120	2.0
121	3.0
200	2.5
201	5.0
210	6.0
211	13.0
212	20.0
220	25.0
221	70.0
222	110.0