

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité/Option : Biodiversité et Environnement

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

Contribution à l'étude hydro chimique des eaux exploitées en
AEP (cas de la wilaya de Guelma)

Présenté par :

-Mlle: Abadlia Besma

Devant le jury composé de :

Président : Mme. Talbi Awatef	M.A.A	Université de Guelma
Examineur : Mr. Rouibi Abd El Hakim	M.C.A	Université de Guelma
Encadreur : Mme. Baaloudj Affef	Pr.	Université de Guelma

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage, la patience et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme. Baaloudj Affef**, je la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant ma préparation de ce travail.*

*Mes vifs sincères remerciements vont également aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Je voudrais remercier **Mme. Talbi A** qui m'a honoré de sa présence et d'avoir présidé le jury. Je remercie également*

***Mr. Rouibi AH** qui a accepté d'examiner ce travail.*

Au terme de ce travail de fin d'études, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les responsables de l'université 8 mai 1945 de Guelma et tout particulièrement, aux responsables de faculté des sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la Terre et de l'Univers, pour leur soutien et leur détermination dans la réalisation de ce travail.

Mes remerciement s'adresse également à tout mes professeurs du secteur académique qui ont assurés ma formation de Prémaire jusqu'au Master. Sans oublier de conférer nos plus sincères remerciements à tous le personnel de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh (Mr Amraoui salah, chef de laboratoire et son équipe surtout Souad, Chahra, Radia, Samira et Wahiba), son oublier les ingénieurs des laboratoires de l'université Houda de lab 10 et Hassiba de lab 9.

Merci à chaque personne, grand et petit, de près ou de loin pour la réussite de ce travail.



Dédicace

Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire:

*À mon cher père «**Rebai**», aucune dévotion ne peut exprimer l'amour, l'appréciation et le respect que j'ai pour vous .Grace à toi, je réalisé se dont je rêve. Merci pour votre soutien moral indéfectible, les sacrifices que vous m'avez imposé, et les encouragements, que vous m'avez prodigués;*

*À au plus beau sourire de ma vie, à la femme la plus merveilleuse qui existe, ma chère maman «**Wraida**», À celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est la connaissance. Merci pour votre amour et votre foi en moi ont été des piliers essentiels tout au long de mon parcours académiques jusqu'à ce que j'arrive là ou je suis maintenant.*

C'est la moindre des choses que je puisse l'offrir.

*À ma sœur, mon âme soeur **Djazira** .*

*À mes frères, mon précieux trésor **Fethi, Hatem et Salim***

*À Mon oncle **Abd Ellah**, qui était l'un des soutiens et contributeurs à la réussite de ce travail.*

*À mes adorables collègues **Nrimane, Hana et Lina** et tous mes collègues de spécialité Biodiversité et Environnement promo 2024.*

À tous ceux qui ont cru en moi et en ma réussite.





Résumés

Résumé

Les besoins en eau de bonne qualité et en quantité abondante en augmenté avec la croissance démographique et le développement industriel, surtout en Algérie. L'exploitations des eaux souterraines et l'un des solutions pour la satisfaction des besoins en eaux d'excellente qualité conforme à la consommation humaine.

Dans ce contexte , le présente travail se foclise sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau préleve destination situé dans la Willaya de Guelma durant la période Janvier - Avril 2024. L'analyse bacteriologique révèle une bonne qualité vis-à-vis des germes totaux et coliformes totaux de l'ensemble des eaux des stations analysées à l'expection le monobloc du Barrage de Bouhamdane. En outre une absence de coliformes fécaux , streptocoques fécaux, Clodtrodiome sulfito-reducteur est marqués dans tous les échantillons analysées à l'expection le monobloc . Ce qui indique la conformité des eaux destiné à la consommation humaine.

Les résultats de l'analyse physico-chimique montrent que la température, le pH, la turbidité et les sels : Fe^{2+} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ , Na^+ et K^+ repondre au normes de potabilité préconisées par l'OMS. Tandis que les valeurs de conductivité, salinité, durté, TDS, matière organique, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- et SO_4^{2-} sont confores à législation.

Mots clés :souterraine ,Forage,Guelma, Bacteriologie,qualité, normes

Abstract

The demand for good quality water in abundant quantity has increased with population growth and industrial development, especially in Algeria. The exploitation of groundwater is one solution to meet the need for excellent quality water suitable for human consumption.

In this context, the present study focuses on evaluating the physico-chemical and bacteriological quality of water samples collected from stations located in the Guelma Province during the period of January to April 2024. Bacteriological analysis reveals good quality in terms of total germs and total coliforms in all water samples from the stations analyzed, except for the Bouhamdane Dam monobloc. Furthermore, the absence of fecal coliforms, fecal streptococci, and sulfite-reducing *Clostridium* is noted in all samples analyzed, except for the monobloc. This indicates the suitability of the water for human consumption.

The results of the physico-chemical analysis show that temperature, pH, turbidity, and the levels of Fe^{2+} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ , Na^+ , and K^+ comply with the drinking water standards recommended by the WHO. However, the values of conductivity, salinity, hardness, TDS, organic matter, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , and SO_4^{2-} are also in accordance with legislation.

Keywords: groundwater, drilling, Guelma, bacteriology, quality, standards.

ملخص

تزيد احتياجات المياه عالية الجودة وبكميات كبيرة مع النمو السكاني والتطور الصناعي, خاصة في الجزائر. ستتغلال المياه لجوفية هي واحدة من الحلول المنتهجة لتلبية احتياجات الضروري خاصة مياه الشرب, خاصة المياه عالية الجودة والتي تتوافق مع استهلاك الانسان , في هذا السياق يركز هذا العمل على تقييم الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية للمياه المأخوذة من عدة محطات في ولاية قالمة خلال الفترة الممتدة من جانفي إلى افريل لسنة 2024

تظهر التحاليل البكتريولوجية جودة جيدة بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة الاجمالية والقولونية الكلية لجميع المياه المأخوذة من المحطات المراد تحليلها باستثناء المنوبلوك الخاص بسد بوهمدان .بالأضافة إلى ذلك تشير غياب القولونية , القلووية , والبكتيريا العقدية الممرضة , والمطثية والكثيريا الاهوائية المرجعة للكبريتيد لى جميع العينات الخللة باستثناء مومنوبلوك سد بوهمدان . مما يشير إلى مطابقة جودة هذه العينات الخللة مطابقة للاستهلاك البشري .نتائج التحليل الفيزيوكيميائي تظهر ان درجة الحرارة ودرجة الحموضة والعكارة والاملاح المعدنية :الحديد. الفوسفات , النترات , الامونيوم , البوتاسيوم ووالصوديوم التي تتوافق مع المعايير الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية , بينما قيمة الناقلية الكهربائية والملوحة ثقل والمواد العضوية والكالسيوم والمغنيزيوم اضافة الى الكلور والكبريتات التي تتوافق مع قوانين الصحة العالمية .

الكلمات المفتاحية : مايبير الجودة , بكتريولوجيا , قالمة , ينابيع ' نقب .

Liste des tableaux

Tableau 1 : Equivalent en eau des principaux produits alimentaires(FAO,1997).....	9
Tableau 2 : Les normes physico-chimiques tolèrent dans l'eau de consommation (OMS, 2011)	13
Tableau 3 : Substances toxique (OMS, 2011).....	13
Tableau 4 : Substance indésirable (OMS, 2011).....	14
Tableau 5 : Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation	15
Tableau 6 : valeurs limites des parametres de rejets d'effluents liquides industriels (JODRA ; 2006).....	15
Tableau 7 : concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35 g/l (PILEY et SKIRROW, 1995).....	17
Tableau 8 : Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les Maladies transmises (Hawa, 2002).....	19
Tableau 9 : pourcentage d'alimentation de quelques communes de Guelma en eau potable (ADE ; 2024).....	31

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de l'eau sur la planète (François Anctil, 2008).....	7
Figure 1 : Répartition de l'eau sur la planète (François Anctil, 2008).....	7
Figure 2 : Situation géographique de la wilaya de Guelma (1/500 000 ème) (Khemis, 2013).	21
Figure 3 : Carte géomorphologique de la région de Guelma (Ben marce, 2007).	22
Figure 4 : Carte géomorphologique des cours d'eau de la région de Guelma (Ben marce, 2007).	24
Figure 5 :Température moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016)	26
Figure 6 :Précipitation moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016)	27
Figure 7 : Humidité moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir,	28
Figure 8 : Vent moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).	29
Figure 9 : Illustration satellite de la station de traitement des eaux potable et le barrage de Bouhamdane	30
Figure 10 : Exemple des flacons utilisés	34
Figure 11 : Autoclave de stérilisation	34
Figure 12 : La rampe de filtration et ses extensions utilisées dans la méthode de filtration ...	35
Figure 13 : comparateur Chekit Chlore	36
Figure 14 : Pastelle DPD (diéthyl-paraphénylène diamine)	36
Figure 15 : le teste DPD sur l'eau analysée	37
Figure 16 : Bactérie d'Escherichia coli	38
Figure 17 : Stérilisation de matériels	39
Figure 18 Stérilisation de matériels.	39
Figure19 :Protocole de recherche et de dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	40
Figure 20 : Croissance des coliformes sur milieu Terjitolé.	41
Figure 21 : formation de l'Indole dans le milieu Schubert.....	41
Figure 22 : Réactif Kovacs	42
Figure 23 : Protocole de recherche des Streptocoques fécaux	43
Figure 24 : Croissance des Streptocoques sur milieu Slanetz et Bartley	44
Figure 25 : Croissance des Streptocoques sur milieu BEA	44
Figure 26 : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 37°C.	45
Figure 27 : Formation des colonies lenticulaires des micro-organismes revivifiables	46
Figure 28 : Protocole de recherche des bactéries anaérobies sulfito- réducteurs (ASR).	47

Figure 29 : Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs	48
Figure 30 : les Appareils de mesure des paramètres physiques.	48
Figure 31 : Photographie représentant l'analyse du TAC	49
Figure 32 : Photographie représente l'analyse de TH.	51
Figure 33 : Analyse de la matière organique.	53
Figure 34 : balance sensible.....	54
Figure 35 : Dessiccateur	54
Figure 36 : une mince couche des résidus secs	54
Figure 37 : rampe de filtration sous vide	55
Figure 38 : Dosage du Chlorure	56
Figure 39 : Spectrophotomètre	59
Figure 40 : analyse de l'ammonium	60
Figure 41 : Spectrophotomètre à flamme de type (LANGE GENWAY).	61
Figure 42 : Variation de désinfectant dans les eaux analysées (Janvier –Avril 2024)	63
Figure 43 : Variation des germes totaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	64
Figure 44 : Variation des coliformes totaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril2024)...	65
Figure 45 : Variation des coliformes fécaux dans les eaux analysées(Janvier- Avril 2024)...	66
Figure 46 :Variation des streptocoques fécaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	66
Figure 47 : Variation Les anaérobies sulfito-réducteurs des dans les eaux analysées	67
Figure 48 : Variation de la température dans les eaux analysées (Janvier-Avril 2024	68
Figure 49 : Variation du pH dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	69
Figure 50 : Variation de la TDS dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	70
Figure 51 : Variation de la salinité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	70
Figure 52 : Variation de la conductivité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	71
Figure 53 : Variation de la turbidité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024)	72
Figure 54 : Variation du TAC dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	72
Figure 55 : Variation de bicarbonates dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	73
Figure 56 :Variation du titre hydrotimétrique dans les eaux Analysées (Janvier- Avril 2024).	74
Figure 57 : Variation de la matière organique dans les eaux analysées (Janvier-avril 2024). 75	75
Figure 58 : Variation des résidus secs dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024)	76
Figure 59 : Variation de la matière en suspension dans les eaux analysées	76
Figure 60 : Variation du calcium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	77
Figure 61 : Variation du magnésium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	78

Figure 62 : Variation du chlorure dans les eaux analysées (Janvier- Avril2024).....	79
Figure 63 : Variation du fer dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	80
Figure 64 : Variation du sulfate dans les eaux de forages (Janvier- Avri2024).	80
Figure65 :Variation du phosphate dans les eaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).....	81
Figure 66 : Variation de l'ammonium dans les eaux analysées (Janvier- Avril2024).	82
Figure 67 : Variation des nitrates dans les eaux analysées (Janvier-Avril 2024).	82
Figure 68 : Variation du sodium dans les eaux Analysées (Janvier- Avri2024).	83
Figure 69 : Variation du potassium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).	84

Liste des abreviation

ADE: Algérienne des eaux.

AEP : Autorité d'approvisionnement en eau potable

ASR: anaérobie sulfito-réducteurs.

BEA: Bile esculine azoture.

°C: Degré Celsius..

CF: Coliformes fécaux.

CT: Coliformes totaux.

CIE: Centre d'Information sur l'Eau.

D.R.E: Direction des Ressources en Eau.

DPD : diéthyl-paraphénylène diamine

E.Coli: Escherichia Coli.

EDTA: Ethyle diamine tétra acétique.

F: forage.

E : eau

FAO : Food agriculture Organization

°f: Degré français.

GT: Germes totaux.

H+: proton, ion hydrogène.

h: heure.

HCl: acide chlorhydrique, chlorure d'hydrogène.

ISO: International Standardisation Organisation.

L: Litre.

M: masse

MES: Matière en suspension.

MO: Matière Organique.

m: mètre.

mg/l: milligramme par litre.

min: minute.

ml: millilitre.

mm: millimètre.

MTH: Maladies à transmission hydrique.

N: normalité.

Na : sodium

NPP: nombre plus probable.

NTU: unité néphélogétrie turbidité.

nm: nanomètre.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé.

Pa : pascal

P.E: prise d'essai.

pH: potentiel d'hydrogène.

R.S: Résidus secs.

SF: streptocoques fécaux.

s/m: siemens par mètre.

TA: titre alcalimétrique simple.

TAC: titre alcalimétrique complet.

TDS: teneur en sels dissous.

TH: titre hydrotimétrique.

TGEA: Tryptone Glucose Extract Agar.

µm: micromètre.

µs/cm: micro-siemens par centimètre.

UFC: Unité Formant Colonies.

U-V: Ultra-violet.

V: volume.

VF: viande de foi

Table des matières

Résumés	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abreviations	
Introduction Générale	1
Chapitre I: Généralités	
Introduction :	5
I. Définition	5
II. Importance de l'eau	6
III. Les besoins en eau	7
III.1. Besoins physiologiques :	7
III.2 Les besoins domestiques :	8
III.3 Les besoins Agricoles :	8
IV. objectifs des normes de qualité de l'eau	9
V. La Qualité de l'eau	10
V.1. Critères de portabilité :	10
V.2 Qualité physique :	11
V.3 Qualité chimique et physicochimique ;	12
V.3.1 Critères de qualité physico-chimique acceptables pour l'eau potable :	12
V.3.2. Paramètres organoleptiques	12
V.3.3 Paramètre physico-chimiques :	12
V.4 Qualité bactériologique :	14
V.5 Normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation :	14
VI. Composition de l'eau de mer	16
VII. Les maladies de transmission hydrique	17
Chapitre II : cadre géographique de la zone d'étude	
I. Situation géographique de la wilaya de Guelma	21
II. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques :	22
II.1. Relief	22

III. Réseau hydrographique	24
III.1 Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basses Seybouse) :	24
III.2 Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest :	24
III.4 Zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Héliá :	25
IV. Climatologie :	25
IV.1 La température :	26
IV.2 Précipitations	27
IV.3 L'humidité relative de l'air	27
IV.4 Le vent	28
V. L'approvisionnement en eau potable dans la wilaya de Guelma	29
VI. Les sources d'alimentation en eau potable à Guelma	30

Chapitre III : Matérielle et méthodes

I. Méthode de prélèvement	33
I.1. Prélèvement pour les analyses bactériologique	33
I. 2. Prélèvement pour les analyses physico-chimique	34
I. 3. Les Points de prélèvement :	34
II. Méthode de travail	35
II .1 Teste de DPD Chlore (ISO 7393-1) :	36
II .2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (ISO 9308)	37
II. 4 Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables (ISO 6222)	45
II.5 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	46
II .6 Paramètres physiques :	48
II. 6.1 Détermination des alcalinités	49
II. 6 .2 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	50
II. 7. Détermination de la matière organique (MO)	52
II.8. Détermination de résidus secs (RS)	53
II.9. Détermination des matières en suspension (MES)	55
II.10. Dosage de chlorure (Cl^-)	56
II.11. Dosage du calcium (Ca) (ISO 6058 (F), 1984)	57
II.12. Dosage du magnésium (Mg^{2+}) (ISO 6058 (F), 1984)	57

II. 13. Dosage du fer (Fe ²⁺) (ISO 6332).....	58
II. 14. Dosage des sulfates (SO ₄) (NF ISO 22743).....	59
11.15. Dosage des phosphates (PO ₄ ³⁻) (ISO 6878).....	59
II. 16. Dosage de l'ammonium (NH ₄ ⁺) (ISO 7150/1, 1984 (F)).....	60
II. 17. Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻) par la méthode au salicylate de sodium.....	60
II. 18. Dosage du sodium et de potassium.....	61

Chapitre IV:Résultats et prescriptives

I.1 Test DPD (mesure de désinfectant).....	63
I.2. Germes totaux.....	63
I.3. Coliformes totaux.....	64
I.4. Coliformes fécaux.....	65
I.5. Streptocoques fécaux.....	66
I.6. Les anaérobies sulfite-réducteurs(ARS).....	67
II.1 Température (°C).....	68
II.2. Potentiel hydrique.....	68
II.3.Taux des sels dissous (TDS).....	69
II.4. Salinité.....	70
II.5. Conductivité.....	71
I.6. Turbidité.....	71
II.7. Alcalinité.....	72
II.8. Bicarbonates.....	73
I.9. Dureté totale.....	73
II.10. Matière organique.....	74
II.11. Résidu sec.....	75
II.12. Matière en suspension.....	76
II.13.Calcium.....	77
II.14. Magnésium.....	77
II.15. Chlorure.....	78
II.16. Fer.....	79
II.17. Sulfate.....	80
II.18. Phosphate.....	81

II.19. L'ammonium	81
II.20. Nitrates	82
II.21. Sodium	83
II.22. Potassium	83
Conclusion	86
Références	
Annexes	



Introduction Générale

Introduction Générale

La planète est souvent surnommée la "planète Bleue" en raison de la prédominance de l'eau, qui recouvre environ trois quarts de sa surface. L'eau joue un rôle biologique essentiel en tant que fondement de la vie et moteur du progrès dans les pays. Elle est perçue comme un élément central pour l'activité humaine, servant de catalyseur pour le développement et un rôle essentiel dans la constitution de tous les êtres vivants, qu'ils soient des organismes unicellulaires ou des mammifères complexes (**Kherifi et Achi, 2016**). Aucune substance ne peut remplacer l'eau, d'où la nécessité de la protéger, de la traiter et de l'économiser. Une eau est considérée comme potable si elle répond aux normes réglementaires établies, qui définissent les valeurs à respecter pour différents paramètres. Chaque paramètre de l'eau est défini par une norme représentée par un chiffre, établissant à la fois une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Ces normes ont été déterminées et approuvées par l'Organisation mondiale de la santé à Genève en 1993 (**OMS , 1993**)

Au fil des années récentes, il y a eu une dégradation significative tant en termes de quantité que de qualité des eaux dans le monde, principalement due aux rejets industriels non réglementés, à l'utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture et à la gestion chaotique des ressources en eau. Ces pratiques ont engendré des altérations chimiques de l'eau, la rendant souvent inadéquate pour les usages prévus. Face au déficit hydrique, aux changements climatiques, à la croissance démographique élevée, et aux taux de croissance économique élevés que connaissent notre pays, les eaux traitées peuvent être considérées comme une source non négligeable en eau.

L'un des défis cruciaux de l'humanité réside dans le danger de contamination et la dégradation de la qualité de l'eau potable. Cette altération de notre ressource vitale constitue un grave problème de santé publique, étant donné que les maladies d'origine hydrique entraînent le décès de plus d'un million et demi d'enfants chaque année. De plus, cette problématique revêt également une dimension environnementale majeure. Afin de garantir la sécurité des consommateurs contre les micro-organismes pathogènes et les impuretés nuisibles pour la santé, ainsi que pour assurer un accès à

une eau potable de qualité au sein des foyers, il est impératif de mettre en œuvre des traitements appropriés.

Dans la région de Guelma, les eaux des forages et les eaux crues provenant du Barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane) sont soumises à des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Par la suite, ces eaux font l'objet de traitements suivis par de nouvelles analyses physico-chimiques et bactériologiques au sein de la station de traitement des eaux, située à proximité du barrage. Une fois traitées, les eaux sont acheminées vers les consommateurs à travers un réseau de conduites, de canalisations et de châteaux d'eau. Il est important de souligner qu'il existe un risque significatif de contamination des eaux traitées pendant leur transport à travers ces infrastructures, ce qui représente une menace pour la santé des citoyens.

Cette étude se porte sur la caractérisation des méthodes d'analyse physico-chimiques et microbiologiques utilisées pour évaluer la qualité de l'eau, crucial pour sa sûreté à des fins de consommation humaine et d'autres applications qui sont développés par le laboratoire de la station centrale de traitement et de pompage de la Direction Algérienne des Eaux. Les analyses physico-chimiques évaluent les propriétés telles que la composition chimique, la conductivité, le pH, la turbidité et la présence de substances chimiques diverses. Les analyses microbiologiques se concentrent sur la détection et la quantification des micro-organismes pathogènes ou des indicateurs de contamination biologique tels que les bactéries, les virus et les parasites.

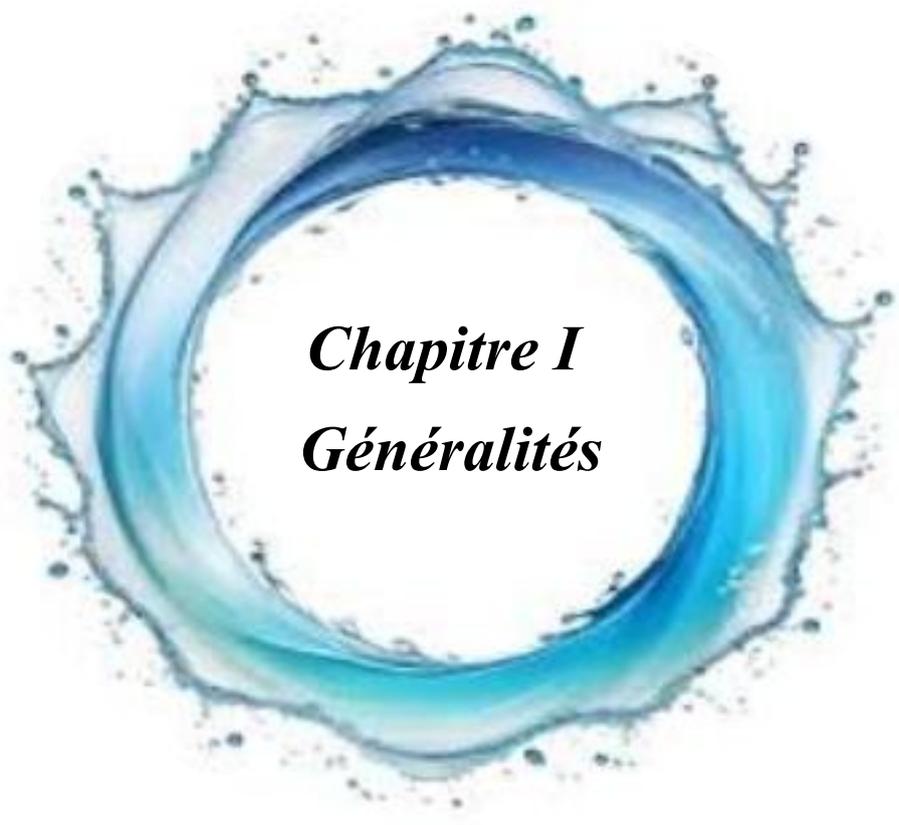
À cet effet, les objectifs principaux de ce projet de fin d'études sont :

- Maîtriser les techniques d'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux.
- Étude physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et leurs traitements au niveau de la station des traitements des eaux de Hammam Debagh dans les deux chaînes.
- Étude physico-chimique et bactériologique des eaux de robinet traitées et alimentées par les forages

Ce mémoire est structuré en trois parties :

- **Le premier chapitre:** est consacré à l'étude bibliographique sur l'eau, les différents besoins d'utilisations, ainsi que, les normes de consommation d'eau par l'être humain
- **Le deuxième chapitre :** port la présentation générale de la zone d'étude tels que les conditions climatiques entre autres et l'approvisionnement en eau potable dans la wilaya de Guelma
- **Le troisième chapitre:** focalisé sur le matériel employé dans les analyse et la méthode utilisé.
- **Le dernier chapitre:** concerne la présentation des résultats obtenus, et leur interprétations.

Notre document sera clôturé par une conclusion générale et les principales références bibliographiques.



Chapitre I
Généralités

Introduction :

L'eau de manière générale est la source de toute vie sur notre planète. Du plus petit micro-organisme à la plus grande créature, chaque être vivant dépend de l'eau pour sa survie. Cette substance précieuse, omniprésente dans notre quotidien, revêt une importance capitale tant sur le plan biologique que sur le plan culturel, social et économique.

L'eau potable est bien plus qu'une simple ressource naturelle, c'est une nécessité fondamentale pour la vie humaine et un pilier de la santé publique.

Dans ce chapitre, nous explorerons les aspects essentiels de l'eau potable, de sa définition à son importance vitale en passant par ses normes de qualité physicochimiques et bactériologique

I.Définition

L'eau Liquide incolore, inodore, sans saveur, transparent sous faible épaisseur mais prenant une couleur vert bleu sous grande épaisseur, l'eau est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène (H₂O) et présente des particularités physiques : elle est plus dense que la glace (les icebergs flottent et le gel fait éclater les pierres dans les zones humides, « il gèle à pierre fendre »). L'eau dissout de nombreuses substances solides et change aisément d'état : à la pression atmosphérique normale, elle gèle à 0° C et bout à 100° C en produisant de la vapeur.(François, 2008)

L'eau pure ou l'eau propre à la consommation humaine est une eau exempte d'impuretés dissoutes ou en suspension qui sont pathogènes ou réduisent sa qualité. En général, l'eau pure est soumise aux normes de l'Organisation mondiale de la santé OMS, que ce soit d'un point de vue physicochimique ou bactériologique (OMS,2007)

L'eau stagnante diffère de l'eau courante en termes de propriétés physicochimiques, de matières organiques et même d'organismes vivants tels que les sels minéraux et les matières organiques.

Étant donné que l'eau a des propriétés neutres par rapport à toute autre solution et constitue un bon solvant pour les solides solubles ou les solutions concentrées diluants, les chimistes ont toujours recours à l'eau distillée, considérée comme pure à 99 %. (François, 2008)

II. Importance de l'eau

Il ne fait aucun doute que l'eau était et est toujours l'un des facteurs les plus importants pour maintenir la vie sur Terre. C'est l'élément le plus important dans la formation des organismes vivants (humains, animaux, plantes ou micro-organismes) Jusqu'à environ 90% de la masse totale de l'organisme par exemple Les Amoeba sont des micros organismes unicellulaires où L'eau constitue 95 % de son corps, en plus d'être son lieu de vie

(Daniel *et al.*,2011) .Aussi l'eau est l'élément principal de La formation des écosystèmes et leurs différence et le milieu de vie de nombreuses espèces animales et végétales (poissons ,larves, algues, etc...). Elle constitue l'élément principal de toutes les cellules en état active.

Il atteint 70 à 80 % de la surface totale de la terre Réparti entre l'eau salée, l'eau douce et les icebergs aux pôles.

Grâce aux données de l'UNESCO révèlent que le volume total d'eau sur Terre est estimée à environ 1 386 000 000 km³ (un km³ équivaut à un milliard de litres), dont 96,5% se trouvent dans les océans. Les 3,5% restants se répartissent principalement entre les glaciers, les eaux souterraines, les eaux de surface, l'atmosphère et la biomasse. Seulement 2,5% de cette eau est douce, mais la grande majorité reste difficilement accessible pour la consommation(Figure 01). Cela souligne les défis à surmonter. (François, 2008)

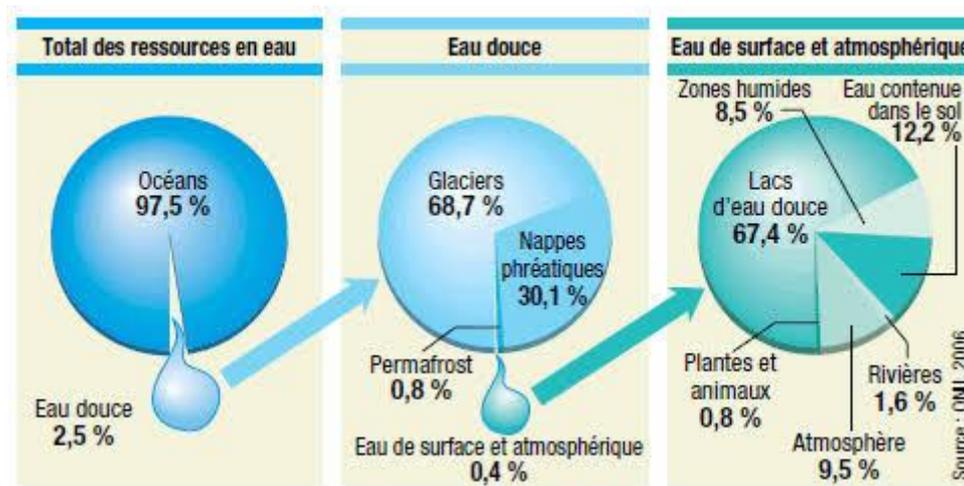


Figure 1: Répartition de l'eau sur la planète (François , 2008)

Du point de vue du développement, c'est un des besoins humains les plus importants, que ce soit du côté des consommateurs ou du côté économique (transport maritime commercial, industries, aquaculture, etc...).

III. Les besoins en eau

Les besoins en eau sont essentiels pour la survie de toutes les formes de vie sur Terre, y compris les êtres humains, les animaux et les plantes. Ces besoins comprennent l'eau potable pour la consommation humaine, l'irrigation agricole pour la croissance des cultures, l'eau industrielle pour la production et la fabrication, ainsi que l'eau nécessaire aux écosystèmes pour maintenir leur équilibre naturel. La gestion durable de l'eau est cruciale pour répondre aux besoins présents et futurs tout en préservant cette ressource vitale pour les générations à venir. (Gilles Le Bœuf, 2023)

III.1. Besoins physiologiques :

L'eau est essentielle à tous les processus physiologiques du corps humain. La composition en eau varie selon les êtres vivants. Les adultes humains sont constitués d'environ 65 % d'eau, tandis que les nourrissons en ont environ 75 % et les embryons de trois jours jusqu'à 94 %. Les animaux ont en moyenne une composition corporelle d'environ 60 % d'eau, tandis que les végétaux se situent autour de 75 %. Cependant, il existe des exceptions notables, comme la méduse, qui peut atteindre jusqu'à 98 % d'eau, et les graines, qui ne contiennent qu'environ 10 %. Une perte de 10 % perturbe

ces processus, tandis qu'une perte de 20 % entraîne la mort (**Ben talbi, 2011**). Environ 2,5 litres d'eau sont perdus quotidiennement par le corps via la respiration, l'urine, les selles et la transpiration. Pour compenser cette perte, il est nécessaire de boire environ 2,5 litres d'eau par jour, que l'on peut obtenir à la fois par la consommation de liquides et par les aliments riches en eau comme les fruits et légumes. De plus, certains processus cellulaires fournissent de l'eau, comme l'oxydation du glucose. Bien qu'une personne puisse jeûner sans nourriture pendant deux mois, une privation d'eau ne peut être supportée que pendant une semaine au maximum.

III.2 Les besoins domestiques :

Cette utilisation de l'eau englobe les prélèvements destinés à la consommation, tant pour les particuliers que pour les entreprises, les services publics et d'autres institutions à usage municipal. Elle peut également inclure des données recueillies à partir d'échantillons prélevés par les usines connectées aux réseaux d'égouts (**Groskund, 1999**).

La consommation moyenne d'eau par personne s'élève à 230 litres par jour. Au cours d'une journée, seulement 1 % de cette quantité est utilisé pour la boisson et 6 % pour la préparation des repas. Les 93 % restants sont employés pour les tâches ménagères, incluant notamment le bain (39 %), les toilettes (20 %), la lessive (12 %), la vaisselle (10 %), les diverses activités domestiques (10 %), ainsi que le lavage des voitures et les parcs aquatiques (6 %).(**France , 1996**).

III.3 Les besoins Agricoles :

Les plantes nécessitent de l'eau en quantité et qualité adéquates pour leur croissance, absorbant principalement l'eau pour transporter les nutriments du sol vers les parties aériennes. L'agriculture consomme beaucoup d'eau, les besoins variant selon les cultures et les conditions climatiques locales. Par exemple, la production de blé et de riz nécessite respectivement environ 1 000 litres et deux fois plus. La production de viande consomme beaucoup plus d'eau que celle des céréales, selon le ratio aliment/viande. Le tableau 01 fournit les équivalents en eau de différents produits

alimentaires, permettant une estimation approximative des besoins en eau pour l'alimentation humaine en fonction des repas ,(FAO, 1997).

Tableau 1: Equivalent en eau des principaux produits alimentaires(FAO,1997)

Produits	Unité	Equivalent en eau en m3 par unité
Bovine	Tête	4000
Moutons	Tête	500
Bœuf frais	Kg	15
Agneau frais	Kg	10
Volaille frais	Kg	6
Céréales	Kg	1.5
Agrumes	Kg	1
Huile de palme	Kg	2
Légumineuses et racine tubercules	Kg	1

IV. objectifs des normes de qualité de l'eau

L'analyse des échantillons d'eau effectuée dans le cadre du programme de contrôle sanitaire vise à atteindre plusieurs objectifs :

- Assurer la conformité de la qualité de l'eau aux normes établies.
- Identifier les dépassements des normes de qualité et, le cas échéant, des seuils d'alerte préalablement définis afin d'intervenir pour rétablir la qualité de l'eau avant toute non-conformité.
- Évaluer les risques sanitaires en cas de dépassement des normes de qualité de l'eau.
- Fournir des informations aux consommateurs et aux responsables de la distribution d'eau (maires, présidents de syndicats des eaux, distributeurs d'eau, etc.).

Le choix des points de contrôle, la fréquence des analyses (en fonction du débit de l'établissement et de la population desservie) et les paramètres à contrôler sont déterminés par la législation en matière de santé publique. Les analyses sont effectuées par des laboratoires agréés par le ministère de la Santé. (OMS, 2005).

V. La Qualité de l'eau

La qualité de l'eau englobe les caractéristiques chimiques, physiques, biologiques et radiologiques de diverses sources d'eau telles que les eaux de surface, les eaux profondes et les eaux souterraines. Elle est évaluée par rapport aux besoins des espèces vivantes et des activités humaines. Souvent définie par des normes, elle est utilisée pour évaluer la conformité aux standards. Les critères les plus fréquemment utilisés concernent la santé des écosystèmes, la sécurité des interactions humaines et la potabilité de l'eau (Serge , 1996).

Les paramètres de qualité des eaux potable et leurs normes L'eau doit répondre à des Critères de la qualité très stricte fixée par le ministre de la santé et le conseil supérieur du Secteur d'hygiène publique (ARS ,2014)

V.1. Critères de portabilité :

Dans la plupart des cas, l'eau est utilisée exclusivement pour la consommation humaine et doit donc respecter les normes réglementaires en matière d'eau potable. Cependant, une partie de la production peut être directement acheminée vers une usine voisine. Un exemple courant est celui des centrales thermiques, qui nécessitent une eau d'appoint totalement déminéralisée. La distillation capable de produire une eau contenant moins de 5 mg/l de sels dissous, offre un avantage certain par rapport aux techniques membranaires qui ne peuvent atteindre ce résultat en une seule étape. Dans certains pays où il n'y a pas de réglementation sur la qualité de l'eau potable, on se conforme aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui sont reconnues au niveau international. L'OMS classe les critères de potabilité de l'eau en cinq groupes, Incluant les aspects physiques : température, limpidité, odeur, matières en suspension.

Les caractéristiques chimiques : salinité, chlorures, pH, etc.). Pour chaque critère, l'OMS fournit une valeur guide. Le facteur déterminant du dessalement est principalement la salinité. Conformément aux recommandations de l'OMS, on pourrait considérer cette valeur comme suffisante. Cependant, les chlorures représentent environ 45 % de la salinité totale de l'eau de mer osmoses. Par conséquent, il est nécessaire d'établir un objectif de 500 mg/l pour

la salinité totale afin de respecter la limite de 250 mg/l pour les chlorures. **(Laurence ,2009).**

V.2 Qualité physique :

La température de l'eau dépend principalement de sa source. Les eaux souterraines varient en température en fonction de leur profondeur, tandis que la température de l'eau de surface fluctue avec les saisons. **(Gerritsen, 1977).**

La température optimale d'un eau de consommation est comprise entre 9° et 12°. D'autre part, une température < 15° d'un eau naturel favorise la croissance des microorganismes et des algues, ce qui peut altérer le goût et les odeurs. **(SWQCB,1963).**

La température de vaporisation de l'eau est affectée par la pression atmosphérique, comme indiqué par des formules empiriques.

- Pression normalisée dans la troposphère (0–11 km) :
- Pression [Pa]=101325× [(2880,0065.Altitude[m])/288]5,255
- Point d'ébullition [K]=27,312× ln(Pression[Pa])+58,358

Le point d'ébullition d'un liquide dépend de cette pression. Par exemple, le point d'ébullition de l'eau pure est de 100 °C, mais il diminue avec l'altitude en raison de la baisse de la pression atmosphérique.

Le point d'ébullition de l'eau varie car plusieurs liaisons hydrogène doivent être rompues avant de pouvoir s'évaporer. Par exemple, sur le mont Everest, l'eau bout à 68°C, alors qu'au niveau de la mer, elle bout à 100°C. Malgré les températures élevées

à proximité des volcans sous-marins, l'eau des profondeurs océaniques reste liquide. (Langelier, 1946)

V.3 Qualité chimique et physicochimique ;

La minéralisation originelle d'une eau minérale est sa caractéristique première : elle est à la base de son action organoleptique. Et thérapeutiques et c'est sur sa constance et sa qualité que s'appuie la réglementation. Alors que l'eau monte jusqu'à En surface, sa minéralisation peut être modifiée par de nombreux phénomènes : dégagement de gaz, refroidissement, oxydation, mélange avec de l'eau provenant de profondeurs moindres, dissolution ou précipitation de minéraux, diverses formes de contamination, etc. Ces obstacles peuvent être surmontés grâce aux techniques, méthodes et concepts d'hydrogéochimie. Les eaux de Luchon en fournissent une bonne illustration. (Gadalia,1995)

V.3.1 Critères de qualité physico-chimique acceptables pour l'eau potable :

D'après les directives de l'OMS (2009), les eaux destinées à la consommation humaine doivent répondre à des normes de qualité spécifiques.

V.3.2. Paramètres organoleptiques

L'eau ne doit pas présenter les caractéristiques suivantes :

- Une coloration excédant 15 mg/l de platine selon l'échelle platine-cobalt.
- Une turbidité dépassant 2 unités de Jackson.

Une odeur et un goût désagréables respectivement aux températures de 2 à 12°C et de 3 à 25°C. (SWQCB,1963)

V.3.3 Paramètre physico-chimiques :

L'Organisation mondiale de la santé (OMS), également connue sous le sigle WHO (World Health Organization) a établi des directives pour définir la qualité de l'eau potable. Ces directives servent de référence internationale pour garantir la

salubrité de l'eau destinée à la consommation. Les dernières directives relatives aux paramètres physico-chimiques ont été publiées par l'OMS (Tableaux 2, 3 et 4).

Tableau 2: Les normes physico-chimiques tolèrent dans l'eau de consommation (OMS, 2011)

Paramètres	Norme (OMS)
Température	<25°c
pH	6.5 a8.5
Chlorure (Cl ⁻)	20 a200 mg/l
Sulfate(SO ₄ ⁻)	2.5 a200 mg /l
Carbonate (CO ₃)	Absence de norme
Bicarbonate (HCO ₃)	>30
Calcium (Ca ⁺)	100 a200 mg/l
Magne (Mg ⁺)	30 a50 mg/l
Titrehydromtique –dureté totale	100a500mg/l
Sodium (Na)	20 a150 mg/l
Potassium (k)	10 a12mg/l
Aluminium	0.2mg/l
Nitrate (NO ₂ ⁻)	25 a50 mg/l
Nitrite (NO ₃ ⁻)	0.1 mg/l
Ammonium (NH)	0.5 mg/l
Azote kjdabil	1mg/l
Matière organique	5 mg/l

Tableau 3: Substances toxique (OMS, 2011).

Paramètres	Normes
Arsenic (As)	0,05 mg/l
Cadmium (Cd)	0,05 mg/l
Cyannes (Cn)	0,15 mg/l
Chrome total (Cr)	0,05 mg/l
Mercure (Hg)	0,001 mg/l
Nickel (Ni)	0,05 mg/l
Plomb (Pb)	0,05 mg

Tableau 4: Substance indésirable (OMS, 2011)

Paramètres	Normes
Fe	0,2 mg/l
Manganèse (Mn4)	0,05 mg/l
Cuivre (Cu)	1 mg/l
Zinc (Zn)	5 mg/l
Phosphor (P2O5)	5 mg/l
Argent (Ag)	0,01 mg/l

V.4 Qualité bactériologique :

La qualité microbiologique est un élément crucial de l'eau potable, principalement évaluée par la présence d'organismes indicateurs de contamination fécale tels que les bactéries totales et les coliformes, qui habitent normalement les intestins humains et animaux, présentant ainsi un risque potentiel pour la santé publique. Le contrôle bactériologique implique la quantification de ces indicateurs de contamination fécale, notamment les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, (Bouziani M.2000). ainsi que d'autres indices non spécifiques tels que les bactéries entières et les agents réducteurs de Clostridium sulfite. La présence d'organismes indicateurs vivant dans l'intestin est généralement utilisée comme mesure de la qualité bactériologique de l'eau (Maiga,2005) . Une bonne qualité microbiologique de l'eau d'approvisionnement est indispensable pour prévenir les maladies, étant donné que le risque microbien constitue une menace à court terme dans le domaine de l'eau potable.

V.5 Normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation :

L'eau ne doit pas contenir de bactéries ni de virus susceptibles de causer une contamination bactériologique et de déclencher une épidémie. Le décompte des bactéries implique la recherche de germes aérobies, c'est-à-dire ceux qui se développent en présence d'oxygène (Tableau 05). La détection de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux dans l'eau indique une contamination par des matières fécales. La présence d'autres coliformes ou de staphylocoques suggère également une

contamination fécale. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou pour la traiter. (Y.Bara, 2016)

Tableau 5: Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation (OMS, 2011).

Paramètres	Normes
Germes pathogènes	Absence de germes
Coliformes	3 germes/100 ml
Escherichia-Coli	1 germes/100 ml
Streptocoque fécal	1 germes/100 ml
Salmonelles	1 germes/100ml
Vibrion cholérique	1 germes/100 ml

V.6. Normes des qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de Rejets

Une norme est définie par un chiffre qui établit soit une limite à ne pas dépasser, soit une limite à respecter. Lorsqu'un paramètre donné respecte cette norme, le critère est considéré comme rempli. Ces normes sont établies par des lois, des directives ou des décrets, comme indiqué dans le tableau 6 par le Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006, lequel définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Tableau 6: valeurs limites des parametres de rejets d'effluents liquides industriels (JODRA ; 2006)

Paramètres	Unité	Valeurs Limites	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
Température	°C	30	30
PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	"	30	40
Phosphore total	"	10	15
DCO	"	120	130
DBO5	"	35	40
Aluminium	"	3	5

Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
Cyanures	"	0,1	0,15
Fluor et composés	"	15	20
Indice de phénols	"	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	"	10	15
Huiles et graisses	"	20	30
Cadmium	"	0,2	0,25
Cuivre total	"	0,5	0,05
Mercure total	"	0,01	0,75
Plomb total	"	0,5	0,75
Chrome Total	"	0,5	2,5
Etain total	"	2	1,5
Manganèse	"	1	0,75
Nickel total	"	0,5	5
Zinc total	"	3	5
Fer	"	3	7
Composés organiques chlorés	"	5	3

VI. Composition de l'eau de mer

L'eau de mer est une solution complexe composée d'eau, de sels et d'autres substances en faibles quantités, rendant leur détection difficile (**Lamine et Harikenchikhe, 2017**). La salinité S (%) est conventionnellement définie comme la masse en grammes des composés solides obtenue à partir d'1 kg d'eau de mer séchée à poids constant à 480°C, supposant que la matière organique a été oxydée et d'autres transformations chimiques (**Jean et al., 2005**). Voici quelques valeurs moyennes de la salinité de l'eau de mer : Mer Méditerranée : 37-40 g/l, Océan Atlantique : 32-38 g/l, Mer Rouge et Golfe Arabo-Persique : 40 -47 g/l, Mer Morte : 270 g/l. Le pH moyen de

l'eau de mer est faiblement alcalin, généralement autour de 8,12, avec des variations entre 7,74 et 8,40 (Tome, 2005). la température varie entre 12,7°C et 27,5°C, avec une moyenne de 17,7°C, tandis que la turbidité dans la mer Méditerranée varie entre 0,11ntu et 0,45ntu. La conductivité, qui mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, varie entre 54,1ms/cm et 58,9ms/cm pour la mer Méditerranée.

On dénombre onze éléments principaux qui contribuent significativement à la masse des sels dissous (tableau 07).

Tableau 7: concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35 g/l (PILEY et SKIRROW, 1995).

Eléments	Concentrations (g/l)
Chlorure (Cl ⁻)	19 353
Sulfate	2 712
Bicarbonate (Hco ₃ ⁻)	142
Bromure (Br.)	67
Fluorure (F ⁻)	1
Bore (B)	4
Sodium (Na ⁺)	10160
Magnésium (Mg ²⁺)	1249
Calcium (Ca ²⁺)	413
Potassium (K ⁺)	387
Strontium (Sr ²⁺)	8

VII. Les maladies de transmission hydrique

Le 19^{ème} siècle a été marqué par de nombreuses épidémies de dysenteries, de fièvre typhoïde, de choléra, et autres maladies d'origine hydrique à travers le monde. De nos jours, l'OMS estime que la baisse de la qualité microbiologique des eaux consommées demeure la principale cause des problèmes de santé (Lesne, 1998).

Les maladies à transmission hydrique (MTH) englobent diverses manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale (Tableau 08),

dont la principale caractéristique est la façon dont l'eau est contaminée (**Kreisel, 1991 ; Bazine et Bournane, 2011**).

La plupart des signes causés par les agents pathogènes d'origine hydrique sont liés à l'intestin (nausées, vomissements et diarrhées, et plus rarement, colites). Cependant, il est possible d'observer d'autres symptômes tels que des troubles neurologiques, cardiovasculaires, respiratoires (*Legionella*), oculaires (toxoplasmose), hématologiques (septicémie causée par *E coli* O157 :H7) ou dermatologiques (**Payment et pintar, 2006**).

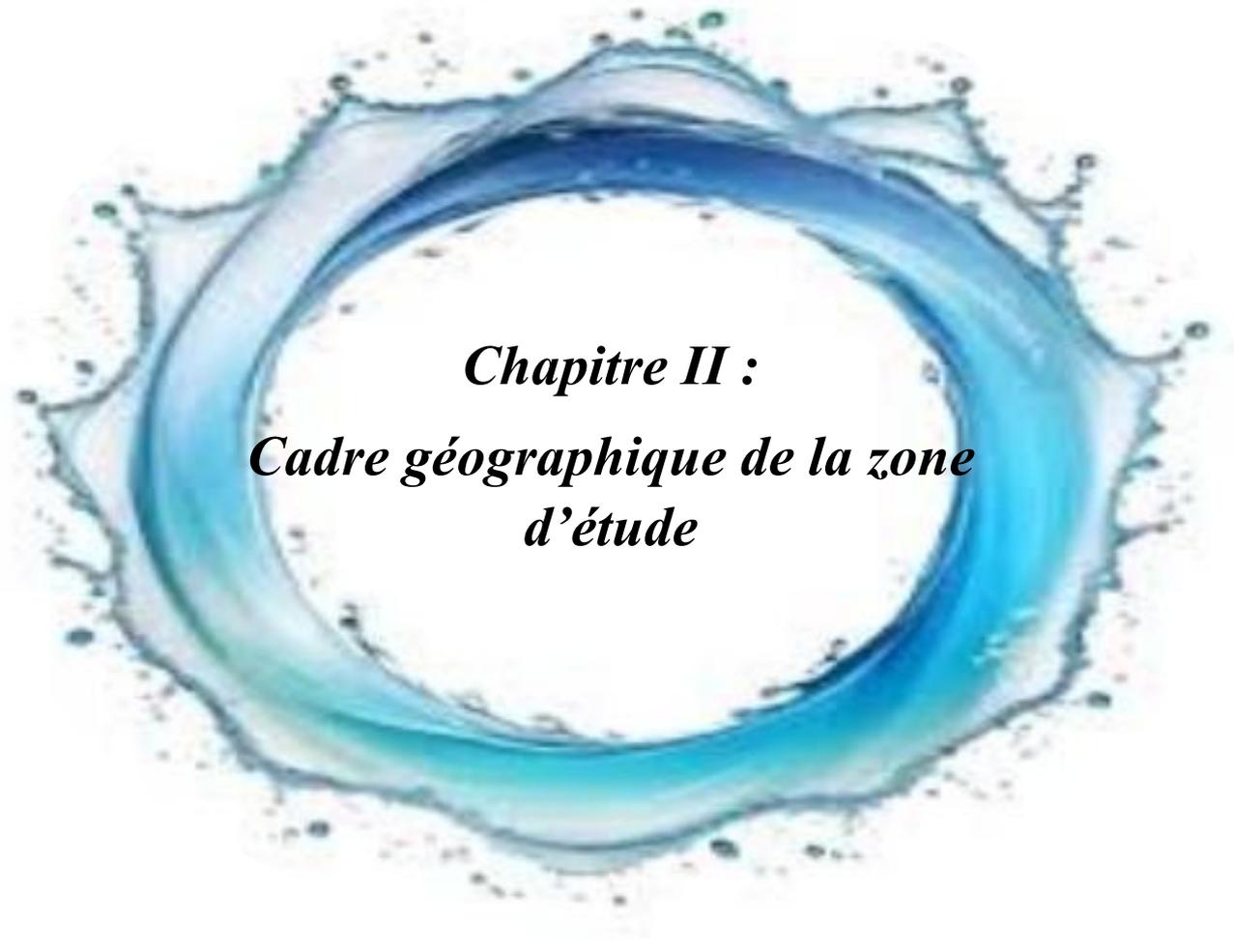
Il est possible que certaines espèces bactériennes qui ne sont habituellement pas présentes dans l'intestin d'une personne en bonne santé se produisent de manière intermittente et en quantités variables en fonction du lieu et de l'état de santé populationnel. Les bactéries, qu'elles soient pathogènes ou potentiellement pathogènes, sont à l'origine de la majorité des maladies infectieuses comme le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie, la gastro-entérite, les maladies diarrhéiques, etc.....

En général, les bactéries pathogènes sont transmises à l'homme par le biais de la digestion en consommant de l'eau ou des aliments contaminés.

Les latrines ont également un impact significatif sur la pollution biologique des nappes phréatiques. À la différence des bactéries qui mettent en évidence la pollution fécale, les bactéries pathogènes ne sont pas toujours présentes dans le corps. (**Hawa,2002**).

Tableau 8: Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les Maladies transmises (Hawa, 2002).

Famille	Genre	Espèce	Maladie
Enterobacteriaceae	Salmonella	Typhipara typhi	Fièvre typhoïde
Vibrionaceae	Vibrion	Choléra et autre vibrion	Choléra Gastro-entérite
Enterobacteriaceae	Escherichia	Coli (type pathogène)	Gastroentérite, Diarrhée
Micrococcaceae	Staphylococcus	Aureus	Infection cutanée



Chapitre II :
Cadre géographique de la zone
d'étude

I. Situation géographique de la wilaya de Guelma

Guelma, une ville située dans l'Est de l'Algérie, se trouve à une distance d'environ 60 kilomètres de la mer Méditerranée, à 100 kilomètres de la métropole de Constantine, et à 150 kilomètres de la frontière Tunisienne (Figure 02)

En raison de sa position géographique centrale, elle jouit d'une situation stratégique entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud. De plus, sur le plan géographique, elle constitue un point de convergence entre les pôles industriels d'Annaba et de Skikda au Nord, et les centres d'échanges d'Oum El Bouaghi et de Tébessa au Sud.

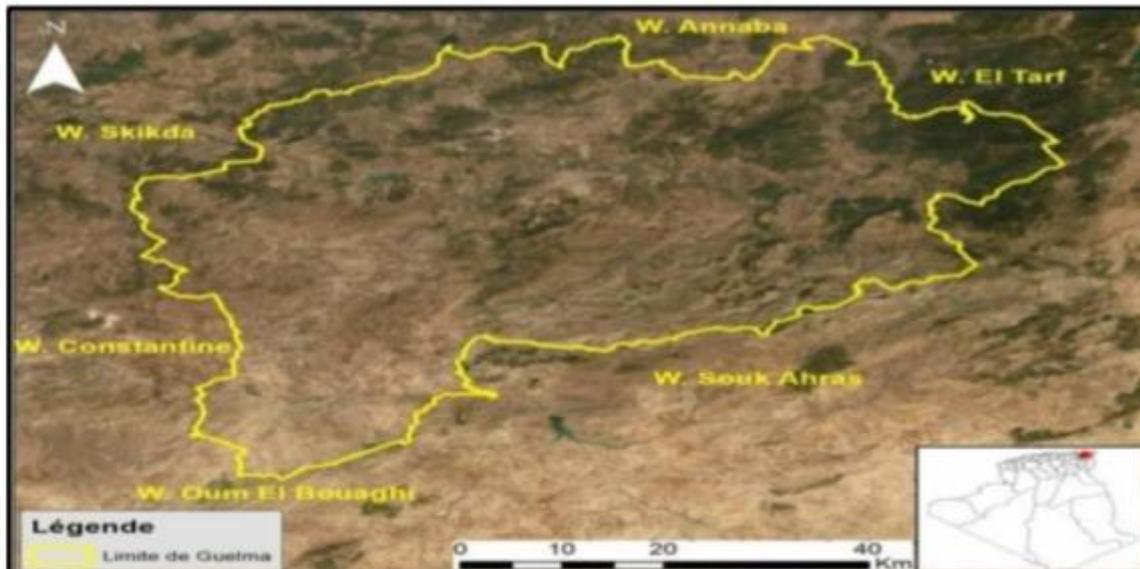


Figure 2: Situation géographique de la wilaya de Guelma (1/500 000 ème) (Khemis, 2013).

Elle couvre une superficie de 3.686,84 Km² et elle est limitée par :

- Au Nord : la wilaya d'Annaba.
- Au Nord-Est : la wilaya de Skikda.
- À l'Est : la wilaya de Souk Ahras.
- Au Sud : la wilaya d'Oum El-Bouaghi.
- À l'Ouest : la wilaya de Constantine.
- Au Nord-Ouest : la wilaya d'El-Tarf.

II. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques :

II.1. Relief

La zone de Guelma, située dans la zone bioclimatique subhumide, couvre une grande partie du territoire de la wilaya, s'étendant du Nord au Sud. Elle se distingue également par une vaste étendue forestière au Nord et à l'Est, ainsi que par le passage de la Seybouse, son principal cours d'eau.

Le relief de la wilaya se décompose comme suit(Figure 03) :

Montagnes : 37,82 % dont les plus importantes sont :

- Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 m d'altitude
- Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 m d'altitude
- Taya (Bouhamdane) : 1.208 m d'altitude
- D'bagh (Hammam Debagh) : 1.060 m d'altitude
- Plaines et plateaux : 27,22 %.
- Collines et piémonts : 26,29 %.
- Autres : 8,67 %.

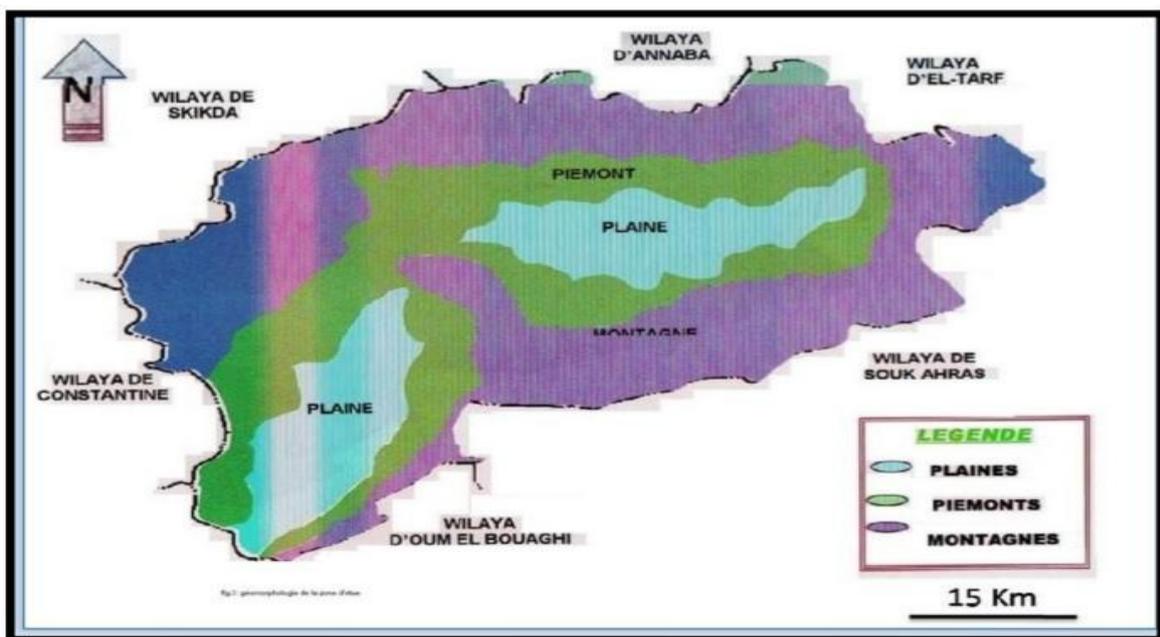


Figure 3: Carte géomorphologique de la région de Guelma (Ben marce, 2007).

II.2 Les ressources hydrauliques (DPSB) :

Eaux superficielles :

- Barrage de Bouhamdane (commune de Hammam D'bagh) : 184.3 Hm^3
- Barrage de Medjez El Begar (commune d'Ain Makhlouf) : 2.86 Hm^3
- Barrage de Hajar guefata (commune de Nechmaya) : 0.44 Hm^3
- 15 retenues collinaires.
- Eaux souterraines : 05 nappes.
- Une nappe alluviale s'étalant sur trois communes (Guelma, Belkheir Et Boumahra Ahmed)
- La nappe calcaire du crétacé supérieur (plaine de Tamelouka).
- Une nappe calcaire à Hammam Bradaa qui s'étend entre les villes D'Héliopolis et de Guelaat Bou Sbaa.
- La nappe d'oued Halia.
- La nappe de la plaine de Bouchegouf.

Vallées et oueds, principalement :

- La vallée de la Seybousse.

Les principaux oueds :

Les principaux Oueds dans la région de la wilaya sont (Zouaidia, 2006 ; Khemis, 2013) (Figure 04) :

- Oued Seybouse : il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Charef et Oued Bouhamdane). Il traverse la plaine de Guelma-Bouchegouf sur plus de 45 Km
Du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m^3/an .
- Oued Bouhamdane : il prend sa source dans la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la Wilaya. Son apport est de 96 millions m^3/an .
- Oued Mellah : provenant du Sud-est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 Millions m^3/an .

- Oued Cheref : prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m^3 /an

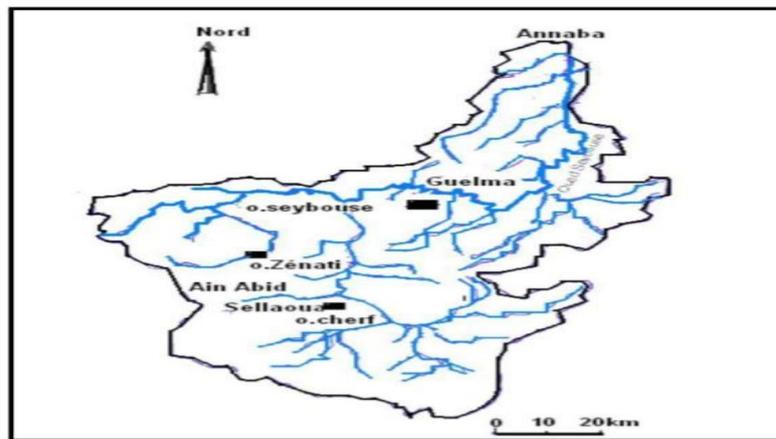


Figure 4: Carte géomorphologique des cours d'eau de la région de Guelma (Ben marce, 2007).

Sources naturelles : Il est dénombré environ 1040 sources naturelles

III. Réseau hydrographique

Le territoire de la wilaya de Guelma est généralement subdivisé en quatre zones hydrogéologiques, (Zouaidia 2006 ; Khemis 2013)

III.1 Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basses Seybouse) :

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur environ 40 kilomètres le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements dans l'Oued Seybouse. Elles représentent les nappes les plus importantes de la wilaya. Concernant la nappe de Bouchegouf, les alluvions semblent moins perméables que celles de la plaine de Guelma, ce qui peut entraîner une nappe alluviale moins importante.

III.2 Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest :

Elle couvre toute la partie nord de la wilaya, englobant l'Oued Zénati et la partie nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, cette zone est principalement composée d'argiles rouges numidiennes surmontées de grès peu perméables. Malgré des précipitations relativement abondantes, la perméabilité dans

cette région est limitée. Cependant, les calcaires du Crétacé inférieur des Djebels Debagh et Taya pourraient permettre une infiltration significative.

III.3 Zone des plaines et des collines de Tamlouka :

Il est notable dans cette région que les structures synclinales du Crétacé supérieur pourraient contenir des nappes actives grâce aux infiltrations dans les calcaires, même s'ils ne sont pas profondément perméables. Des nappes phréatiques se forment également dans les formations quaternaires reposant sur des argiles miocènes. Elles sont alimentées par les divers affluents de l'Oued Charef, bien que certaines de leurs eaux s'évaporent dans les zones marécageuses.

III.4 Zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Hélia :

Cette région s'étend des parties nord de la région de Tamlouka au sud de la région de Guelma et de Bouchegouf. Sa partie sud est probablement la plus riche en eau. Elle se caractérise par la présence de hautes dalles calcaires du Crétacé supérieur qui reposent sur des marnes. Des sources assez significatives se trouvent à leur contact. Dans l'autre partie de la zone, la plus étendue les dalles calcaires sont plus redressées et fragmentées, et des sources parfois assez importantes jaillissent des calcaires en contact avec les marnes.

IV. Climatologie :

Le territoire de la Wilaya présente un climat qui se distingue par sa sub-humidité au centre et au nord, tandis qu'il devient semi-aride vers le sud. Ce climat se caractérise par des hivers doux et pluvieux, contrastant avec des étés chauds. Les températures oscillent entre 4°C en hiver et dépassent souvent les 35°C en été, avec une moyenne annuelle de 17,3°C. L'étude des données climatologiques est effectivement essentielle pour comprendre les processus de circulation et d'alimentation des eaux naturelles, ainsi que pour analyser les mécanismes de pollution des eaux. En examinant les données climatiques, notamment les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration, il est possible de déterminer le bilan hydrologique d'une région donnée.

Pour mieux caractériser le climat d'une région comme Guelma, il est utile d'interpréter les données météorologiques sur une période significative, comme une décennie, et d'établir des diagrammes solaires. Dans le cas de Guelma, située dans un étage bioclimatique à végétation semi-aride avec des hivers frais, on observe deux périodes distinctes : une première période froide et humide s'étendant sur huit mois, d'octobre à mai, et une seconde période chaude et sèche couvrant quatre mois, de juin à septembre (Bedouh, 2014).

IV.1 La température :

La température atmosphérique joue un rôle crucial dans le développement des êtres vivants, impactant leurs activités, le climat et le cycle de l'eau (Figure 05). Elle influence l'évaporation et l'évapotranspiration réelle, et varie en fonction de facteurs tels que l'altitude, la proximité de la mer, les saisons et la topographie (El Blidi et al., 2006).

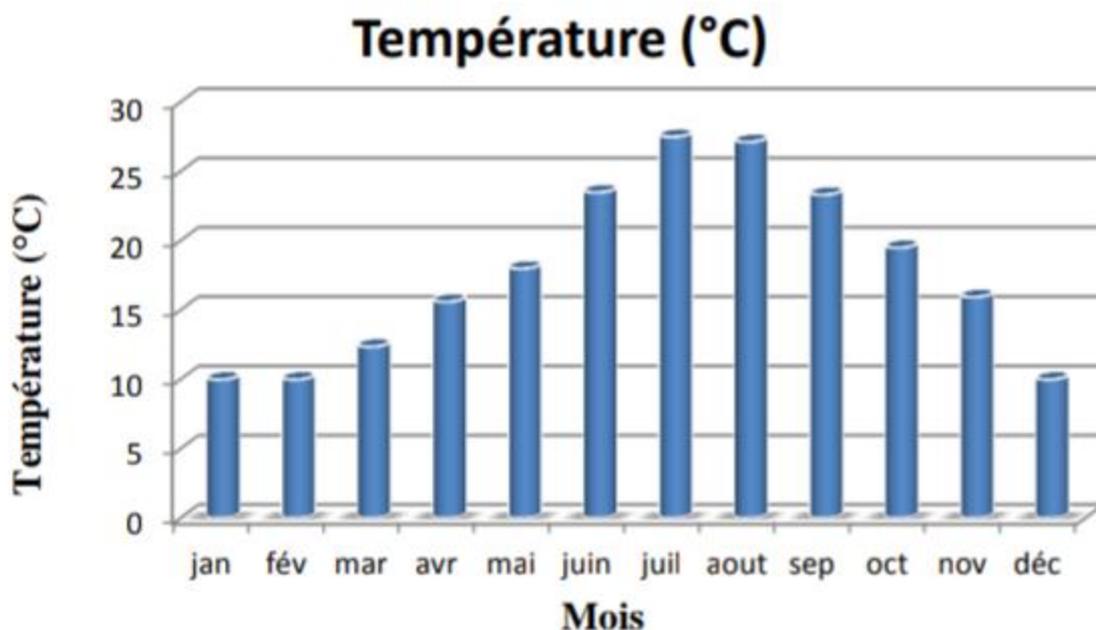


Figure 5:Température moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016)

Le mois de juillet a enregistré la température moyenne mensuelle la plus élevée, Atteignant 27,5°C, tandis que les mois d'hiver (décembre, janvier et février) ont

Connu les températures mensuelles moyennes les plus basses, avec un minimum de 10°C.

IV.2 Précipitations

Les précipitations jouent un rôle primordial dans le climat, influençant le débit saisonnier des cours d'eau. Leur étude exige une analyse précise des données pluviométriques, permettant d'évaluer et de quantifier diverses sources d'eau, qu'elles soient de surface, souterraines ou atmosphériques (**Bedouh, 2014**). La figure 06 met en évidence que l'hiver est la saison la plus pluvieuse, avec une moyenne mensuelle de 78,87 mm. En revanche, l'été est marqué par une faible recharge, avec seulement 10,85 mm par mois. La précipitation annuelle moyenne s'élève à 611,03 mm.

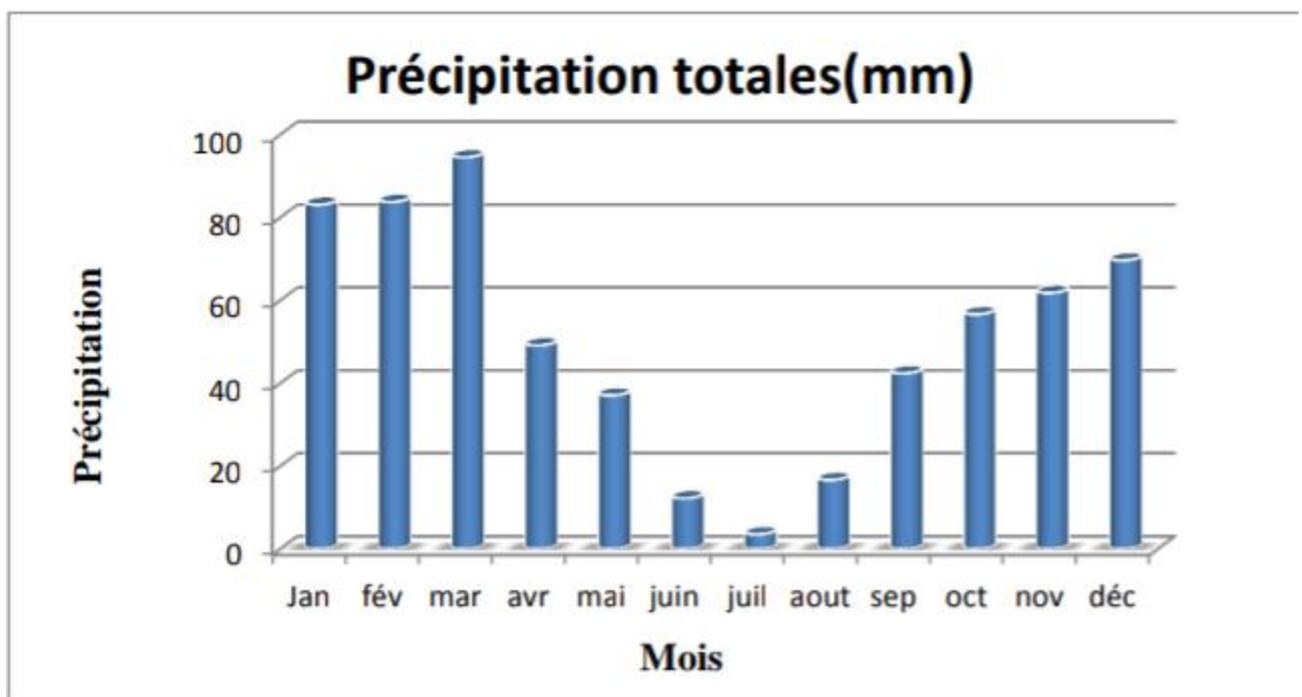


Figure 6: Précipitation moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016)

IV.3 L'humidité relative de l'air

Le niveau d'humidité atmosphérique influence significativement le processus d'évaporation ; lorsque l'air est déjà humide, sa capacité à absorber davantage d'humidité est réduite. Une humidité élevée, en limitant la sécheresse, favorise le développement des plantes (**Beltrando, 1995**). La figure 07 illustre l'évolution mensuelle de l'humidité relative de l'air entre 2005 et 2015. Les données indiquent que

l'humidité de l'air ne descend jamais en dessous de 50 %. Son pic est enregistré en janvier, atteignant 77,67 %, tandis que le creux est observé en juillet, avec 56,2 %.

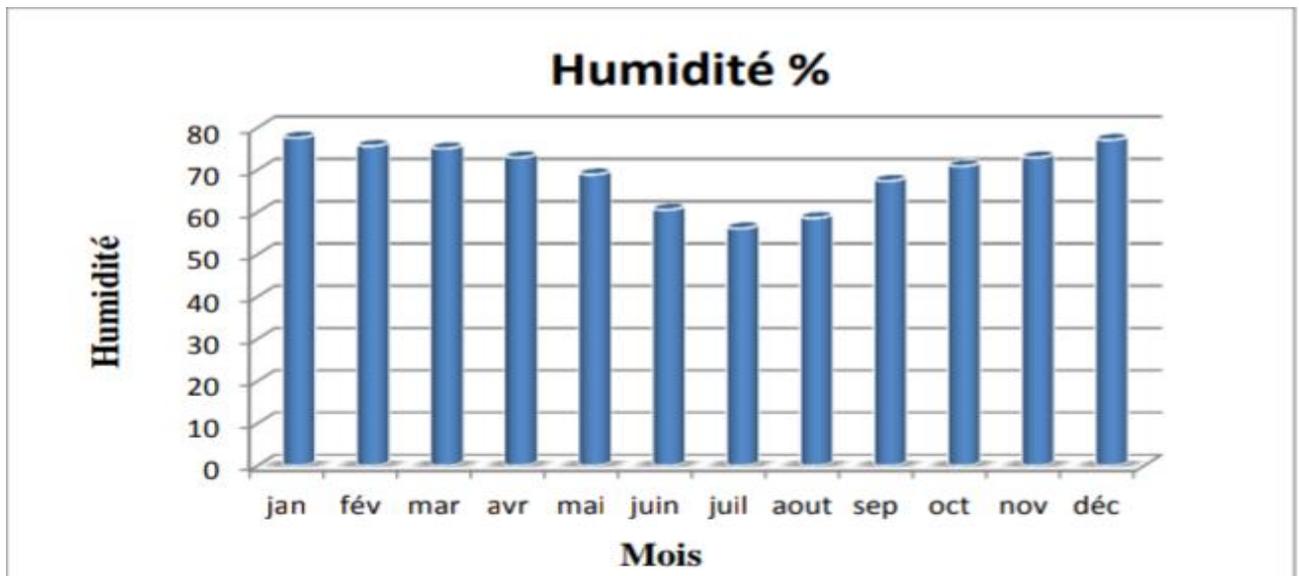


Figure 7 : Humidité moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

IV.4 Le vent

Le vent exerce une influence significative sur le climat en modérant la température, l'humidité et l'évaporation. Sa direction, sa fréquence et sa vitesse varient au fil des saisons. La connaissance précise de ces paramètres est essentielle pour la planification de tout projet. Dans la région étudiée, les vents prédominants soufflent avec une vitesse relativement constante tout au long de l'année, oscillant entre 1,36 et 2,13 m/s, avec un pic en hiver et un creux en automne (Figure 08).

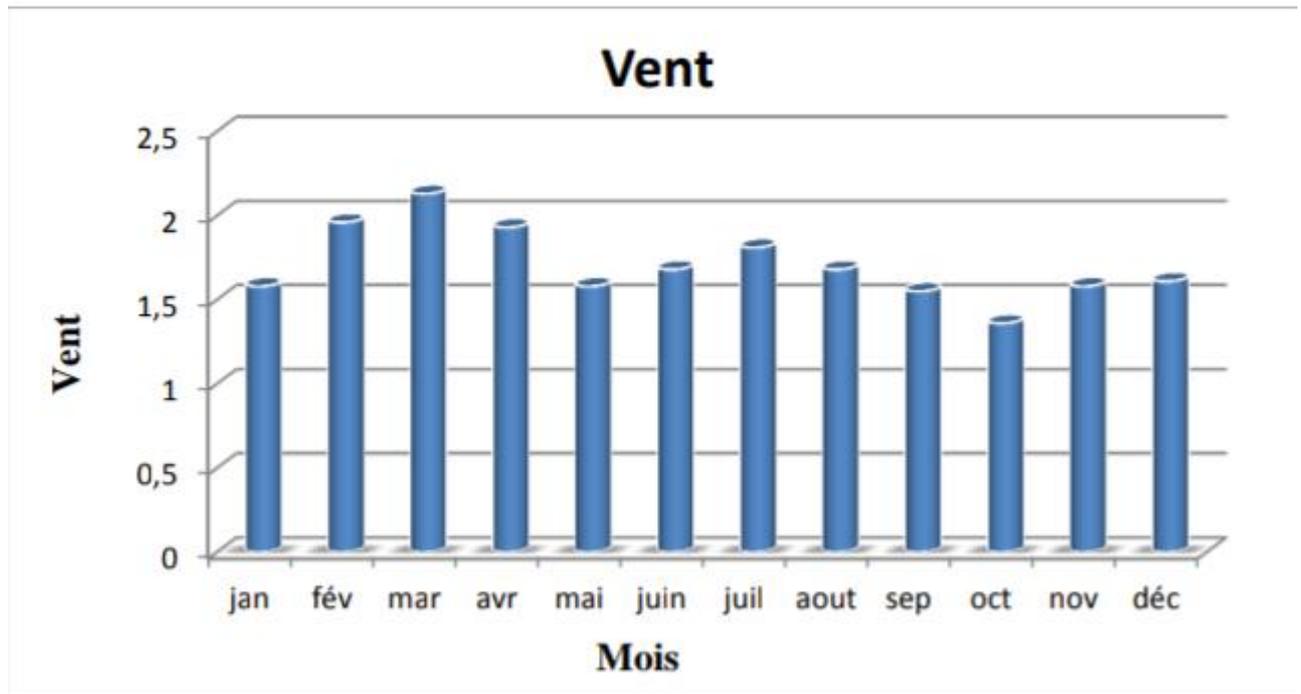


Figure 8 : Vent moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

V. L'approvisionnement en eau potable dans la wilaya de Guelma

L'Autorité d'approvisionnement en eau potable (AEP), affiliée à la Direction Algérienne des Eaux (ADE), est chargée de surveiller les sources d'eau potable, de les traiter si nécessaire, et de les distribuer pour la consommation humaine dans le respect des normes de santé. Dans la wilaya de Guelma, ce service opère depuis la station de traitement et de pompage de l'eau qui située près du barrage de Bouhamdane (Figure 09), dans la commune de Hammam Debagh (ADE; 2024) qui considérée comme la principale source d'eau de la région.

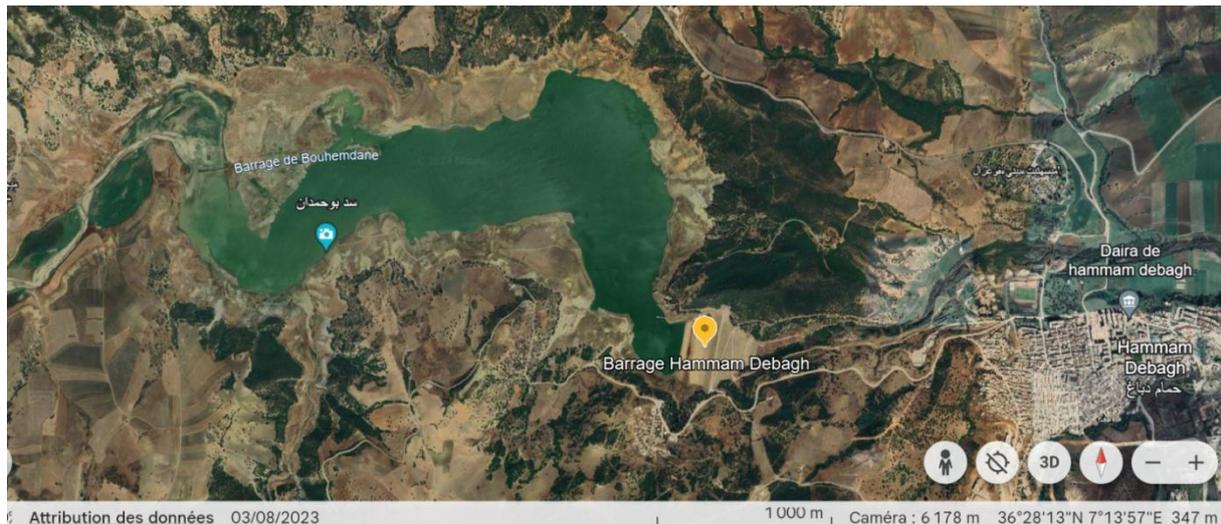


Figure 9: Illustration satellite de la station de traitement des eaux potable et le barrage de Bouhamdane

VI. Les sources d'alimentation en eau potable à Guelma

Le forage est en effet une source d'eau potable cruciale pour les municipalités qui en dépendent. Sa faible contamination et sa facilité de traitement en font une ressource précieuse pour les communautés locales. En particulier dans les régions où l'eau potable peut être rare ou sujette à une forte contamination, comme c'est parfois le cas dans les zones arides comme le Néguev. En investissant dans le traitement et la gestion efficace de cette ressource, les municipalités peuvent garantir un approvisionnement en eau sûr et fiable pour leurs résidents. (ADE .2024)

D'autre part, les sources naturelles sont souvent vitales pour les habitants des zones rurales. L'accès à l'eau potable peut être un défi, et les communautés dépendent souvent de sources naturelles locales pour répondre à leurs besoins en eau (Tableau 09). Il est donc crucial de préserver et de gérer judicieusement ces ressources pour garantir la sécurité et la durabilité des communautés rurales.

Tableau 9: pourcentage d'alimentation de quelques communes de Guelma en eau potable (ADE ; 2024)

La commune	Source d'Alimentation par l'eau	Pourcentage
Guelma	-Barrage Bouhamdane -eau souterrain	90% 10%
Ben Djerrah Hammam Debagh Hedjaz Ammar Ain Hessainia Rouknia Bouhamdane	-Barrage Bouhamdane	100%
Boumahra	-Forage El Heffaisse	100%
L'Khzara	-Forage L'Khzara -Oued Hlia	90% 10%
Bouhechana	-Forage Bzina	100%
Helioplice	-Forage Bouzitoune	100%
Oued Zenati Tamlouka Bourdj Sabat Ain Makhoulf Ain Regada	-Forage Ain Arkou	100%
Ain Sandel	-Source Ain Souda	100%
El Fedjoudj	-Puit El Fedjoudj	100%
El Nechmaya	-source Mahachou	100%



Chapitre III
Matériel et méthodes

I. Méthode de prélèvement

Notre travail consiste essentiellement à l'étude des eaux bruts et traité au niveau de la station de traitement. Nous devons donc effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux consommées par la population. Ces analyses ont été réalisées dans le laboratoire de la station de traitement des eaux à Hammam Debagh.

I.1. Prélèvement pour les analyses bactériologique

Le prélèvement bactériologique doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie Rigoureuse Les flacons utilisés doivent garantir une protection complète contre toute contamination une fois fermés. Ils doivent également être inertes vis-à-vis des bactéries et ne pas libérer de substances toxiques dans l'échantillon. Les flacons en verre de 250, 500 ou 1 000 ml sont recommandés, de préférence en verre borosilicaté et équipés d'un bouchon émeri (Figure10). Avant utilisation, ces flacons doivent être minutieusement nettoyés et rincés afin d'éliminer toute trace éventuelle de détergent ou d'antiseptique. Ensuite, le bouchon et le flacon sont enveloppés dans du papier filtre et stérilisés soit à l'autoclave (Figure 11) (à 120 °C pendant 15 minutes) soit au four Pasteur (à 170 °C pendant 1 heure) (**Rodier , 1996**).

Le prélèvement est réalisé dans des conditions d'asepsie optimales en tenant le lacon par le bas et en le plongeant dans l'eau. Ensuite, le flacon est tourné jusqu'à ce que le goulot pointe légèrement vers le haut, permettant ainsi une ouverture dans le sans opposé à la pression.

Le remplissage est effectué, et le bouchon est fermé sous l'eau pour éviter la formation des bulles d'air (**Mayet , 1994**).



Figure 10 : Exemple des flacons utilisés



Figure 11 : Autoclave de stérilisation

I. 2. Prélèvement pour les analyses physico-chimique

Il est conseillé d'opter pour des flacons en plastique pour les analyses physico-chimiques. Il est également préférable d'effectuer les dosages des éléments chimiques dès que possible, car certains éléments, tels que les nitrates, peuvent subir des altérations au fil du temps, il est important de rincer préalablement les flacons avec le même eau analysé, puis de les remplir jusqu'au bord, de les boucher, de les étiqueter et de les conserver immédiatement dans une glacière à une température de 4 °C.

(Rodier J ,1996).

I. 3. Les Points de prélèvement :

Nos prélèvements ont été effectués au niveau de la station des traitements de l'ADE à Hammam Debagh et des forages de la région du Guelma.

Tableau 10 :Les informations des stations de prélèvements.

code	Station de prélèvement	La commune	Cordonnées GPS
S1	Station de pompage1	Hammam Debagh	36.465547 ; <u>7.254453</u>
S2	Extension de la station de pompage	Hammam Debagh	36.465547 N ; <u>7.254453E</u>
S3	Forage Maârrouf	Ain Sandel	36°16'24.16"N ; 7°34'9.19"E
S4	Source Ain Sandel	Ain Sandel	36°22'38.33"N 7°12'12.97"E

II. Méthode de travail

➤ Analyse bactériologique de l'eau

Les tests bactériologiques ont été menés au laboratoire de la station de traitement des eaux (ADE Hammam Debagh). Durant ces analyses, nous avons scrupuleusement observé les normes d'hygiène et de stérilisation pour prévenir toute contamination potentielle. Notre étude a porté sur une analyse ciblée, incluant la recherche de :

- ✓ Germes totaux.
- ✓ Coliformes totaux et fécaux.
- ✓ Streptocoques fécaux.
- ✓ Les Spores de bactéries anaérobies sulfite-réducteurs.

Dans notre recherche nous avons utilisé la méthode par filtration (Figure 12) basée sur une filtration d'un volume d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante en ester de cellulose de porosité $0,22\mu\text{m}$ ou de $0,45\mu\text{m}$. La membrane après la filtration peut être déposée sur la surface d'une gélose, les bactéries retenues à la surface sont nourries à travers la membrane par les pores de celle-ci.



Figure 12: La rampe de filtration et ses extensions utilisées dans la méthode de filtration (Abadlia,2024)

II .1 Teste de DPD Chlore (ISO 7393-1) :

Puisque toute l'eau destinée à l'usage humain est traitée ou d'un château d'eau alimenté par un forage, elle est contienne un taux de désinfectant (Chlore) .Lorsque du chlore est introduit dans l'eau, il entre en réaction avec les matières organiques présentes et tente de les neutraliser. Si une quantité suffisante de chlore est ajoutée, une partie demeurera dans l'eau une fois que tous les organismes sensibles au chlore auront été éliminés. Cette fraction résiduelle est désignée sous le nom de chlore résiduel libre. Le chlore résiduel libre persiste dans l'eau jusqu'à ce qu'il se dissipe naturellement ou soit mobilisé pour neutraliser une nouvelle contamination. Ainsi, la détection de chlore résiduel libre lors d'un test indique que les organismes les plus nocifs ont été éradiqués et que l'eau est vraisemblablement potable. Cette opération est communément appelée mesure du chlore résiduel (OMS, 2013).

La méthode la plus pratique et rapide pour détecter la présence de chlore résiduel est le test DPD (Diéthyl-Paraphénylène Diamine) (Figure 14) utilisant un comparateur colorimétrique. Une pastille de DPD est ajoutée à un échantillon d'eau, colorant l'eau en rose (Figure15) L'intensité de la couleur est ensuite comparée visuellement à une échelle sure un comparateur Chekit Chlore (Figure 13) de couleur afin de déterminer la concentration en chlore.



Figure 13: Comparateur Chekit Chlore
(Abadlia,2024)



Figure 14: Pastelle DPD (Diéthyl-Paraphénylène Diamine)
(Abadlia,2024)

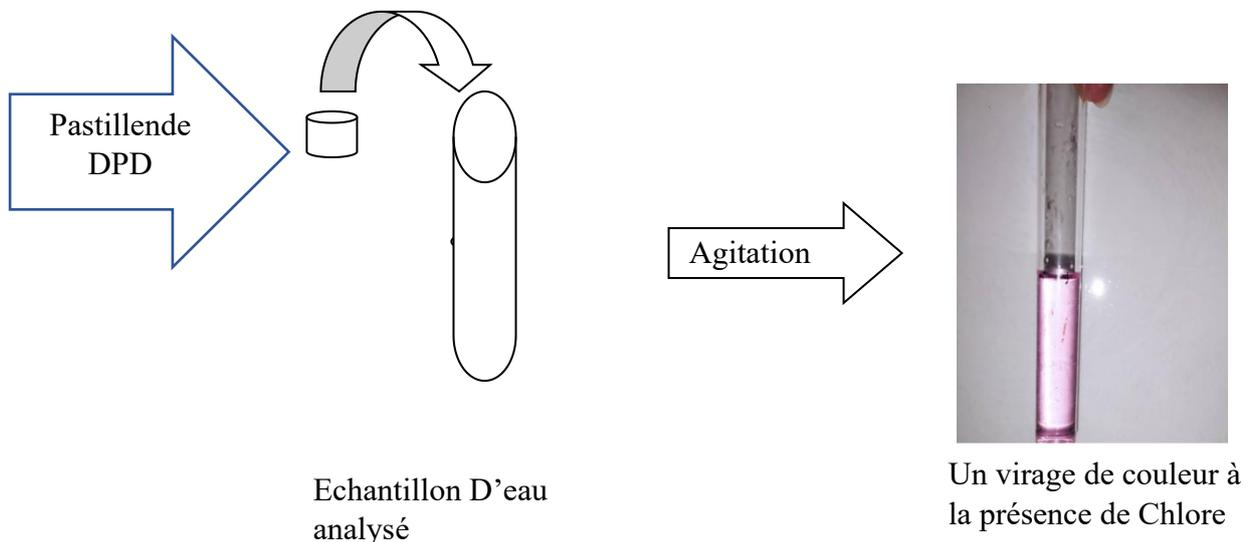


Figure 15: Le teste DPD sur l'eau analysée (Abadlia,2024)

Dans le cas de résultat négatif nous effectuons uniquement le dénombrement des germes totaux.

II .2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (ISO 9308)

A -Objet et domaine d'application,

La méthode décrite ici est une norme pour évaluer la qualité des eaux potables. Elle implique le comptage des colonies après incubation sur un milieu solide un gélose lactosée ou Terjitolé 7 pendant 24 à 48 heures à des températures spécifiques ($36\pm 2^{\circ}\text{C}$ puis à $42\pm 2^{\circ}\text{C}$) dans des conditions aérobies. Cette approche est recommandée pour les eaux ayant une faible contamination.

B - Définitions.

Selon cette méthode, les Coliformes sont définis comme des bactéries à Gram négatif, aérobies ou facultativement anaérobies, non sporulées, dépourvues d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz dans un délai de 24 à 48 heures à une

température entre 36 et 37°C. Les Coliformes thermo tolérants partagent les mêmes caractéristiques que les Coliformes, mais ils sont testés à une température de 42±2°C.

Les *Escherichia coli* (Figure 16) sont des Coliformes thermo tolérants qui se distinguent par leur capacité à produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu, testée à une température de 42±2°C. (OMS,2013).



Figure 16: Bactérie d'*Escherichia coli*

C- Mode opératoire.

- Pour commencer, stérilisez l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen (Figure 17 et 18)
- Refroidissez-les soit avec de l'eau à analyser si vous en avez en quantité suffisante, soit avec de l'eau distillée stérile.
- Installez de manière aseptique une membrane de porosité nominale de 0.45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir en utilisant une pince stérile.
 - Fixer ce dispositif avec la pince correspondante
 - Posez de façon stérile une membrane d'une porosité nominale de 0.45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir en utilisant une pince stérile..
- Ensuite, déposez de manière aseptique 100 ou 250 ml d'eau à analyser devant un bec Bunsen, en fonction du type d'eau à analyser. (Figure 19)
- Transférez immédiatement et de manière aseptique la membrane sur la surface de gélose Terjitole préalablement préparée, à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile.

- Incubée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures, voire 44 ± 4 heures, pour la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli* (Figur 20).



Figure 17 : Stérilisation de matériels
(Abadlia,2024)



Figure 18: Stérilisation de matériels
(Abadlia,2024)

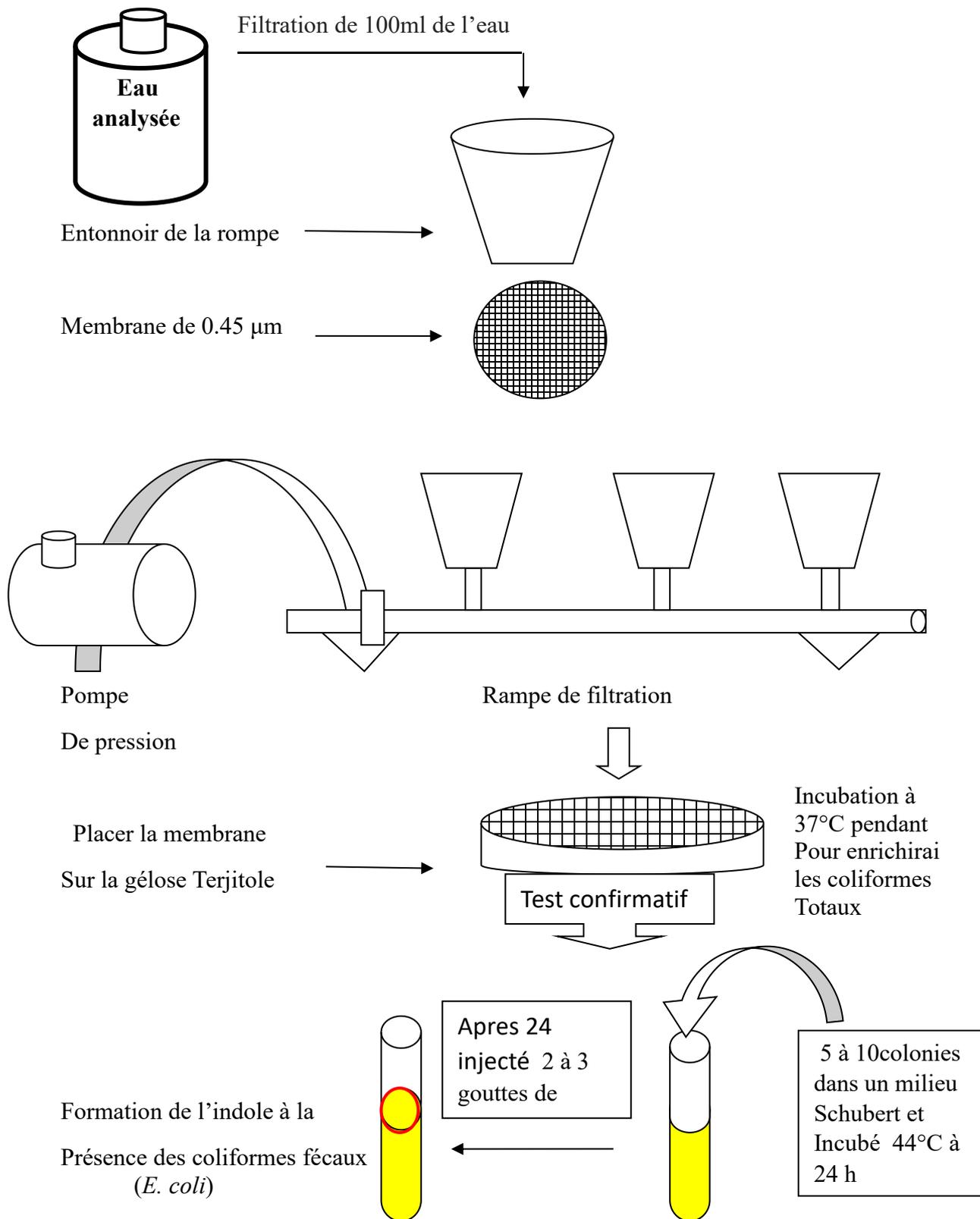


Figure 19: Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

D) Lecture

Après 24 heures d'incubation à 37°C, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangé (Figure 20).

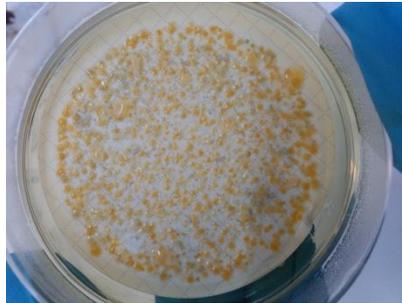


Figure 20: Croissance des coliformes sur milieu Terjitole.

(Abadlia,2024)

➤ **Test de confirmation :**

Transférer 5 à 10 colonies caractéristiques de couleur jaune avec un ose bouclé dans un tube contenant le milieu Schubert contient des cloches de durham, après incubation à 44°C pendant 24h la présence d'Escherichia coli est confirmée par l'apparition d'un anneau rouge (Figure 21) (L'indole) en surface après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (Figure 22) et un trouble gazeuse.



Figure 21: formation de l'Indole dans le milieu Schubert.

(Abadlia,2024)



Figure 22: Réactif Kovacs (Abadlia,2024)

II. 3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (ISO 7899-2 et NF T 90-416)

a) Mode opératoire:

- -Installer une membrane de porosité nominale de $0,45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir de manière aseptique en utilisant une pince stérile.
- Fixer ce dispositif à l'aide de la pince appropriée.
- Déposer ensuite 100 ml d'eau à analyser de manière aseptique.
- Activer la pompe à vide pour aspirer l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir, puis transférer la membrane à l'aide de la pince stérile et la placer sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz et Bartley.
- Incuber à 37°C pendant 48 heures (Figure 23).

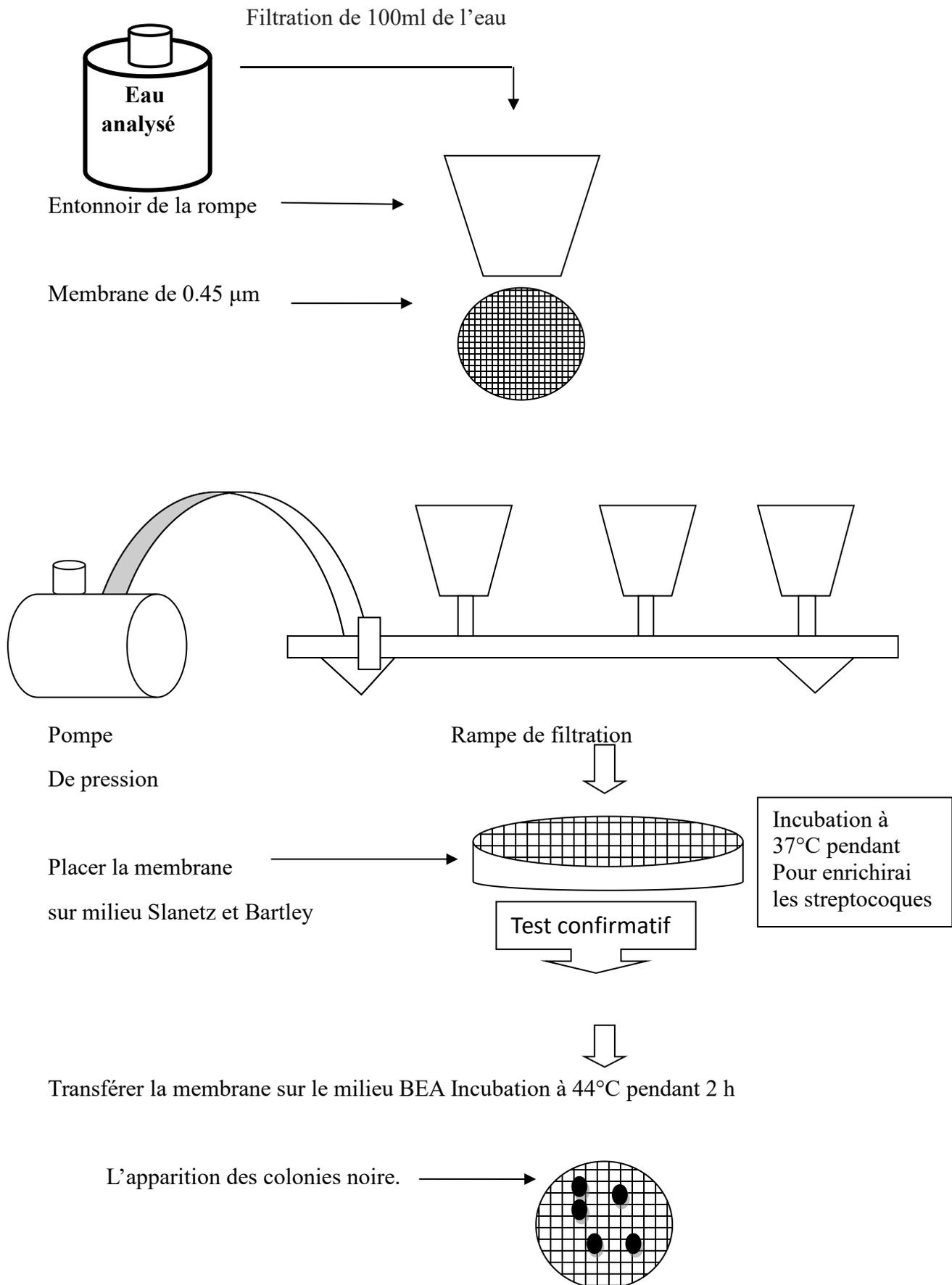


Figure 23: Protocole de recherche des Streptocoques fécaux.

b) Lecture:

Les Streptocoques fécaux se présentent sous forme des petites colonies lisses, légèrement bombées, pigmentées en rouge, marron ou rose (Figure 24).

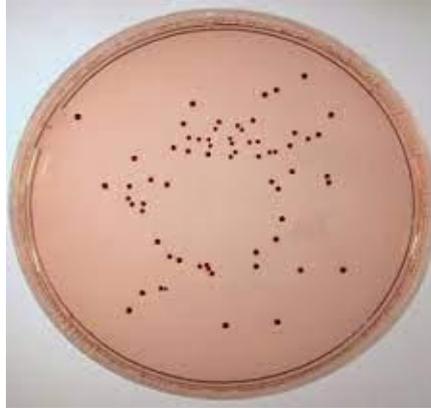


Figure 24: Croissance des Streptocoques sur milieu Slanetz et Bartley.

(Abadlia,2024)

C) Test confirmatif:

- Aseptiquement, transférer la membrane du milieu Slanetz et Bartley sur un milieu solide de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) préalablement préchauffée à 44°C.
- Incuber à 44°C pendant 2 heures.
- Toutes colonies de couleur noire sont considérées comme positives (Figure 25).

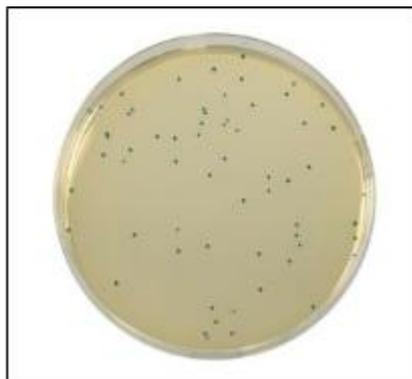


Figure 25: Croissance des Streptocoques sur milieu BEA.

(Abadlia,2024)

II. 4 Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiants (ISO 6222)

a) mode opératoire:

- À partir de l'échantillon d'eau à analyser, déposer 1 ml dans le fond d'une boîte de Petrie vide.
- Ajouter ensuite environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue et refroidie à 45 °C.
- Effectuer des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'eau de se mélanger à la gélose.
- Laisser le milieu reposer quelques minutes sur la paillasse pour qu'il se solidifie. Rajouter ensuite une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.
- Enfin, incuber les boîtes à 37 °C pendant 48 heures (Figure 26).

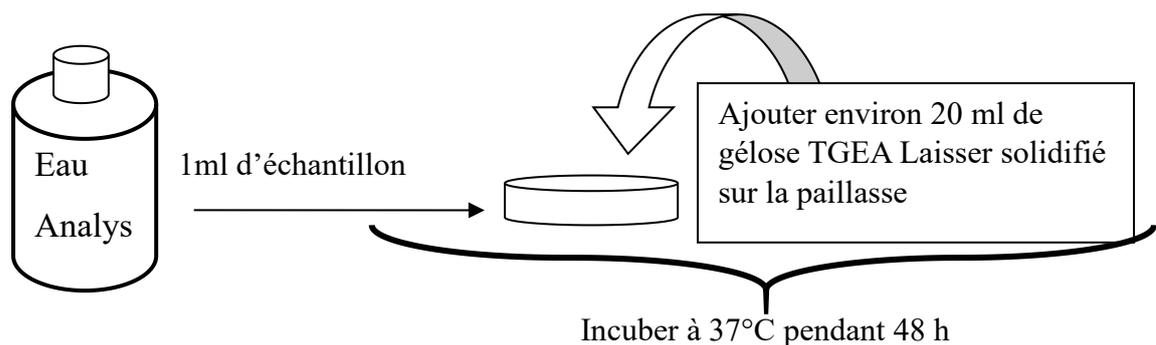


Figure 26: Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiants à 37°C.

b) Lecture :

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie lenticulaire blanche (Figure 27).

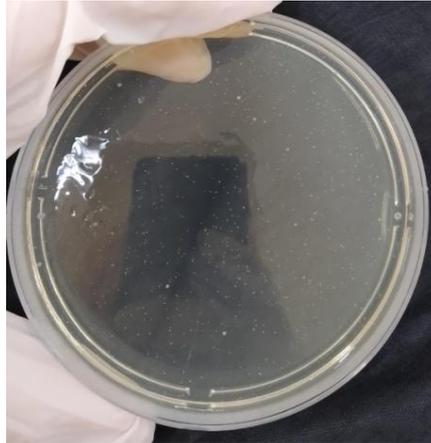


Figure 27: Formation des colonies lenticulaires des micro-organismes revivifiables
(Abadlia,2024)

II.5 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)

a) Mode opératoire:

Après la stérilisation et le refroidissement de l'entonnoir (Figure 28) :

- Placer de manière aseptique une membrane de 0,22 μm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Prélever environ 50 à 100 ml de l'eau à analyser dans un tube stérile, puis chauffer à 80°C pendant 15 minutes pour détruire les formes végétatives.
- Refroidir immédiatement le flacon sous l'eau du robinet après le chauffage.
- Répartir ensuite le contenu de ce flacon dans l'entonnoir.
- Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile.
- Placer la membrane, face vers le haut, au fond d'une boîte de Petrie.
- Verser une quantité de gélose viande foie fondue, puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Laisser solidifier sur une surface horizontale.
- Incuber à 46°C pendant 24 heures.

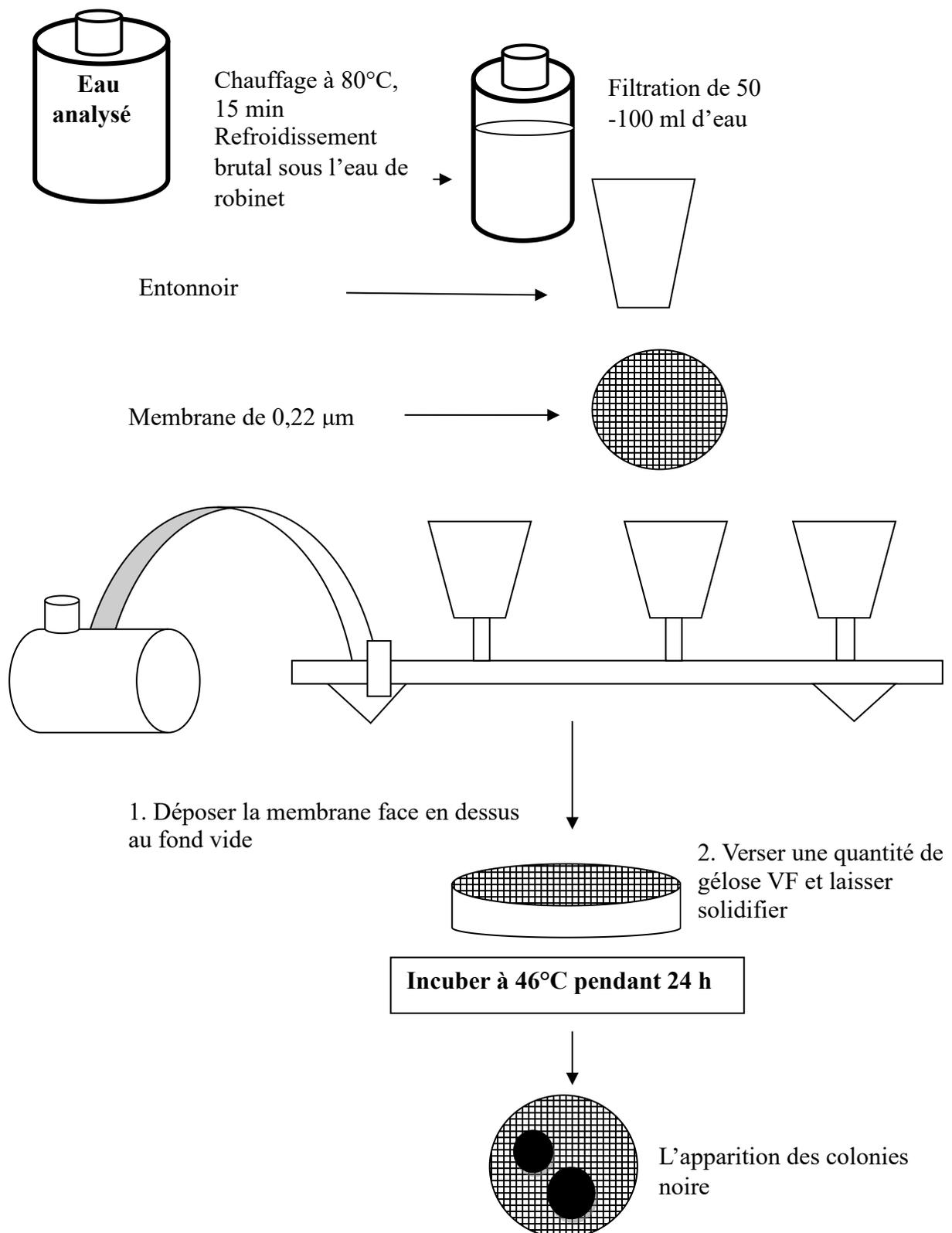


Figure 28: Protocole de recherche des bactéries anaérobies sulfito- réducteurs (ASR).

b) Lecture:

- Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs se présentent sous forme de colonies noires de 0,5 mm de diamètre (Figure 29) (Rodier *et al.*, 2016)



Figure 29: Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (Abadlia,2024)

➤ . Analyses physico-chimiques de l'eau

II .6 Paramètres physiques :

- ❖ la température, TDS (total des solides dissous), la salinité et la Conductivité a été mesurées après le prélèvement à l'aide d'un multi-paramètre de type WTW LF197.

La lecture est effectuée une fois que la valeur est stabilisée sur l'afficheur de l'appareille.

- ❖ La mesure du pH a été réalisée à l'aide d'un pH mètre de type ADWA 1000.
- ❖ la turbidité a été effectuée avec un turbidimètre de type HACH TL2300



Figure 30: les Appareils de mesure des paramètres physiques.(Abadlia,2024)

II. 6.1 Détermination des alcalinités

Principe :

Ces analyses reposent sur la neutralisation d'un volume spécifique d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

A) Titre alcalimétrique simple (TA) :

Mode opératoire :

Pour 100 ml d'eau à analyser, ajoutez 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine. Si une coloration rose apparaît, titrez avec de l'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur disparaisse. Si aucune couleur n'apparaît, cela signifie que le titre alcalimétrique est nul ($\text{pH} < 8.3$ donc $\text{TA} = 0$). Notez le volume versé (VTA).

Expression des résultats :

$$\text{TA} \text{ °f} = V_e$$

V_e : le volume en ml du H_2SO_4 utilisé dans le titrage.

b) Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Mode opératoire :

- A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange à 0.5 %.
- Titrer par l'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orange (Figure 31).



100 ml d'eau à analyser + 2 à 3 gouttes de

Titrer par H_2SO_4 jusqu'au virage rouge orange



Figure 31: Photographie représentant l'analyse du TAC (Abadlia,2024)

Expression des résultats :

$$\text{TAC } ^\circ\text{f} = \text{V titre} - 0.5$$

0,5 : le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur

c) Détermination de (HCO₃) :

La présence de bicarbonates dans l'eau résulte de la dissolution des formations carbonatées telles que le cipolin et le calcaire par des eaux riches en gaz carbonique.

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

$$\begin{aligned} (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} &= V_A \times N_A \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000 / \text{PE} \\ (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} &= V_A \times (N/50) \times 61 \times 1000 / 100 \end{aligned}$$

V_A : volume d'acide versé dans le titrage de TAC.

N_A : normalité de l'acide versé.

M HCO₃⁻ : masse des bicarbonates.

P.E : prise d'essai.

Expression des résultats :

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = \text{TAC } ^\circ\text{f} \times 12,2$$

TAC : Alcalinité totale.

1^{°f} = 10 mg/l.

II. 6.2 Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)**a) Principe :**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau réagissent pour former un complexe de type chélate avec le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetétracétique à un pH de 10.

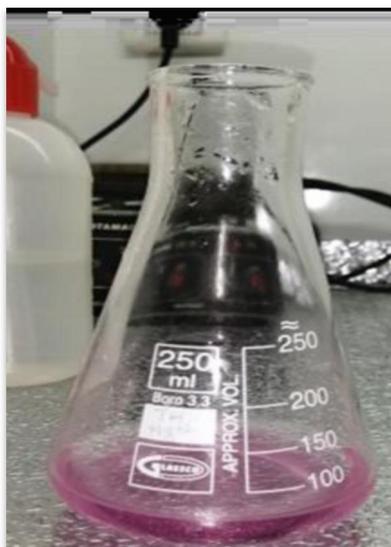
La détection de la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est effectuée par le changement de couleur d'un indicateur spécifique.

Dans un environnement tamponné de manière adéquate pour éviter la précipitation du magnésium, cette méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

b) Mode opératoire :

Prenez un échantillon de 50 ml d'eau à analyser.

- Ajoutez 4 ml de solution tampon NH_4OH et une pincée d'indicateur (le noir ériochrome T), mélangez bien jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rose.
- Titrez immédiatement avec la solution d'EDTA, en ajoutant lentement jusqu'au changement de couleur en bleu. Assurez-vous que la couleur ne change pas avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA (Figure 32).



50 ml d'eau analysé +4 ml
d' NaOH +une pincée de
noire ériochrome T

Titrer immédiatement
Avec l'EDTA
jusqu'au virage au
bleu,

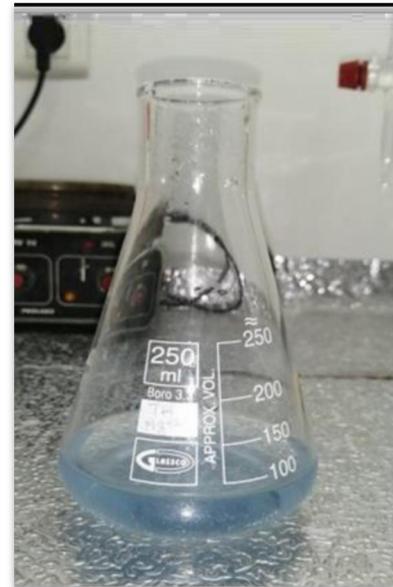
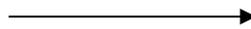


Figure 32: Photographie représente l'analyse de TH.(Abadlia,2024)

c) Expression des résultats :

$$\text{TH (mmol /l)} = V_{\text{EDTA}} \times C_{\text{EDTA}} \times 1000 / \text{PE}$$

TH : dureté exprimée en °f.

V EDTA : volume de la solution titrant.

C EDTA : concentration molaire de la solution d'EDTA.

PE : Prise d'essai.

$$\text{TH (}^{\circ}\text{f)} = \text{TH (mmol/l)} \times 10$$

$1^{\circ}\text{f} = 0,1 \text{ mmol/l}$.

II. 7. Détermination de la matière organique (MO)

a) Principe:

Cette opération implique de mesurer la quantité d'oxygène consommée, à la fois dans un milieu acide et alcalin, lors de la réduction du permanganate de potassium par la matière organique d'origine animale ou végétale présentes dans l'eau.

b) Mode opératoire :

- Introduire dans un erlenmeyer de 250 ml, 100 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique à 50 % et 10 ml de la solution de permanganate de potassium N/80.
- Porter l'échantillon à une ébullition ménagée pendant 10 minutes du moment où les bulles formées augmentent en surface.
- Ajouter ensuite, 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer.
- Prévenir immédiatement à la teinte rose faible.
- Retirer alors le Bêcher de la plaque et le poser sur l'agitateur.
- Titrer pendant que la solution est encore chaude avec la solution de permanganate de potassium N/80 jusqu'à une coloration rose pâle persistante environ 30 secondes.
- Noter le volume V_1 de la solution de permanganate de potassium consommée.
- Faire un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée.
- Noter le volume V_0 de la solution de permanganate consommée (figure 33).



Figure 33: Analyse de la matière organique.(Abadlia,2024)

Expression des résultats :

$$\text{MO mg/L} = \text{le nombre de ml de KMnO}_4$$

II.8. Détermination de résidus secs (RS)

a) Principe:

Une certaine quantité d'eau préalablement bien mélangée est évaporée dans un bécher tarée. Le résidu séché est ensuite pesé.

b) Mode opératoire:

- Tarer un bécher préalablement lavée.
- Rincer avec de l'eau distillée et dessécher à 120°C dans une étuve ou une fourre pasteur.
- Pesé le bécher pour prendre le poids tarée (poids initiale) sur une balance sensible (Figure 34)
- Remplit de 200 ml de l'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures et laisser refroidir pendant 15min au dessiccateur (Figure 35).
- Peser immédiatement et rapidement pour prendre le poids final.



Figure 34: balance sensible(Abadlia,2024)



Figure 35: Dessiccateur

c) résultat :

Une mince couche des sédiments (Figure 36)

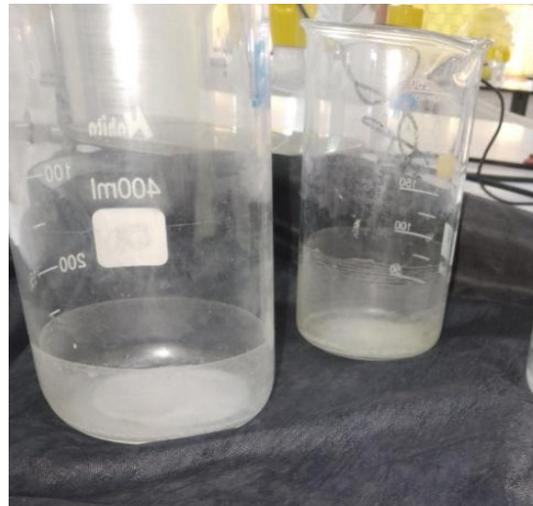


Figure 36: une mince couche des résidus secs
(Abadlia,2024)

Expression des résultats:

Les résultats sont exprimées en mg/l. d'où :

PP : le poids plein du bécher (poids final).

PV : le poids vide du bécher (poids initial).

$$(PP - PV) \times 5 \times 1000 = \mu \text{ mg/l de RS.}$$

II.9. Détermination des matières en suspension (MES)

a) Principe:

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par des poids différentiels.

b) Mode opératoire:

- Desséchée les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 min.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur et ensuite les peser : soit P1 = poids des membranes avant filtration
- Placer les membranes dans la rampe de filtration sous vide (Figure 37) et faire passer 200 ml D'eau à analyser à travers.
- Sécher les membranes dans l'étuve à 105°C pendant 20min.
- A fin de dessèchement laisser les refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois. Soit P2 =poids des membranes après filtration.



Figure 37: rampe de filtration sous vide(Abadlia,2024)

Expression des résultats :

$$\text{M.E.S (mg/l)} = (P2 - P1) \times 5 \times 1000$$

II.10. Dosage de chlorure (Cl^-)

a) Principe:

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la -teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

b) Mode opératoire:

- Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer.
- Vérifier à la phénolphaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur.
- Ajouter 1 ml de chromate de potassium.
- Titré par l' $AgNO_3$ jusqu'au virage à la couleur rouge âtre (Figure 38).
- Noter le volume versé $V(AgNO_3)$ ml.

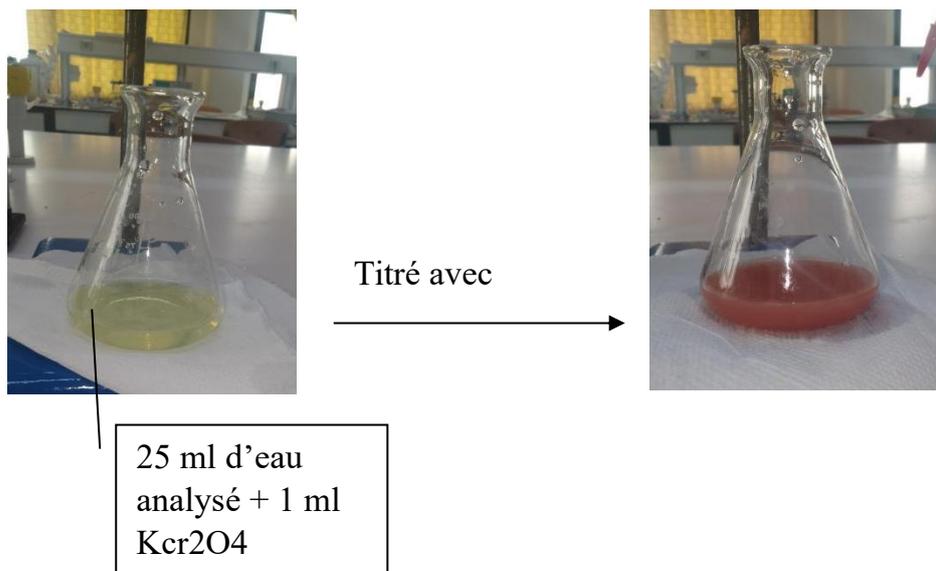


Figure 38: Dosage du Chlorure (Abadlia,2024)

Expression des résultats

$$Cl^-(mg / l) = V AgNO_3 \times 142$$

II.11. Dosage du calcium (Ca) (ISO 6058 (F), 1984)

a) Principe:

Le principe est le même que celui de la méthode complexométrique décrite pour la détermination de la dureté totale. À un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et ne joue aucun rôle dans le dosage. En outre, l'indicateur sélectionné ne réagit qu'avec le calcium.

b) Mode opératoire:

- Versé 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium et une pincée d'indicateur coloré (Murexide), agité bien le mélange.
- Titrer lentement avec la solution d'EDTA, jusqu'au virage de la couleur rose au violet.
- Noter V1 le volume de la solution d'EDTA titrant.

Expression des résultats:

$$\text{Ca}^{2+} (\text{Mg} \setminus l) = \frac{V1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}}}{PE} \times 1000$$

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

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

$M_{\text{Ca}^{2+}}$: masse molaire du calcium en g.

PE : prise d'essai.

F : facteur de dilution.

II.12. Dosage du magnésium (Mg^{2+}) (ISO 6058 (F), 1984)

a) Principe:

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide et de éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) à pH10.

Le noir ériochrome T, c'est indicateur donne un virage de couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

b) Mode opératoire :

- Versé 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution de NH₄OH.
- Une pincée de noir ériochrome T.
- Titré avec l'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu V2.

Expression des résultats:

$$\text{(Mg}^{2+}\text{) mg/l} = \frac{V2 - V1 \times C_{EDTA} \times F \times M \text{ (Mg}^{2+}\text{)}}{P.E}$$

V2 : Volume titré du calcium et du magnésium.

V1: Volume titré de calcium.

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

MMg²⁺ : Masse molaire du magnésium en g.

P.E : volume de l'échantillon.

F : Facteur de dilution.

II. 13. Dosage du fer (Fe²⁺) (ISO 6332)**a) Principe :**

Le complexe fer (II)- phénanthroline -1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer (II) présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

b) Mode opératoire :

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, ajouter 1 ml d'une solution de chlorhydrate hydroxylamine, agité bien le mélange.
- Ajouter 2 ml de solution tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2 ml de la solution phénanthroline -1,10. Compléter à 50 ml avec l'eau analysé puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 min.
- Enfin, diriger l'échantillon vers le spectrophotomètre (Figure 39) pour des mesures à $\lambda = 510$ nm.



Figure 39: Spectrophotomètre (Abadlia,2024)

II. 14. Dosage des sulfates (SO_4) (NF ISO 22743)

a) Principe :

Les ions sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique et pesés à l'état de sulfates de baryum.

b) Mode opératoire :

- Remplir une fiole avec 20 ml d'eau analysé et compléter à 100 ml avec l'eau distillée..
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Verser 2 ml de chlorure de baryum, Agiter énergiquement pendant 1 min.
- Passer au spectrophotomètre UV-visible et faites des mesures à $\lambda = 420$ nm.

Le résultat est donné en mg /l.

11.15. Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) (ISO 6878)

a) Principe :

- Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.
- Réduction par l'acide Ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux Valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

b) Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif- mélange et attendre 10 min, l'apparition de la coloration Bleue indique la présence des phosphates.
- Faire la lecture à l'aide du spectrophotomètre UV-visible à 700 ou 880 nm.

Le résultat est en mg/l.

II. 16. Dosage de l'ammonium (NH₄⁺) (ISO 7150/1, 1984 (F))

a) Principe :

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium.

b) Mode opératoire :

- Versé 40 ml d'échantillon d'eau à analyser, dans une fiole de 50 ml ajouter 4 ml du Réactif coloré homogénéisé (réactif I) puis ajouter 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium (réactif II) et homogénéisé.
- remplit la fiole jusqu'au trait de jauge.
- Attendre 1h30min pour le changement à la couleur verte qui indique la présence de l'ion ammonium.(Figure 40)
- Effectuer les mesures spectrophotométriques UV-visible à 655 nm.

Le résultat est donné en mg/l.



Figure 40: analyse de l'ammonium (Abadlia,2024)

II. 17. Dosage des nitrates (NO₃⁻) par la méthode au salicylate de sodium

a) Principe :

Les nitrates réagissent pour former du paranitrosnylate de sodium, qui prend une couleur jaune et peut être dosé par une méthode colorimétrique en présence de salicylate de sodium.

b) Mode opératoire :

- Remplit un fiole avec 10 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %, 1 ml de salicylate de sodium.
 - Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve (75-88°C) (ne pas surcharger ou surchauffer
Très longtemps). Laisser refroidir.
 - Reprendre le résidu avec de 2ml d'H₂SO₄, Laisser reposer 10 min.
 - Ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
 - Faire la lecture au spectrophotomètre UV-visible à une longueur d'onde de 415 nm.
- Le résultat est donné en mg/l.

II. 18. Dosage du sodium et de potassium**a) principe :**

Le sodium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie de flamme. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie à flamme (Figure 41) (Rodier *et al.*, 1984).



Figure 41: Spectrophotomètre à flamme de type (LANGE GENWAY).

(Abadlia,2024)



Chapitre IV
Résultats et
discussion

I. Résultats de l'analyse bactériologique

I.1 Test DPD (mesure de désinfectant)

Le Chlore est l'un des désinfectants le plus utilisé pour la désinfection de l'eau, il est facilement applicable et très efficace contre la désactivation des microorganismes pathogènes dans l'eau destinée à la consommation humaine (Sletten.O,1974).

Selon notre résultats (Figure 42) la concentration du désinfectant chlore dans l'eau sort de station de traitement qui varie entre 0.9et 0.4 mg/l et n'existe jamais dans les eaux brutes tel que les sources et le barrage. D'autre part l'eau de forage contienne une concentration de désinfectant varie entre 0.3 et 0.1mg/l.

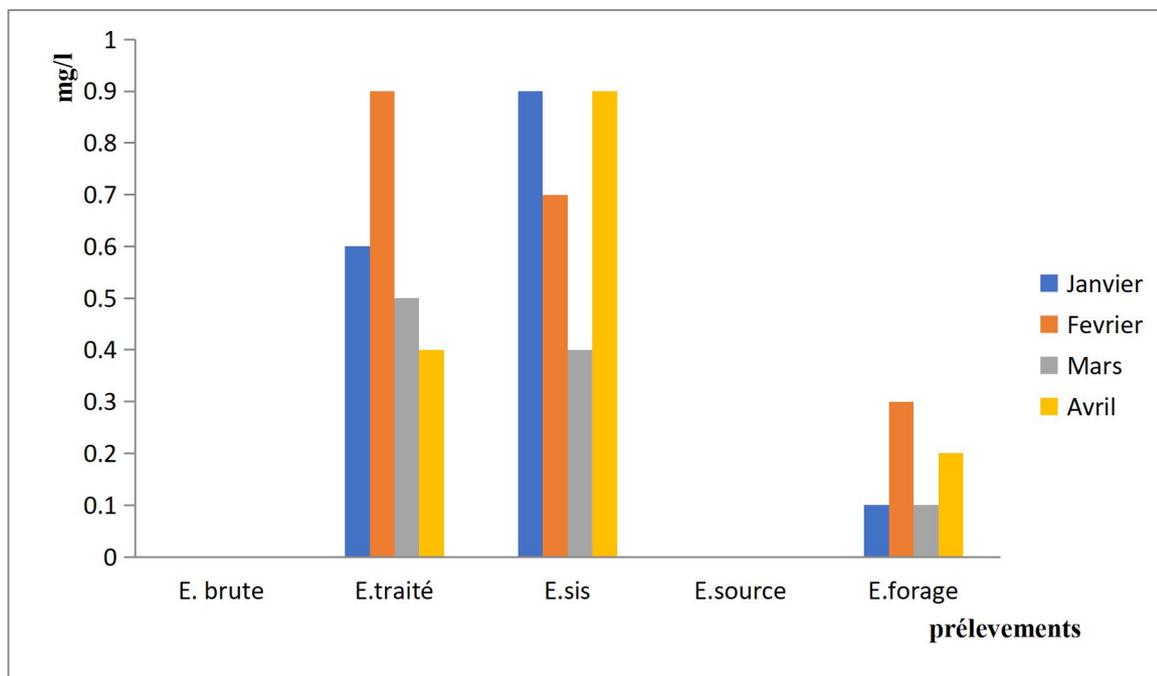


Figure 42: Variation de désinfectant dans les eaux analysées (Janvier –Avril 2024).

(Abadlia,2024)

I.2. Germes totaux

Il semble que les résultats du comptage des germes montrent que la concentration bactérienne est généralement inférieure à 50 UFC/ml dans la plupart des stations examinées (Figure 43). Cependant, il est préoccupant de constater que dans l'eau brute du monobloc du barrage avec des valeurs dépassant la norme de potabilité recommandée par l'OMS en 2011, qui est de 100 UFC/ml.

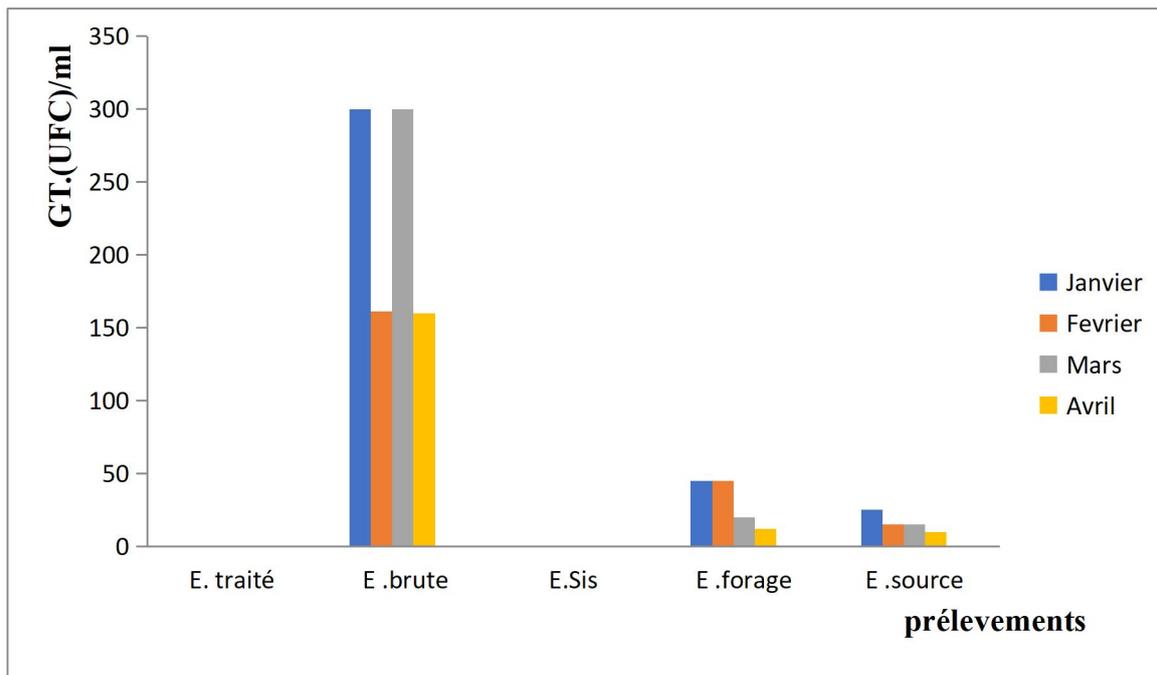


Figure 43: Variation des germes totaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

Effectivement, même si ces micro-organismes n'ont pas d'impact sanitaire direct, ils peuvent entraîner des complications dans le système de dialyse sous certaines conditions. Une concentration élevée des germes totaux peut provoquer des problèmes d'ordre organoleptique, c'est-à-dire des altérations de la qualité perçue de l'eau, comme des changements de goût ou d'odeur, ce qui peut être indésirable pour les patients sous dialyse (El Haissoufi et *al.*, 2011). Par conséquent, il est important de surveiller de près la qualité de l'eau et de prendre des mesures pour maintenir des niveaux acceptables de germes afin de garantir la sécurité et le confort des patients (Savary, 2010).

I.3. Coliformes totaux

D'après les données présentées dans la figure 44, il est observé que seul le monobloc dépasse le seuil établi par l'OMS, atteignant une charge estimée à 370 UFC/ml cette charge dépasse les normes d'OMS (1ufc/ml). La présence d'un nombre significatif de coliformes totaux indique une contamination fécale, résultant de diverses sources telles que l'exposition directe aux eaux de ruissellement qui contiennent une concentration élevée de germes terrestres (Aouissi, 2010).

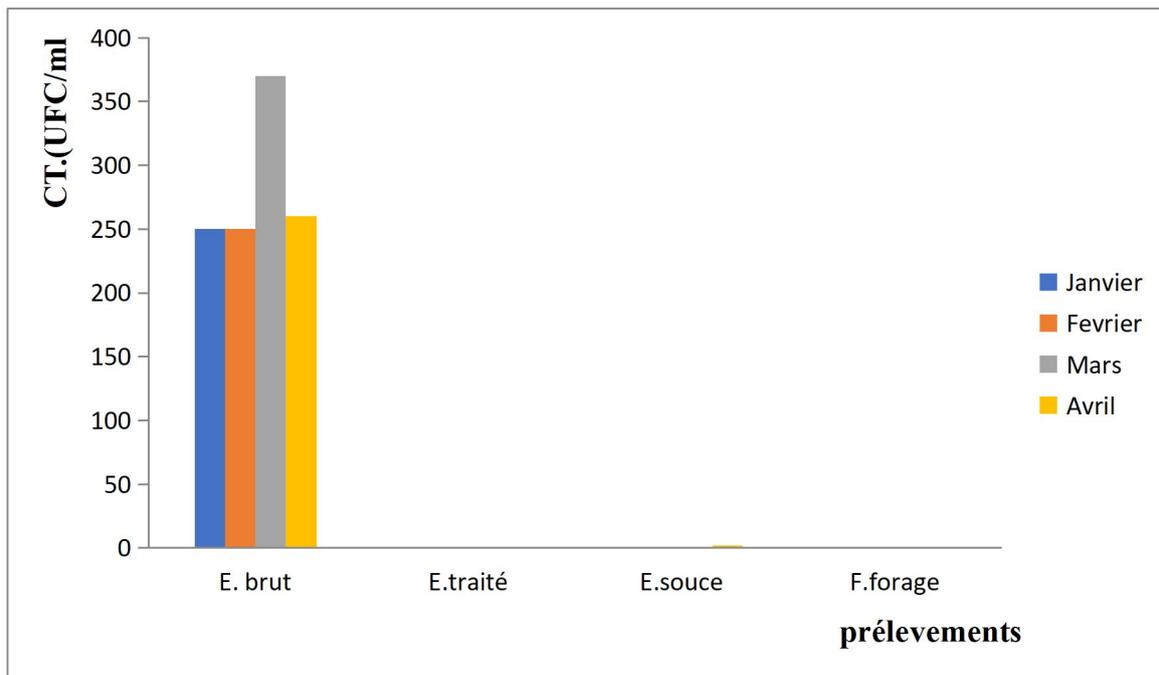


Figure 44: Variation des coliformes totaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril2024).

(Abadlia,2024)

I.4. Coliformes fécaux

Absolument, la présence de coliformes fécaux dans l'eau témoigne d'une contamination d'origine fécale. Cela peut indiquer la présence potentielle de micro-organismes entéropathogènes tels que les salmonelles, qui sont des agents pathogènes couramment associés à des maladies d'origine hydrique (Amaramadi et Touati, 2013). La détection de coliformes fécaux dans l'eau nécessite une attention particulière, car elle suggère un risque accru pour la santé publique. Des mesures appropriées doivent être prises pour éliminer cette contamination et assurer la sécurité de l'eau pour la consommation humaine. (Chevalier, 2003).

Nos résultats montrent la présence de ces germes dans l'eau brute du monobloc de barrage, cette infection peut être causé par les rejets urbanisai dans le barrage (Figure 45).

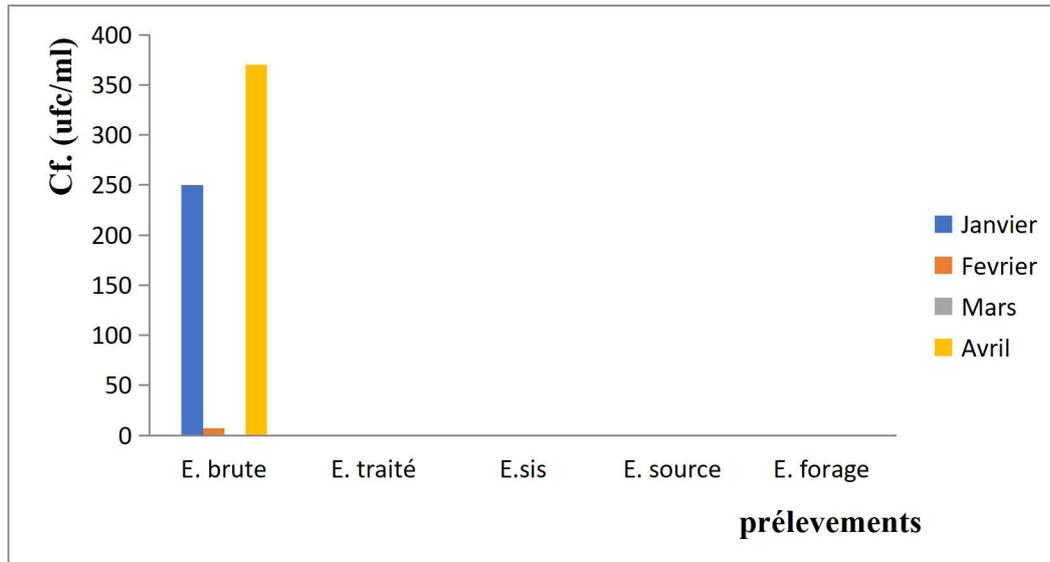


Figure 45: Variation des coliformes fécaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

I.5. Streptocoques fécaux

Les SF sont des importants indicateurs de contamination fécale récente, leur présence doit s’accompagner de la présence des coliformes fécaux (Abda, 2014).

Le présent travail montre clairement la présence de ces micro-organismes dans l’eau brute du monobloc de barrage avec une charge de 295 ufc/ml qui dépasse les normes de potabilité de l’OMS (1ufc/ml) (Figure 46).

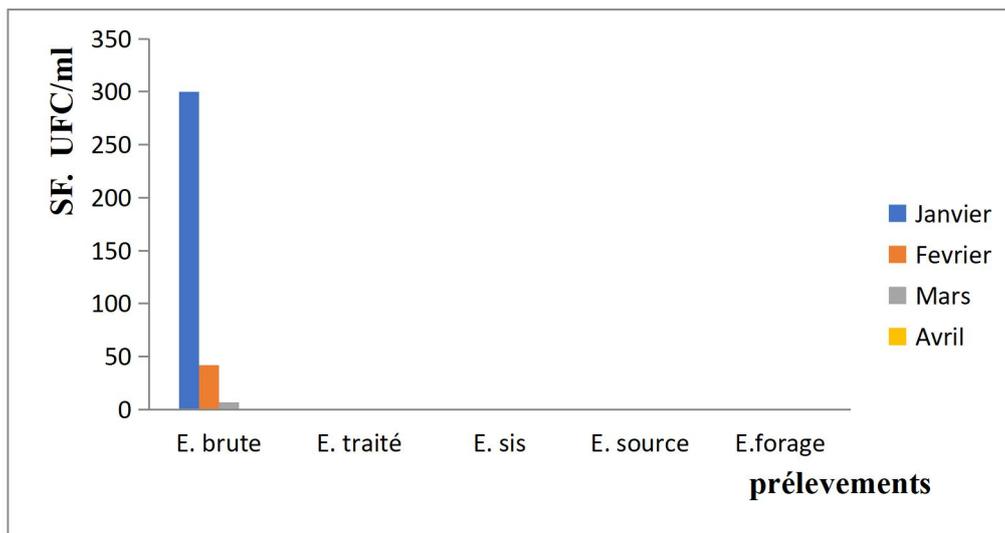


Figure 46: Variation des streptocoques fécaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

I.6. Les anaérobies sulfito-réducteurs(ARS)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sont considérées comme des indicateurs de contamination fécale ancienne. Les ASR sont difficilement traité par rapport aux coliformes par la désinfection, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité des traitements (**Hamed et al., 2012**).

Les résultats obtenus montrent la présence de ces germes les échantillons analysés du monobloc du barrage (Figure 47), ce qui répond à la norme de potabilité établit par l'OMS. Selon (**Gueroui, 2015**) l'absence des ASR est un indicateur significatif d'efficacité de la filtration naturelle.

La présence des CF et SF et les ASR confirment que l'eau de barrage étudié a une mauvaise qualité.

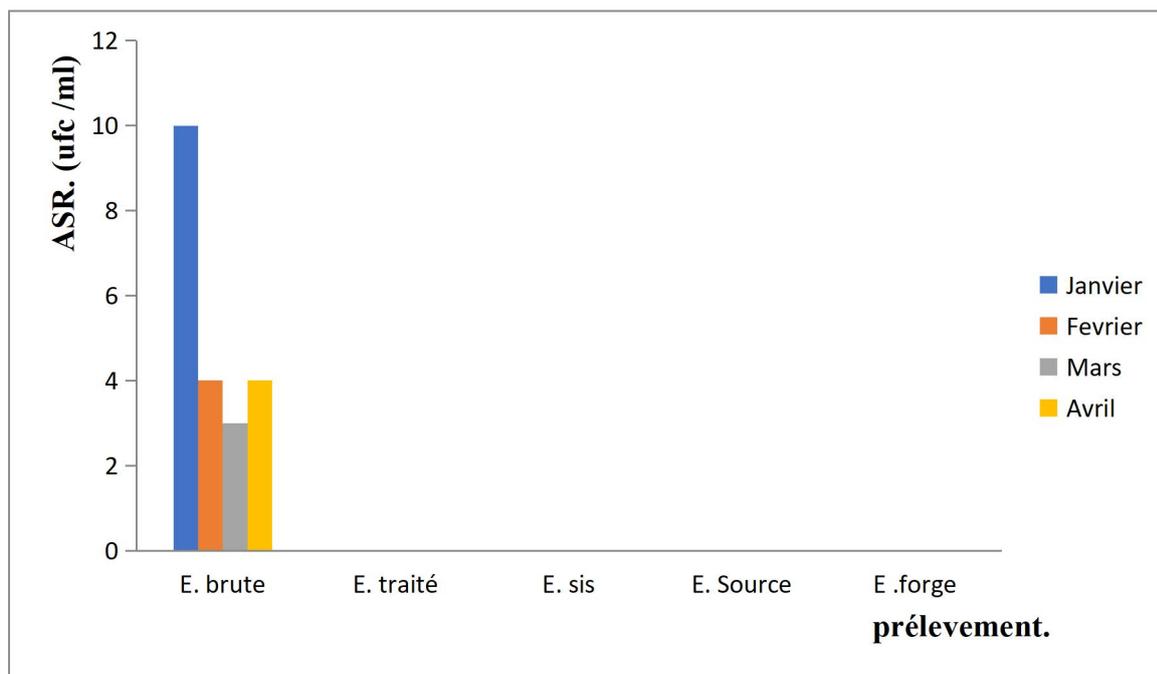


Figure 47: Variation Les anaérobies sulfito-réducteurs des dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024)(**Abadlia,2024**).

Les résultats obtenus montrent une absence totale de ces germes dans les échantillons analysés exploité par l'AEP, ce qui répond à la norme de potabilité établit par l'OMS (1uc/ml) (**Gueroui, 2015**). L'absence des ASR peut constituer un signe d'efficacité de la filtration naturelle dans les eaux de sources et des forages, et un bon

traitement des eaux station de traitement aussi la bon filtration naturel des eaux de sources et des forages.

II. Résultats de l'analyse physico-chimique

II.1 Température (°C)

La température de l'eau est un paramètre très important pour les eaux potables, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et le développement des algues dans l'eau.

Elle varie de 6 à 15.5°C comme valeur maximale (figure 48), Tous les résultats enregistrés montrent des valeurs inférieures à la norme de potabilité exigée par l'OMS (2011) (Max 25°C). Ces température sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée (**Aouissi et Houhamdi, 2010**).

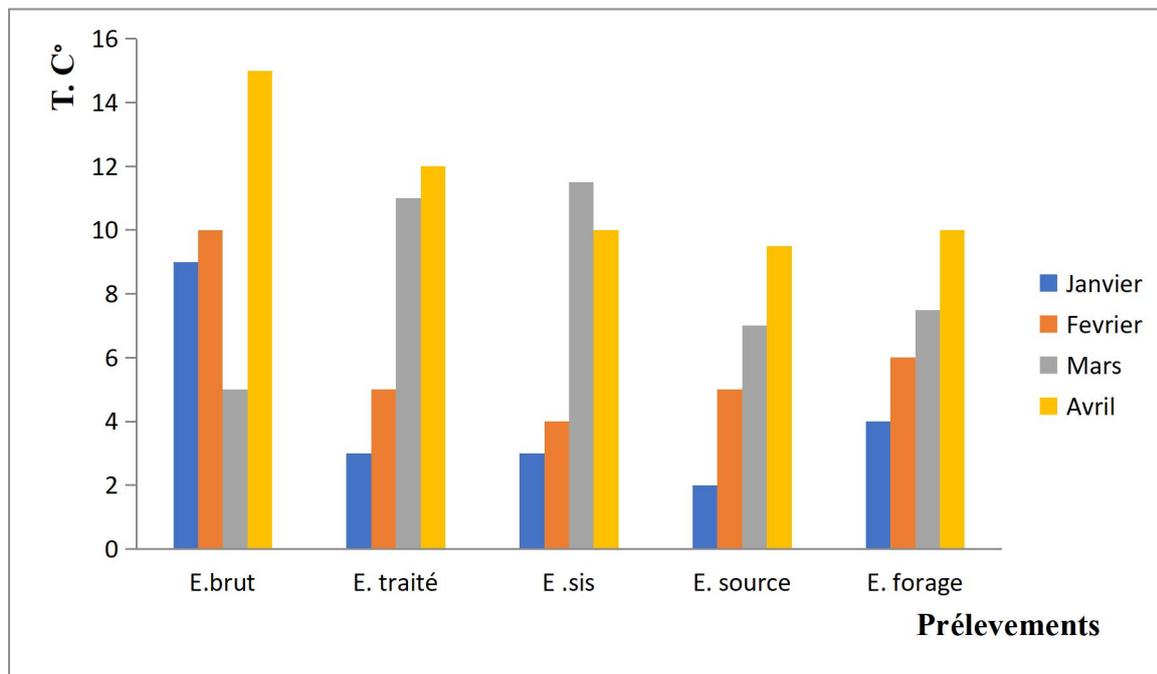


Figure 48: Variation de la température dans les eaux analysées
(Janvier-Avril 2024)(**Abadlia,2024**).

II.2. Potentiel hydrique

Les valeurs de pH varient entre 7.4et 8,93 (Figure.49), ces valeurs restent aux dessous des normes fixées par l'OMS (2011).

Ce paramètre représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. Provoquant des variations importantes du pH (**Allaoua, 2016**).

Les résultats de (**Badaoui *et al.*, 2019**) relevés des eaux exploitées de la wilaya de Brouira montrent des valeurs proches de nos valeurs.

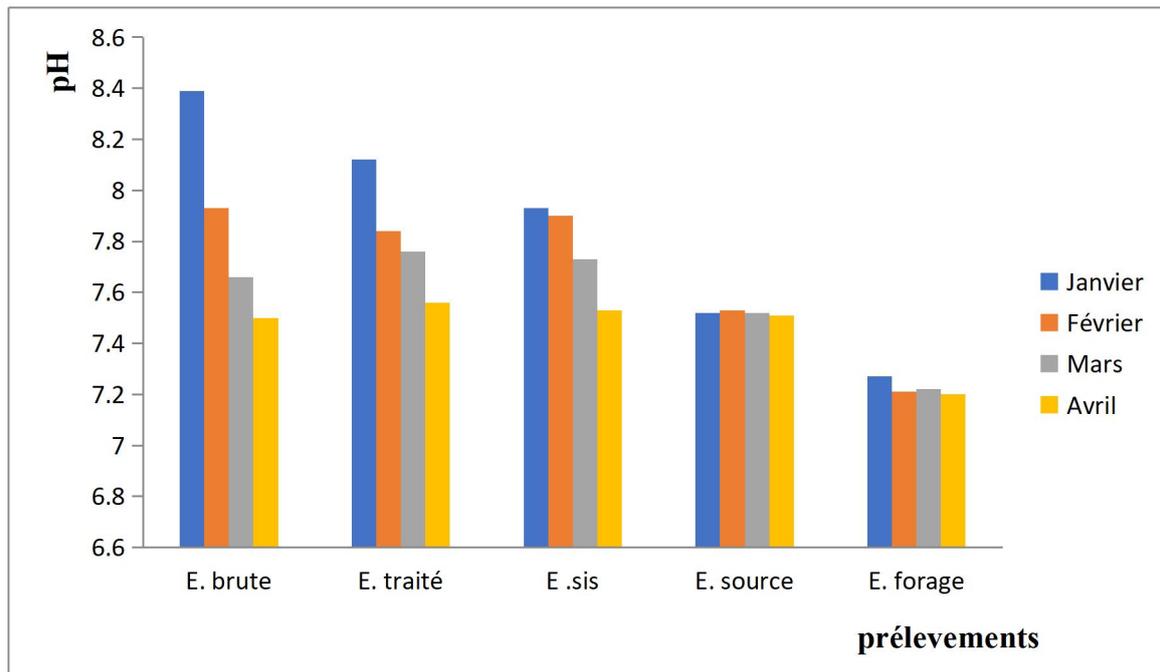


Figure 49: Variation du pH dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(**Abadlia,2024**)

II.3.Taux des sels dissous (TDS)

Nos résultats relatifs à ce paramètre montrent des valeurs qui varient entre 220 et 350 mg/l. ces concentrations dépassent la norme OMS (2011) fixée à 1000 mg/l (Figure 50). Sa concentration dépend du climat, de la roche hôte et de la durée de contact de l'eau souterraine dans la matrice géologique (**Vincent *et al.*, 2009**).

Le total des solides dissous (TDS) reflète de l'ensemble des sels inorganiques dans l'eau (calcium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonates, chlorures, et sulfates (**Bougasmi ,2020**).

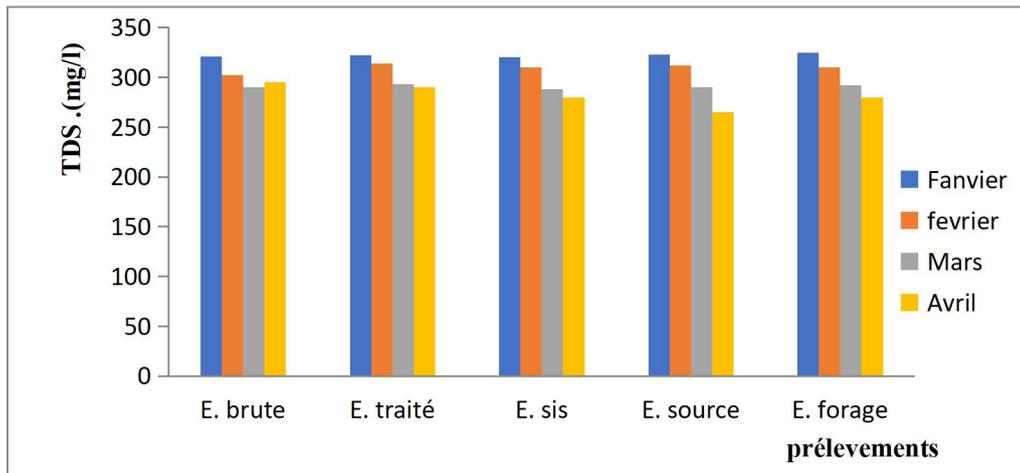


Figure 50: Variation de la TDS dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

II.4. Salinité

D’après la présentation graphique ci-dessous (Figure 51), on remarque que les résultats enregistrés sont inférieur à la valeur guide préconisée par l’OMS (2011) fixée à 1 mg/l.

La salinité reflète de l’ensemble des sels (NaCl) des eaux ou des sols (Ramade, 2002).

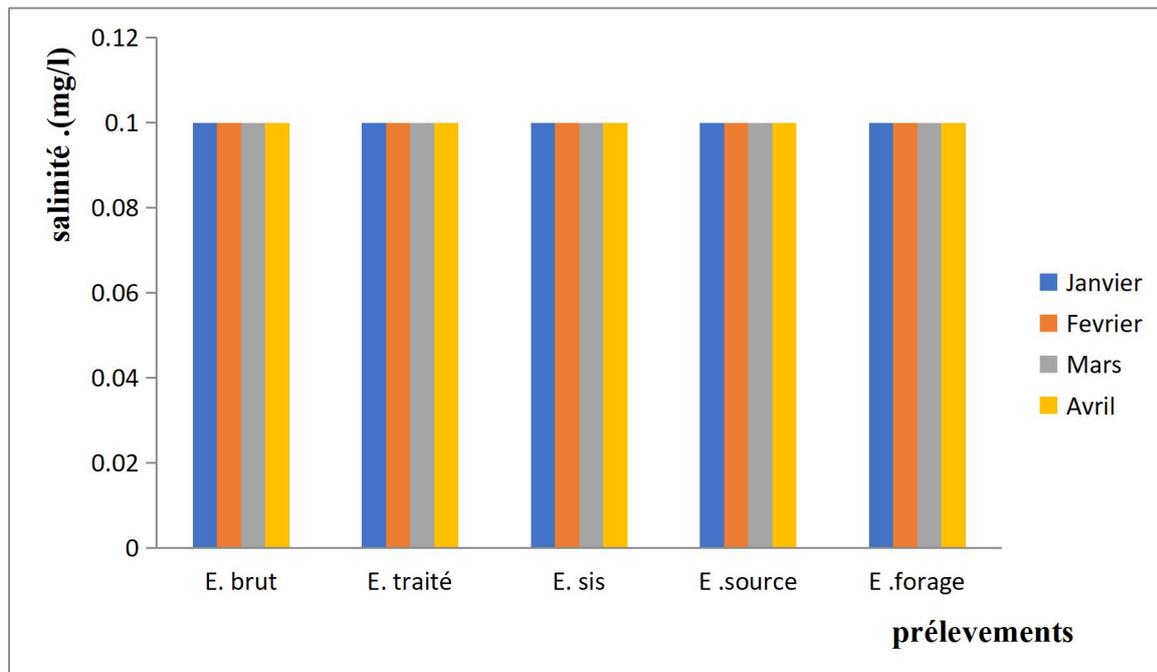


Figure 51: Variation de la salinité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).(Abadlia,2024)

II.5. Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc elle renseigne sur le degré de sa minéralisation (**Hamada et Salah Salah, 2012**).

Les valeurs enregistrées varient de 505 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 595 $\mu\text{s}/\text{cm}$, le minimum étant enregistrées dans l'eau de source et le maximum au niveau de l'eau de forage (Figure 52). En se basant sur les normes admissibles par l'OMS (2011).

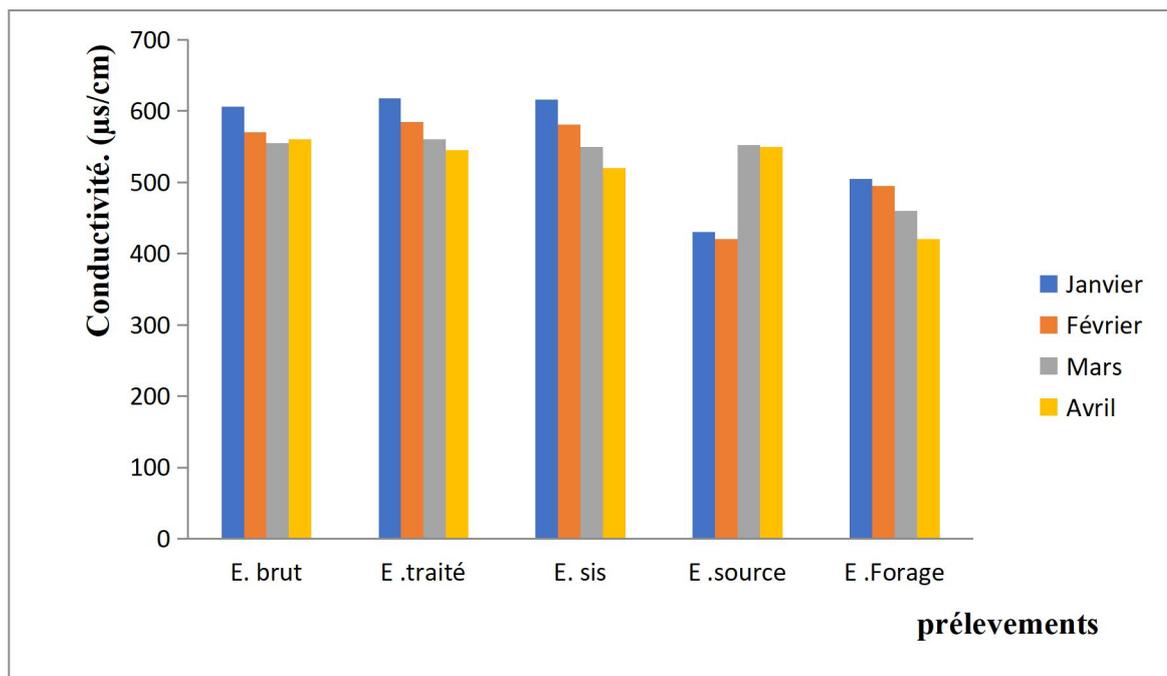


Figure 52: Variation de la conductivité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

I.6. Turbidité

La turbidité permet de préciser les informations visuelles de l'eau (trouble ou limpide). Elle indique la présence des particules en suspension dans l'eau (**Attig et Bernou 2020**). Nos résultats (Figure 53) montrent que l'eau de forage, l'eau de source et les eaux traitées qui sont destinée à a consommation humaine sont de bonne qualité, répondant à la norme exigée par l'OMS (2011).

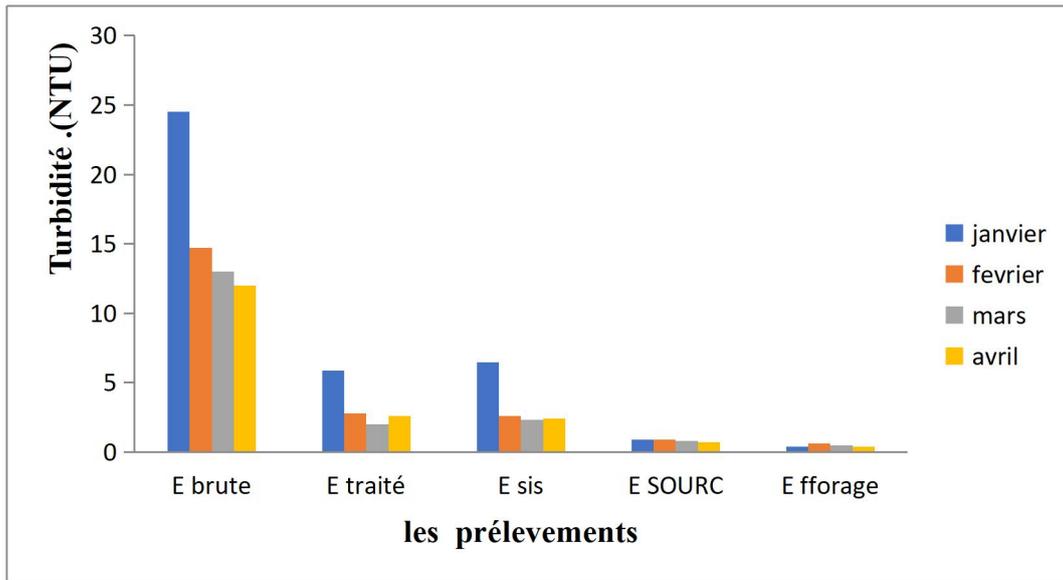


Figure 53: Variation de la turbidité dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024)
(Abadlia,2024)

II.7. Alcalinité

Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) traduisent l'alcalinité d'une eau ce qui explique que les alcalins libres (OH-) et les carbonates (CO₃) existent dans l'eau en quantité négligeable (Monod, 1989).

Dans notre résultats il ya un manque titre alcalimétrique (TA). Parailleurs, les teneurs du TAC variant de 29.7 à 8.6 °f dont la valeur maximale est enregistrée au niveau du monobloc de barrage (Figure 54).

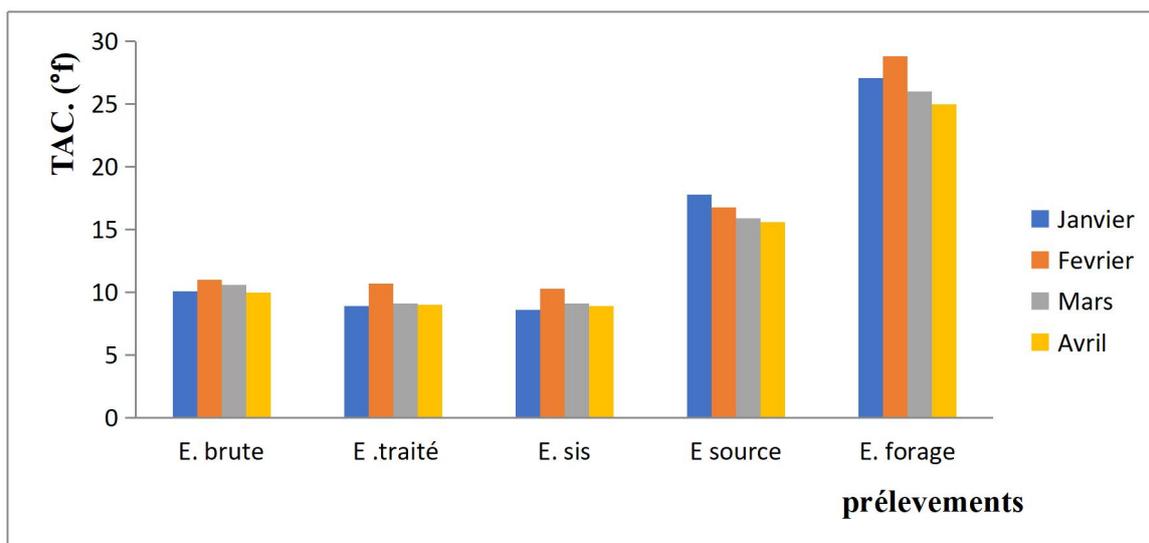


Figure 54: Variation du TAC dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).
(Abadlia,2024)

II.8. Bicarbonates

Les concentrations en bicarbonates des eaux étudiées (Figure 55) varient généralement entre un minimum de 104,92 mg/l et un maximum de 330,6 et 104,92 mg/l.

Les valeurs élevées dans l'eau de forage et de source sont dues vraisemblablement à la circulation de ces eaux dans le réservoir aquifère de nature calcaro-dolomitique, (Nouayti et al. 2015).

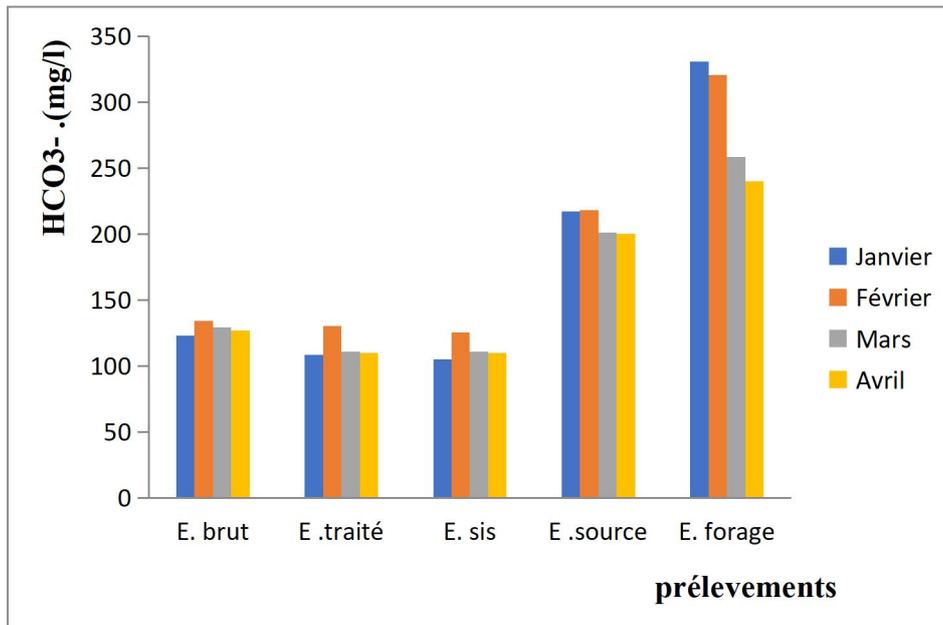


Figure 55: Variation de bicarbonates dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

I.9. Dureté totale

La dureté de l'eau est proportionnelle à sa teneur en calcaire et en magnésium et se mesure par le titre hydrotimétrique (TH). L'eau souterraine est généralement plus dure qu'une eau de surface .L'origine de la dureté d'une eau peut être liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium (Ghazali et Zaid 2013).

L'ensemble de résultats enregistrés montrent des valeurs supérieures à la norme exigée par l'OMS (2011) (20°f) (Figure 56).

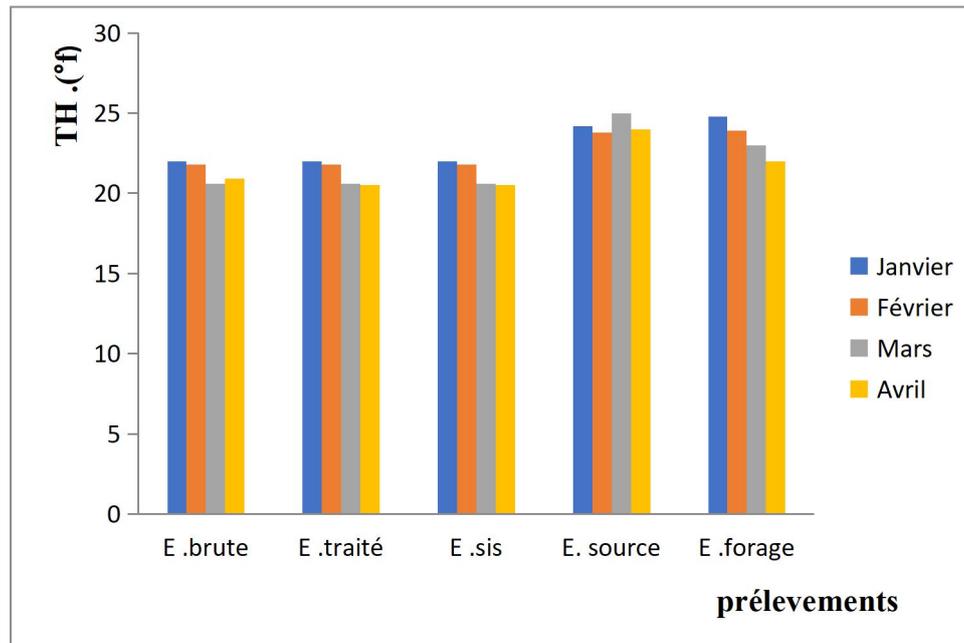


Figure 56: Variation du titre hydrotimétrique dans les eaux Analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)

II.10. Matière organique

Les données de la figure 57 montrent que les niveaux de matières organiques varient entre 0 et 3,9 mg/l qui sont inférieurs à la norme de potabilité de l'OMS (2011) qui est fixée à 5mg/l. La présence de matière organique est importante pour évaluer les concentrations de substances oxydables et peut servir d'indicateur de la qualité de l'eau en raison de sa nature réactive et volatile (Benkaddour, 2018).

Des concentrations élevées peuvent résulter de la décomposition d'origine animale ou végétale, influencée par l'activité des micro-organismes. (Vilaginès, 2010).

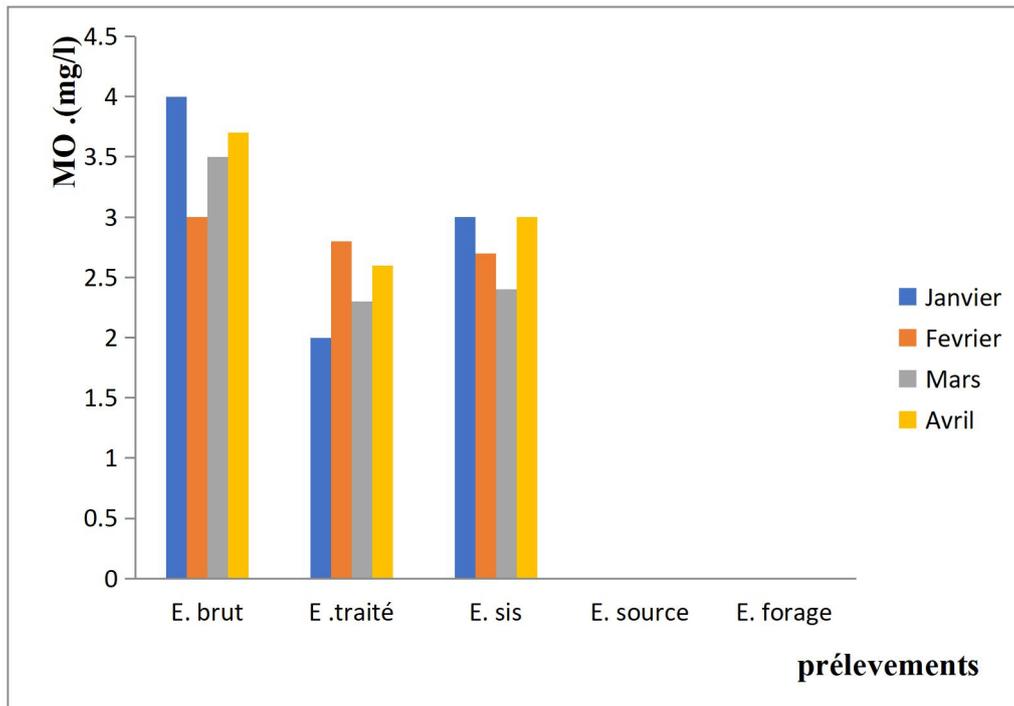


Figure 57: Variation de la matière organique dans les eaux analysées (Janvier-avril 2024).

(Abadlia,2024)

II.11. Résidu sec

Les résidus secs reflètent la quantité de matière dissoute dans l'eau, ce qui peut influencer sa saveur et permettre d'évaluer sa minéralisation.

Habituellement, la minéralisation est plus prononcée dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface (Bessaklia et Gheraba ,2012). Les résultats de la figure 58 indiquent que les valeurs de ce paramètre varient de 303 mg/l (au minimum au point de la source) à 512 mg/l (maximum au point du monobloc de barrage) .Les concentrations élevées en résidus secs semblent être associées au contact des eaux avec les roches sédimentaires. (Savary, 2010).

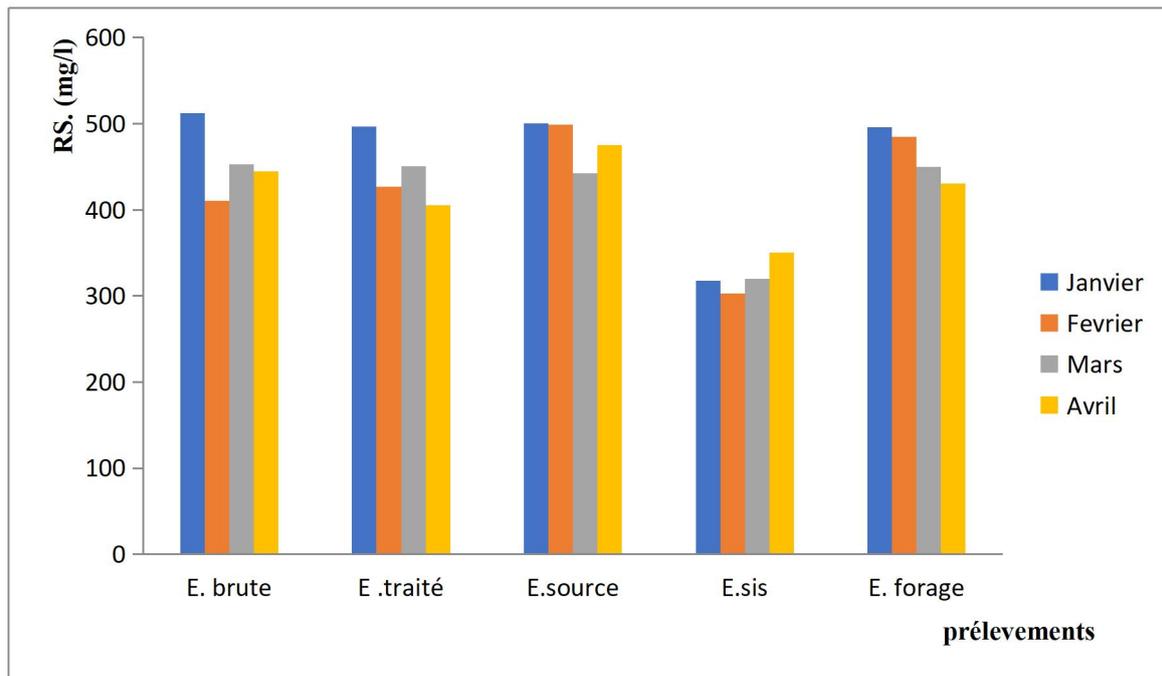


Figure 58: Variation des résidus secs dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024)(Abadlia,2024)

II.12. Matière en suspension

Les résultats de la figure 59 mettent en évidence une absence totale de matières en suspension dans l'eau de source, par contre les concentrations en matières en suspension varient entre 0 et 11 mg/l dans les autres stations. Les niveaux élevés de ces substances dans l'eau pourraient être expliqués par les caractéristiques des sols traversés, les variations saisonnières et les précipitations, (Savary, 2010).

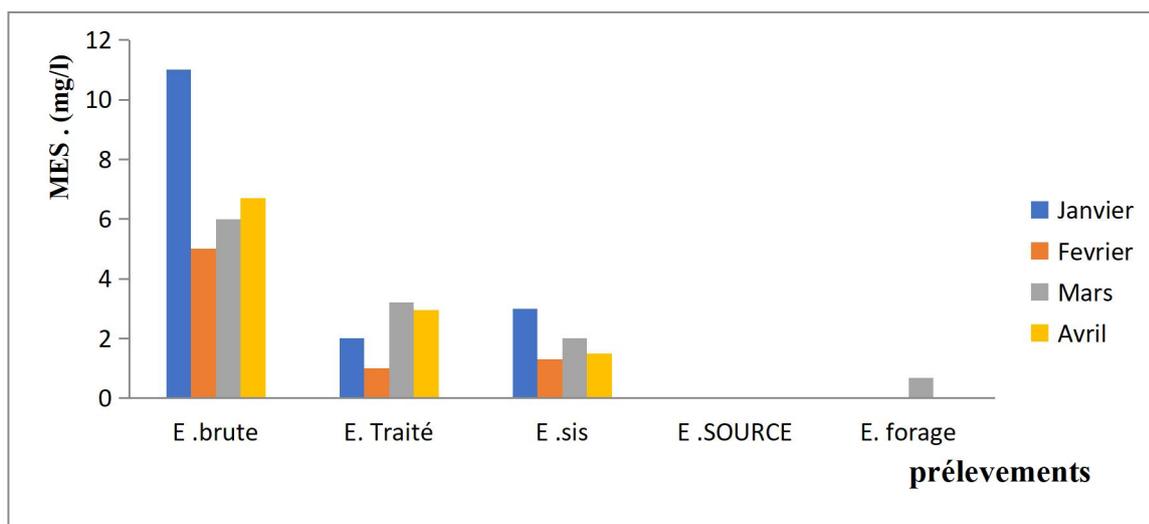


Figure 59: Variation de la matière en suspension dans les eaux analysées(Abadlia,2024)

(Janvier- Avril 2024).

II.13.Calcium

Le calcium est souvent présente en quantité dans les eaux potables, sa concentration varie en fonction la nature des régions traversés et des minéraux présents dans le sol comme la calcite et le gypse, qui peuvent se dissoudre dans l'eau et enrichir sa teneur. (Nouayti *et al.*, 2015).

Les teneurs en calcium des eaux étudiés (Figure 60) varient de 85.70mg/l à 53.2mg/l les eaux échantillonnés contiennent des concentrations inferieures à la valeur admissible par l'OMS (2011) et qui est fixée à 200 mg/l.

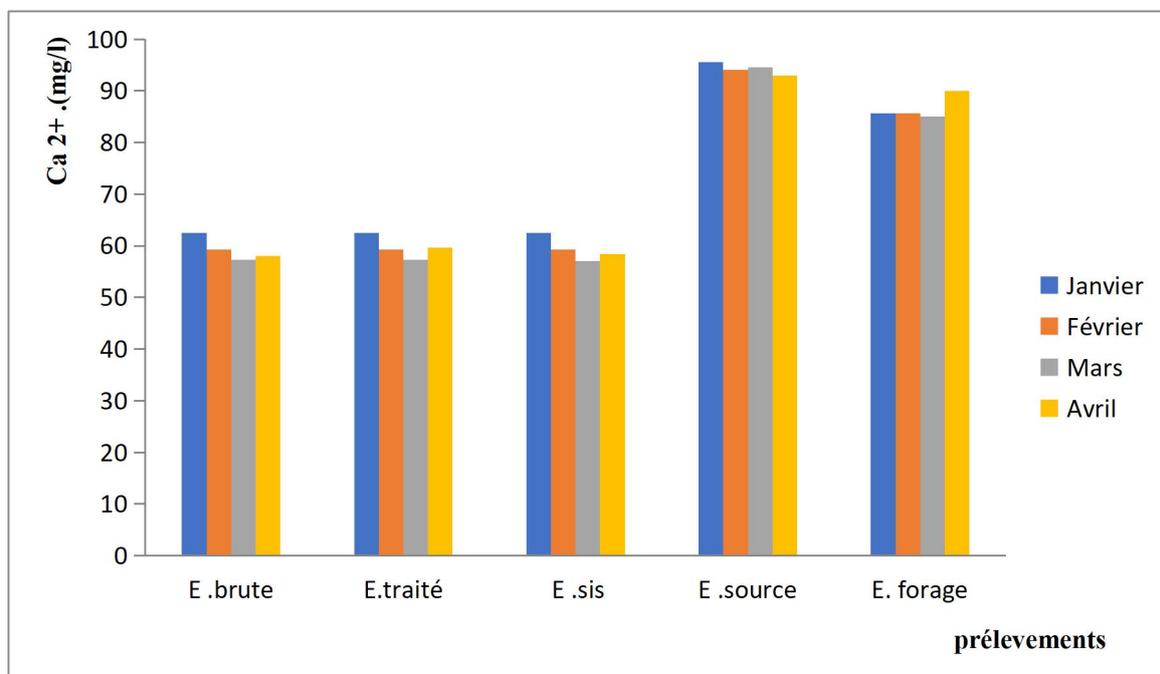


Figure 60: Variation du calcium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).(Abadlia,2024)

II.14. Magnésium

Le magnésium est contrairement au calcium, il joue un rôle dans la dureté de l'eau et est généralement présente en faible quantité dans la plupart des eaux naturelles, sa concentration souvent associée à l'interaction des eaux avec les roches calcaires, dolomitiques, magnésites, basaltes et argiles (Nouayti *et al.* 2015).

La concentration en magnésium varie entre un minimum de 2.43mg/l dans l'eau de source et un maximum de 17.01mg/l dans l'eau de barrage. Touts ces échantillons

ayant des concentrations ne dépassent la norme OMS (2011) limitée à 50 mg/l (Figure.61).

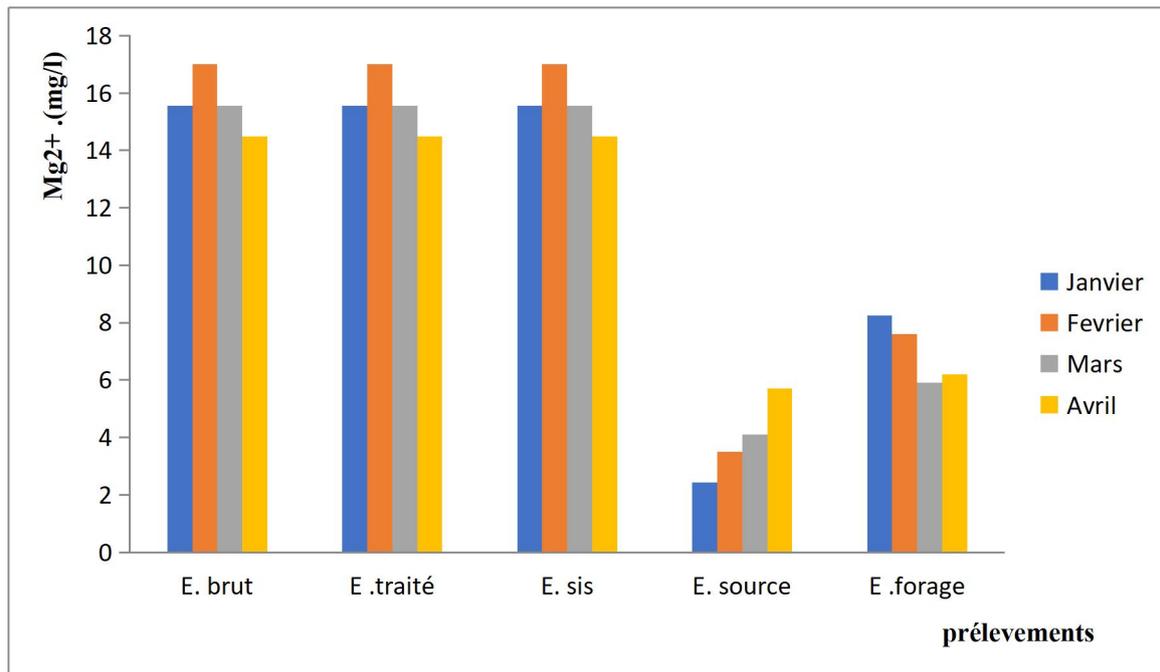


Figure 61: Variation du magnésium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).(Abadlia,2024)

II.15. Chlorure

Les chlorures sont des anions inorganiques significatifs présents à des niveaux variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Leur présence est souvent surveillée comme un indicateur de pollution (Nouayti et al, 2015). Les concentrations élevées sont attribuées probablement à plusieurs facteurs tels que : la dissolution des sels naturels, l'effet de l'activité humaine et le contact des eaux avec des dépôts triasiques salifères (Ayad, 2017).

Les résultats montrent que la concentration en chlorure des eaux analysée est conforme aux normes OMS (2011) fixée à 250 mg/l (Figure 62).

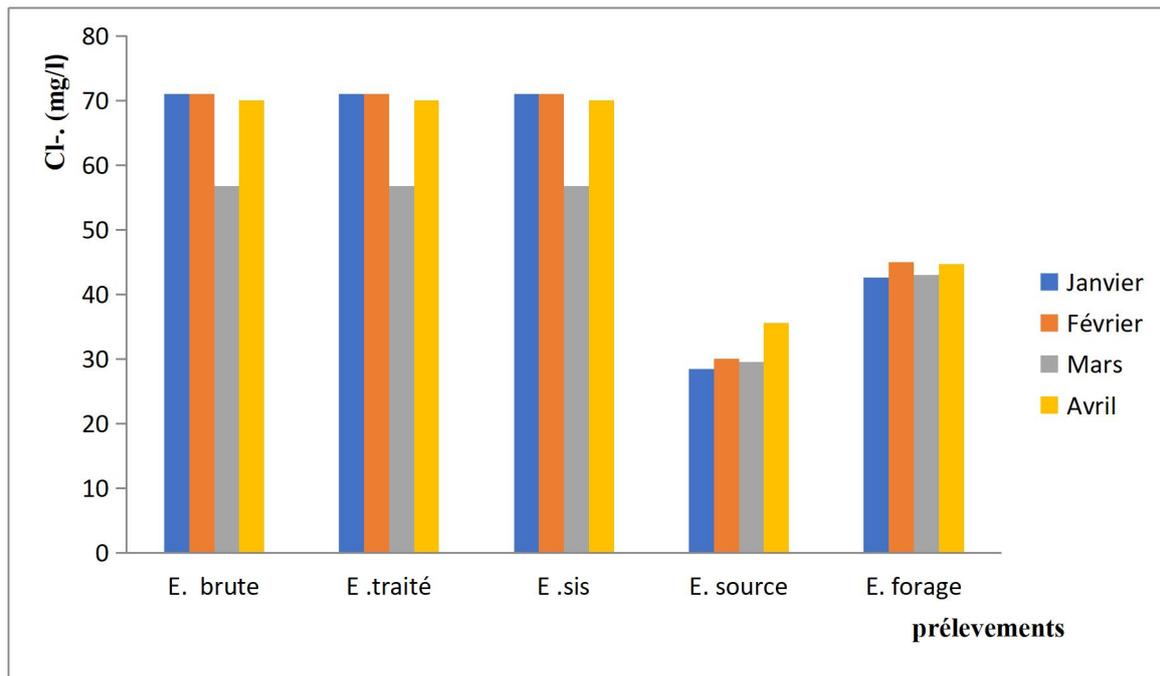


Figure 62: Variation du chlorure dans les eaux analysées (Janvier- Avril2024).(Abadlia,2024)

II.16. Fer

Le fer (Fe^{2+}) est un effet des éléments métalliques essentiels présents dans la composition de la roche et également cruciale en petites quantités pour la vie de tous les organismes (Abda, 2014). Les résultats montrent que la concentration varie entre 0 mg/l et 0.23mg/l (Figure 63). Une absence marquée est toutefois signalée aux prélèvements des eaux de source et de forage.

D'autre part un dépasse de la norme de potabilité au mois de Janvier (0.25 mg/l) et Mars (0.37 mg/l) dans l'eau brute au niveau du monobloc de barrage. Les autres concentrations restent au-dessous de la norme de la qualité des eaux potables de l'OMS (2011) (0,2 mg /l). La présence de cet élément peut être liée au lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minerais contenus dans le sous-sol (Savary, 2010).

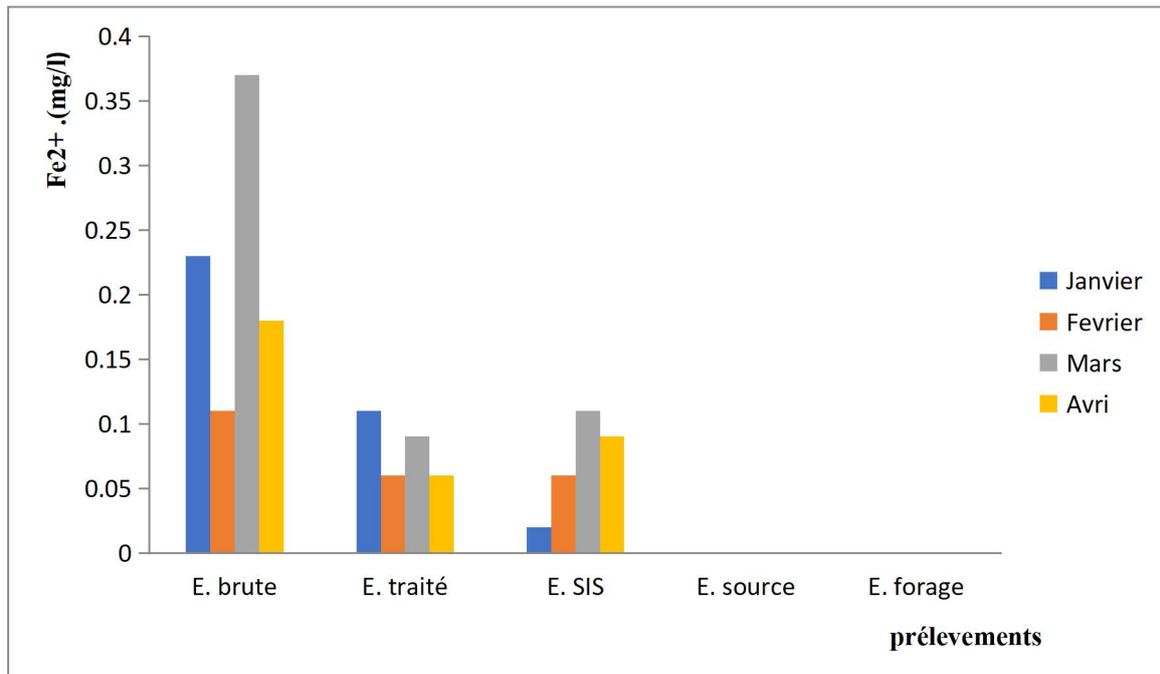


Figure 63: Variation du fer dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).(Abadlia,2024)

II.17. Sulfate

La présentation graphique ci-dessus montre la variation des teneurs en sulfate des eaux de forage. On note que les valeurs oscillent entre 18 et 118.5 mg/l. En se référant aux valeurs guide de l’OMS (2011).

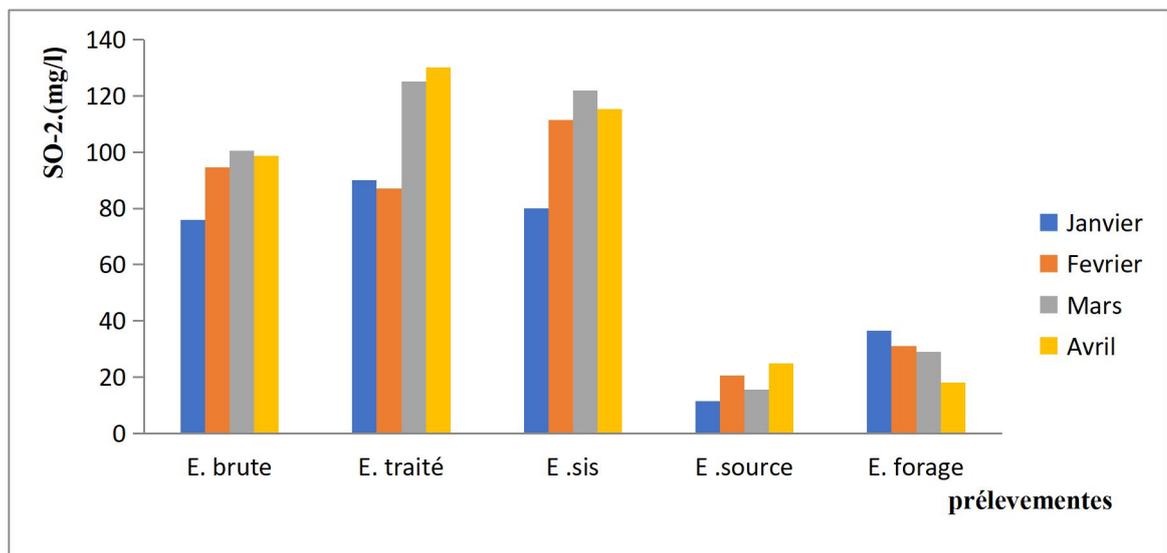


Figure 64: Variation du sulfate dans les eaux de forages (Janvier- Avri2024).(Abadlia,2024)

II.18. Phosphate

Les relevés des concentrations (Figure 65) de phosphate dans les échantillons étudiés ne dépassent pas la norme de l'OMS (2011) (0,5 mg /l). Les résultats ont un maximum de 2.3 mg/l.

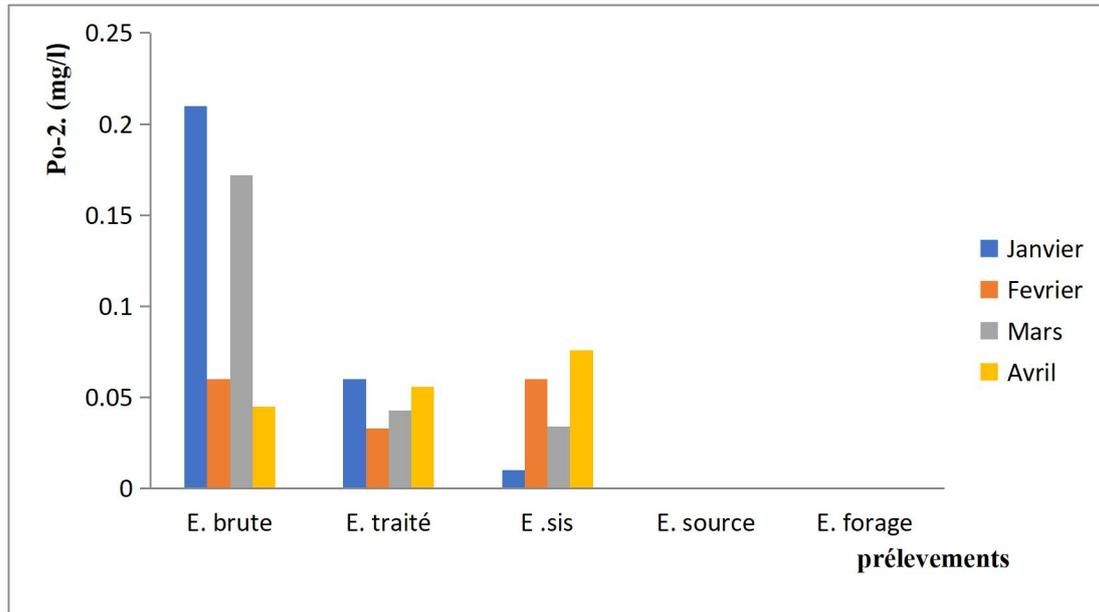


Figure 65: Variation du phosphate dans les eaux dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).
(Abadlia,2024)

II.19. L'ammonium

Les eaux sources et des forage sont habituellement pauvres en azote ammoniacal avec un valeur de 0 mg/l, par contre dans l'eau de monobloc et d'eau traité varie entre 0.115et 0.073 mg/l. de manière générale les concentrations restent inférieurs à la norme de l'OMS (2011) (0,5 mg/l). (Figure 66)

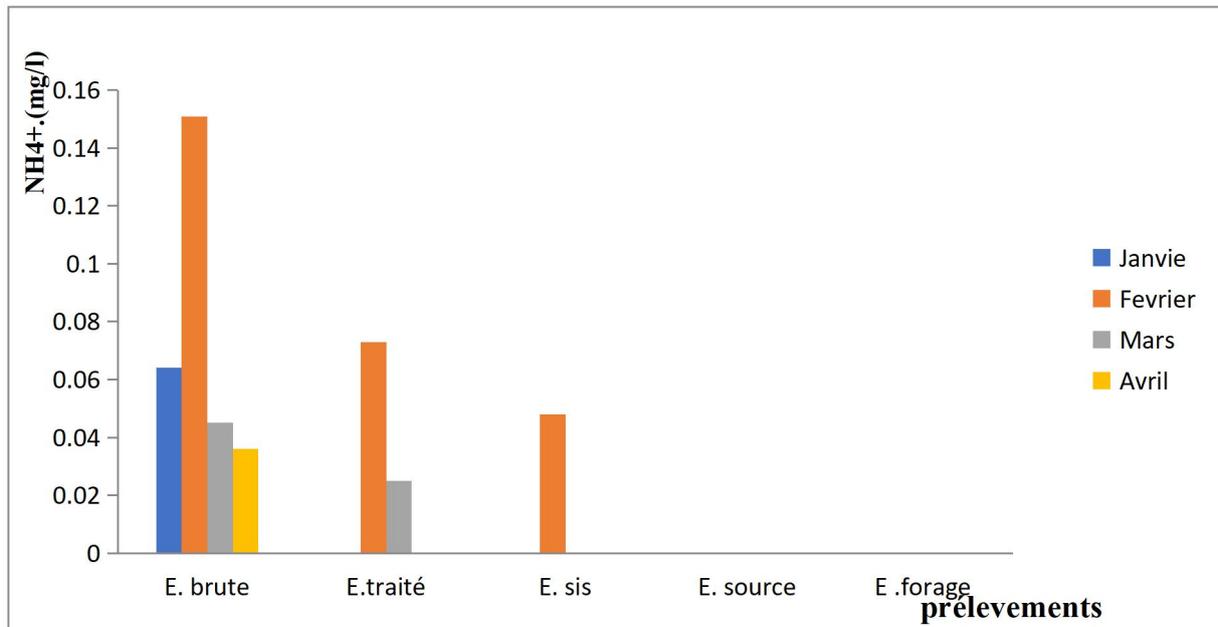


Figure 66: Variation de l'ammonium dans les eaux analysées (Janvier-Avril2024).(Abadlia,2024)

II.20. Nitrates

Les résultats montrent que la concentration des nitrates dans les échantillons analysés varie d'un types à un autre, on note toutefois des valeurs inférieurs à 10mg/l dans l'ensemble à tous les échantillons. Ces teneurs restent inférieurs à la norme OMS (2011) fixée à 50 mg/l (Figure 67).

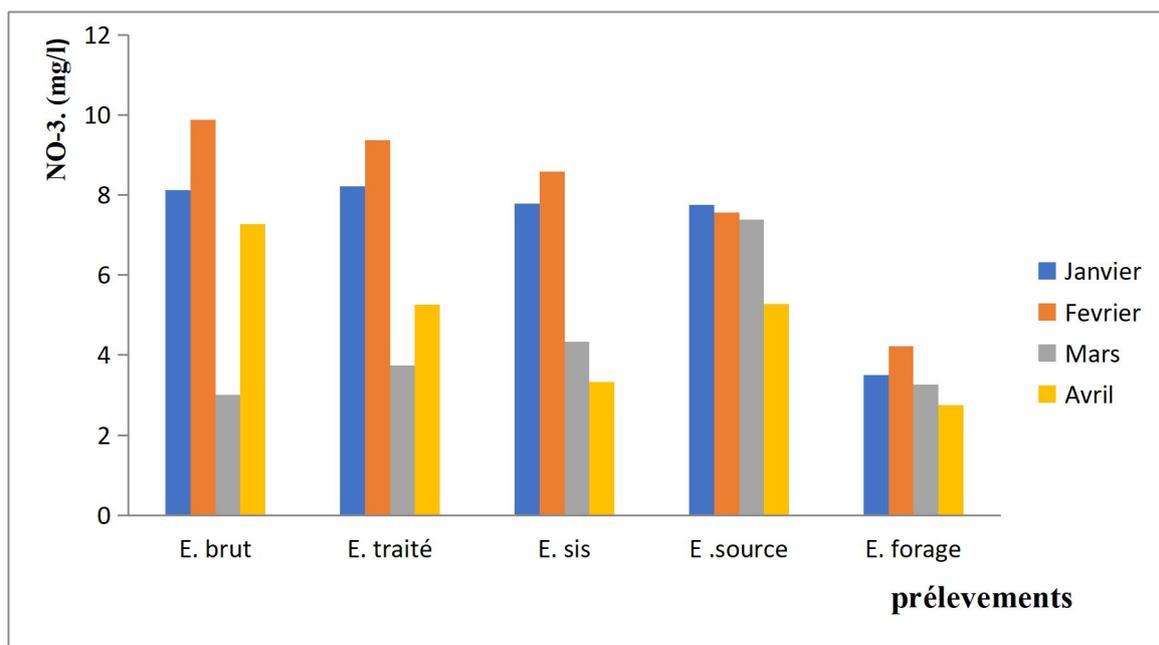


Figure 67: Variation des nitrates dans les eaux analysées (Janvier-Avril 2024).(Abadlia,2024)

II.21. Sodium

La concentration du Na^+ dans les échantillons varie entre 11 et 44 mg /l, la valeur maximale est relevée dans le forage Mâaroufe. Ces résultats sont inférieurs à la norme fixée par l'OMS (2011) (200 mg /l).(Figure 67).

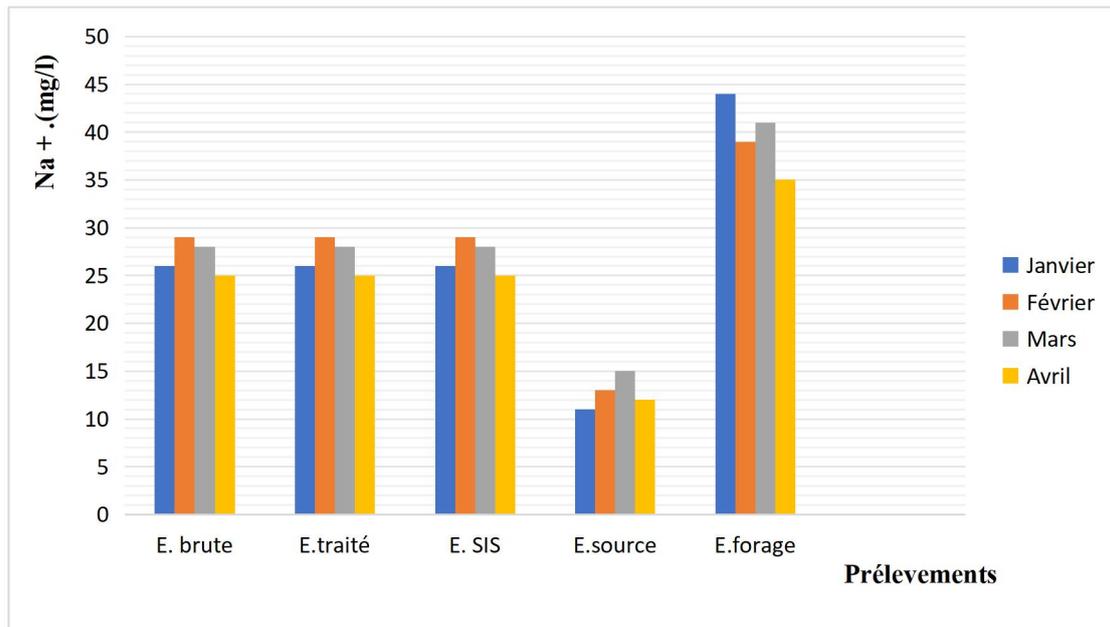


Figure 68: Variation du sodium dans les eaux Analysées (Janvier- Avri2024).(Abadlia,2024)

II.22. Potassium

Les concentrations du potassium enregistrées varié entre un maximum 5,3mg/l et un minimum de2.6 mg/l, ces valeurs restent inférieures à la limite de potabilité (12 mg/l) .

(Figure 68). Le potassium peut provenir de l'altération des formations silicatées (gneiss, schistes), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (Aouissi, 2010).

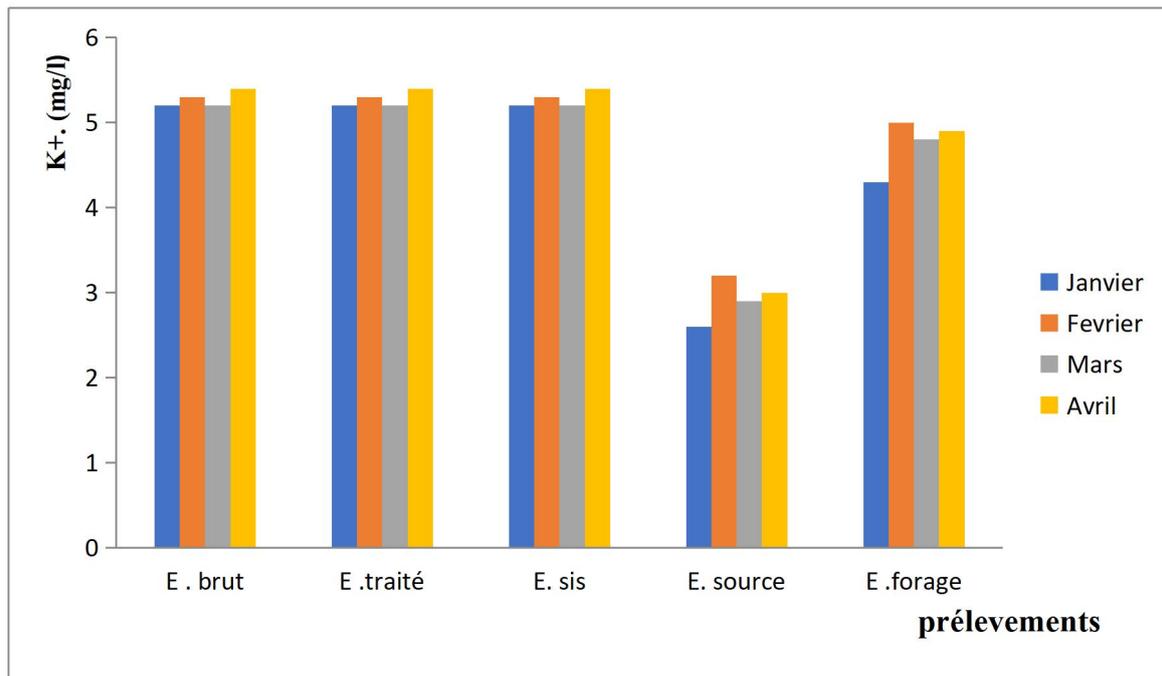


Figure 69: Variation du potassium dans les eaux analysées (Janvier- Avril 2024).

(Abadlia,2024)



*Conclusion et
perspectives*

Conclusion

Une eau est potable si elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment, c'est-à-dire l'eau se base sur l'absence de risque sur la santé humaine lors de sa consommation. Elle implique que l'eau ne contient pas des substances nocives ou toxiques à des niveaux dangereux pour la santé. Pour garantir cela, il est nécessaire de surveiller et de contrôler régulièrement la qualité de l'eau, de traiter nécessaire et de respecter normes et de réglementations en matière de sécurité sanitaire de l'eau potable.

La présente étude des analyses, axée sur l'évaluation de caractères bactériologiques et physico-chimiques de l'eau provenant du Barrage de Bouhamdane brute et traité dans la station de pompage (E. traité) et l'extension (E. sis) ainsi que l'eau de forage Mâaroufe et l'eau de source Ain souda de la wilaya de Guelma.

Notre objectif était d'évaluer leur qualité en comparant les résultats aux normes de potabilité établies par l'Organisation Mondiale de la Santé.

- Sur le plan bactériologique, les résultats obtenus montrent :
 - Le teneur de désinfectant chlore et toujours élevé dans l'eau traité et le dans l'eau de forage (supérieur à 0.1mg/l). par contre il n'existe pas dans l'eau brute de barrage et l'eau de source.
 - Une charge importante en germes totaux qui dépasse la norme OMS (100UFC/ml) est relevée dans l'eau brute du barrage avec des valeurs respectives de 350UFC/ml. Mais Ça varie de 50 à 12UFC/ml dans l'eau de source et l'eau de forage. En fin Ça n'existe pas dans les eaux traités.
 - Une contamination importante en coliformes totaux est enregistrée dans les eaux du barrage.
 - les Streptocoques fécaux et les anaérobies sulfito-réductrices est conforme à la législation de l'OMS (une absence totale) dans les eaux traité, l'eau de source et de forage .Mais il ya une contamination importante dans le barrage.

- Sur le plan physico-chimique :
 - Les valeurs de la température et du pH sont excellentes et conformes aux législations des normes de l’OMS.
 - Concentrations égale de la salinité, et une variation notable de TDS, conductivité, par contre il ya un teneur élevé de turbidité. La majorité des eaux sont considérées comme des eaux équilibrées et répond aux normes de l’OMS.
 - Tous les eaux présentent une dureté varie entre 20et 25 °f supérieur aux normes de l’OMS .
 - Les concentration en ions majeurs sont conformes aux normes de l’OMS et respectent les valeurs limites de la qualité d’une eau buvable destinée à la consommation humaine.
 - La matière organique présente un teneur notable dans l’eau de barrage et les eaux traité mais il reste conforme aux normes de l’OMS.
 - L’eau de barrage et un peut phsphaté.et il présente un teneure notable d’ammonium.

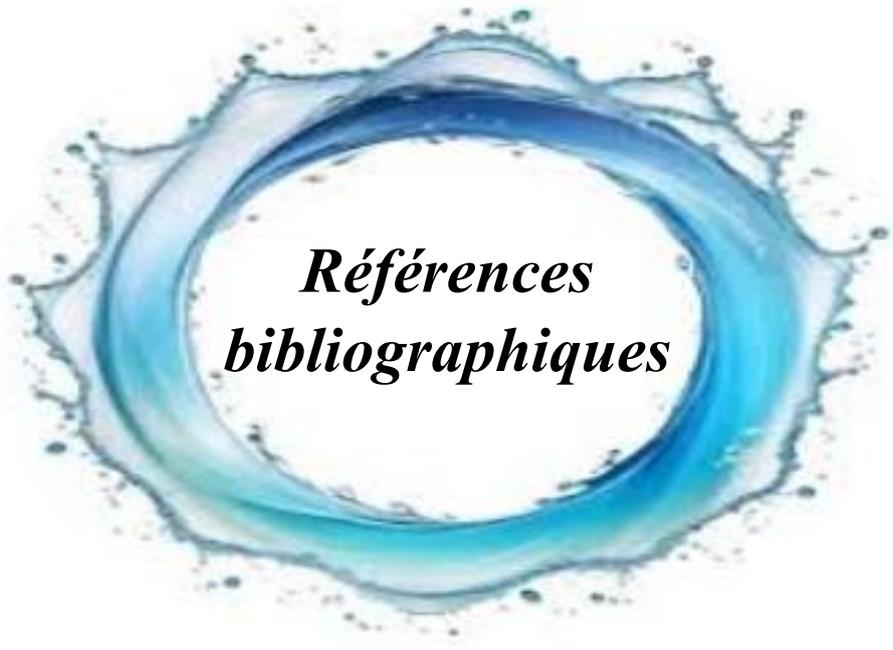
Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques et de eaux traitées et de l’eau du source et du forage exploité par l’AEP confirme qu’elle respecte pleinement les normes de l’OMS.

En conclusion, indiquent que les eaux de source, de forage et traité présentent une qualité supérieure, les rendant particulièrement adapté aux besoins de consommation humaine.

En vu d’amélioré la recherche, il serait pertinent de

- ✓ Effectuer des analyses de contaminants chimiques comme les pesticides et les métaux lourds.
- ✓ Renforcer le protocole de contrôle pour assure un suivi régulier et continu, permettant une intervention rapide en cas de forte contamination de l’eau.

Dans le but d'améliorer la qualité des eaux potables, nous préconisons d sensibilisé les population sur les pratique d’hygiène optimales dans leur environnement de promouvoir une utilisation responsable de l’eau.



*Références
bibliographiques*

Références

- **Abda A. 2014.** Traitement des eaux de surface et les risques génotoxiques des sous- produits de chloration. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945, Guelma. P 48.
- **Abadlia,2024:** Photographies et histogrames de Abadlia Besma préparatrice du travail
- **ADE Guelma 2024 :** Algérienne des eaux; 2024
- **Agadila 1995 :** chimie de la mondialisation, la houille balache N°2/3 62 :69p .1995
- **Allaoua N. 2016.** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico- chimique de l'eau des écosystèmes aquatique et des puits de la région d'Oum El Bouaghi (Hautes plaines de l'Est algérien). Thèse de doctorat. Université 8 mai 1945, Guelma. P 87.
- **Amaramadi A., Touati H. 2013:** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. P 47, 62.
- **Andrew w, Deckson et Catherine Goyet 1994 :** method for analyses of carbondioxide system in sea water, US department of energy .1994.
- **ANRH 2003 :** notes relatives à l'étude de la nappe phréatique
- **Aouissi A. 2010.** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. P 3
- **Aouissi A., Houhamdi M. 2014.** Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (wilaya de Guelma, nord-est Algérien). Université Mohamed chérif Messaadia de Souk Ahras. P 12.
- **ARS :** agence régionale de santé d'Anergens, »la qualité de l'eau destinée à la consommation

Références bibliographiques

- **Attig I., Bernou A. 2020.** Evaluation des propriétés physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville de Bouira. Mémoire de master. Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira. P 58, 61.
- **Ayad W. 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El Harrouch (Wilaya de Skikda). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. P 9.
- **Bara y 2016 :** étude comparative de la qualité physicochimiques et bactériologique du barrage de hammam Debagh Guelma avant et après traitement cas de station de traitement de hammam Debagh, mémoire de mastère, université 08mai1945 Guelma. 2016
- **Bedouh Y., 2014 :** Evaluation de la Toxicité des eaux usées Traitées par la station D'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ». Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 128p.
- **Ben Marce, K., 2007.** Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux Souterraines dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 126p
- **Benkaddour B. 2018.** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de perpignan ; université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. France. P 22.
- **Beldjazia, A. (2009).** Etude écologique et cartographique de la végétation de la Mahouna (Guelma). Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 124p.
- **Berche P., Gaillard J-L. et Simouet M. (1988).** Bactériologie, Les Bactéries Des Infections Humaines. Flammarion Médecine Sciences. 660p
- **Ben Talbi loubna2011:** Les analyses physico-chimiques Et bactériologiques de la source Ain Chkef Et fourrage Rass El Maa, mémoire de licence, des sciences et techniques (BHSA)
- **Chevalier P. 2003.** Coliforme totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- **Daniel j, G luber, Lawra wegner, parfery, Edward A :** « lachastity of amoebae

Références bibliographiques

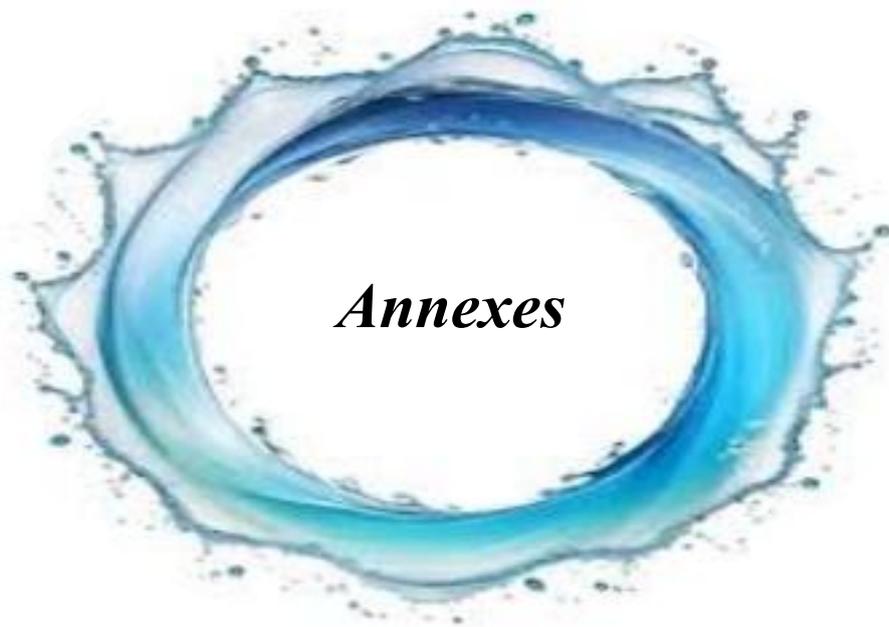
- re-evaluation for sex in amoeba organisme »prosetings for royel society B :
biological science, vol278.N1715 ,22juillet 2011 humaine en Auvergne« ,2014
- **Dégorgement E, 1989** : mémoire technique de l'eau .tom 1 et 2 collection
 - **FAO, 1997**: Food and agriculture organisation
 - **François Anctil** : « l'eau et ses enjeux, », les presse de l'université de Laval.2008
 - **(Guechi, I 2018)**. L'influence des contraintes physiques sur l'urbanisation des établissements humains, cas de l'agglomération de Guelma. Thèse de Doctorat. Université Mouhamed Khider-Biskra. 299p.
 - **Ghazali D., Zaid A. 2013**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-jerri (Region de Meknes-Maroc). Larhyss Journal, (12), 25-36.
 - **Gerritsen E, Nothern Ontario 1977** : water destrebuton system water work 69 :242p .1977
 - **Gilles Bœuf 2023** :l'eau liquide molécule clé pour l'être vivant
 - **Groskoonde G, 1999**: un point sur l'eau (le milieu naturelle et monitrice)
.tome 01
 - **Gueroui Y. 2015**. Caractérisation hydro chimique et bactériologique des eaux souterraines de l'aquifère superficiel de la plaine de Tamlouka (Nord-est Algérien). Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945, Guelma. P 70, 111.
 - **Heriarivony S.C., Razanamparany B., Rakotomalala J.E. 2015** : Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, région vakanankaratra, madagascar. Marhyss Journal, 24, 7-17.
 - **Hamed M., Guettache A., Bouamer L. 2012**. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université de Bechar. P 18.
 - **JODRA 2006** : journal officiel de la république Algérienne 2007
 - **Khemis, M., 2013**. Etude de la qualité de quelques eaux de sources de la région de Guelma. Mémoire de Master II, Université 8 Mai 1945 Guelma

Références bibliographiques

- **Kherifi. N, et Achi. I., (2016).** Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mais 1945 Guelma.
- **Laurence lestele ,2009 :**la mesure de la qualité chimique de l'eau 1850-1970,l'huile blanche 95 :3 DOI :10,1051/Ihb/20099022
- **Langelier.Wf,1946 :** effect of temperture on ph of naturel water, water work association38 :179.1946
- **Mekaouissi N. 2014.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est algérien). Mémoire de Magister. Université Hadj Lakhdar, Batna. P 8.
- **Mayet J. 1994 :** La pratique de l'eau ; traitements de l'eau aux points d'utilisation comportement l'eau dans les installations origine des désordres et solutions, 2ème édition. LE MNF **ISO 22743 :** Dosage des sulfates (SO₄²⁻)
- **Monod J. 1989 :** Memento technique de l'eau, 9ème édition. Degremont. Paris.592 p.
- **Norme ISO 7393-1 :** Méthode titrimétrique pour e dosage du désinfectant chlore
- **Norme ISO 5667 :** Dosage des ions nitrite (NO₂⁻) Méthode spectrométrique.
- **Norme ISO 6058 (F). 1984.** Qualité de l'eau : Dosage de calcium et magnésium : Méthode Titrimétrie à l'EDTA.
- **Norme ISO 6332.** Détermination du fer.
- **Norme ISO 6878.** Détermination des phosphates.**Norme ISO 7150/ 1-1984.** Dosage de l'ammonium.
- **Norme ISO 7899-2 et Norme NF T 90-416.** Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux. Partie 2 méthode par filtration sur membrane.
- **Norme NF EN ISO 6222.** Dénombrement des micro-organismes revivifiables. Comptage des Colonies par ensemencement dans un *milieu* de culture nutritif gélosé.
- **Norme NF EN ISO 9308-1.** Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des Bactéries coliformes partie 1. Méthode par filtration sur membrane.Oniteur.Paris.382p

Références bibliographiques

- **Nouayti N., Khattach D., Hilali M. 2015.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc)
- **OMS 2007 :** organisation mondiale de la santé
- **Ramade F. 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2ème édition. Dunod. Paris. 1075 p.
- **Ramdani, T., Mebarki, L., 2019.** Evaluation et cartographie du risque de feu de forêt dans la Wilaya de Guelma (ALGERIE). Master II, Université de Constantine.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. 2016.** L'analyse de l'eau ; contrôle et interprétation, 10ème édition. Dunod. Paris. 1759 p.
- **Salghi R. 2001.** Différents filières de traitement des eaux. Cour préparé, université IBN ZOHR, Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir. 22 p.
- **Savary P. 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Territorial édition, paris. 264 p.
- **Sletten O. 1974:** Halogens and their role in disinfection. Journal (American water Association) , 690-692
- **SWQCB .California ,1963:** water quality critere 2 ème édition 283 .1963
- **Vincent W-U., Baron J-A., Davis W-W., Warner D-B., Seremet C-C. 2009.** Exploitation des eaux souterraines, concepts de base pour l'élargissement des programmes d'hydraulique du CRS. *Catholic Relief Services.* 71 p.
- **Zouaidia, H., 2006.** Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien cas de Mila, Constantine, Guelma , Souk Ahras. Mémoire de Magister, Université de Constantine, 126p.



Annexes

Annexe 1

I - Mode de préparation de certaines solutions biologiques

Milieu Slanetz et Bartley

Eau distillée.....	1L
Peptone.....	20 g
Extrait de levure.....	5 g
Glucose.....	2 g
K ₂ HPO ₄	4 g
Acide de sodium.....	0.4 g
Agar.....	10 g

pH = 7.2

Milieu T.G.E.A

Tryptone	5 g
Glucose.....	1 g
Extrait de levure.....	2 g
Gélose.....	15 g
Eau distillée.....	1L

pH = 7, autoclavage pendant 20 min à 120°C.

Milieu B.E.A Tryptone.....	17 g
Peptone pepsique de viande.....	3 g
Extrait de levure.....	5 g
Bile bœuf déshydratée	10 g
Azide de sodium.....	0.25 g
Esculine.....	1 g
Citrate ferrique ammoniacal.....	0.5 g
Citrate de sodium.....	1 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Agar.....	13 g
Eau distillée	1L

pH final = 7.1

Milieu Schubert

Annexes

Tryptone.....	0.2 g
Acide glutamique.....	0.2 g
Sulfate de magnésium.....	0.7 g
Sulfate diammonium.....	0.4 g
Citrate de sodium.....	2 g
Tryptone oxide.....	10 g
Mannitol.....	7.5 g
Eau distillée.....	500 ml

Milieu Terjitole

Peptone pancréatique de viande.....	10 g
Extrait de viande.....	5 g
Extrait autolytique de levure.....	6 g
Lactose.....	20 g
Terjitole 7...../.....	0.10 g
Bleu de bromothymol.....	0.05 g
Chlorure de 2,3,5 triphényltétrazolium.....	0.025 g
Agar.....	10 g
Eau distillée.....	1000 ml

pH = 7.2

Milieus Viande - Foie

Préparé en deux étapes sont :

- Milieu de base :

Base de Viande de Foie	30g
Glucose	2g
Amidon... ..	2g
Agar... ..	1g

Eau distillée : 1000ml dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon,

Autoclavage (15 min à 120°C).Au moment de l'emploi :

-Ajouter à 20 ml de milieu de base fondé.

-Ajouter 1ml d'une solution de sulfate de sodium à 5%.

-Ajouter 4, gouttes d'alun de fer commoniacol.

Le pH final du milieu est de 7,4 à 7,6 à 45°.

II - Composition des réactifs Kowacks

Diméthyle-amino-4 benzaldéhyde.....	50 g
pentanol.....	750 g
Acide chlorhydrique pur.....	250 g

Annexe 2

Dosage du TA et TAC

Réactifs

- Acide Chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5%.
- Solution de méthylorange à 0,5%.
- Eau permutée exempte d'anhydrique carbonique libre (par ébullition de 15 min).

Dosage de titre hydrométrique (TH)

Réactifs: Indicateur noir l'ériochrome T.

Solution EDTA (0,2N).

Solution tampon: ammoniacale 34%.

Dosage de calcium

Réactifs

Indicateur colore: **Murexide**.

Solution d'EDTA (N/50) ($C_{10}H_{14}N_2NO_2O_{22}H_2O$) : (0,02N ou 0,01 M).

Solution d'hydroxyde de sodium à 2N.

Détermination du fer

1-Réactifs

*Tampon d'acétate:

Dissoudre 40g d'acétate d'ammonium (CH_3COONH_4) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH).

$\rho = 1,06g/ml$. Compléter à 100 ml avec de l'eau.

*Chlorhydrate d'hydroxylamine :

solution à 100g/l. Dissoudre 10g de chlorhydrate d'hydroxylamine ($NH_2OH \cdot HO$) dans l'eau et compléter à 100ml, cette solution reste stable pendant une semaine au moins.

* Solution de phénanthroline-1,10 :

Alternativement, dissoudre 0,42g de phénanthroline -1,10 mono hydratée ($C_{12}H_8N_2H_2O$) dans 100ml d'eau contenant 2 gouttes de la solution d'acide chlorhydrique.

Annexes

Cette solution est stable pendant une semaine s'elle est conservée à l'obscurité.

*** Solution mère :**

1g de fer par litre. Peser 4,9776g de sulfate de fer et d'ammonium (correspondant à 1g de fer) dans une fiole jaugée de 100 ml.

*** Solution fille :**

étalon de fer à 0,01g/l. Diluer 1/100 la solution précédente

*** Solution mère :**

1g de fer par litre. Peser 4,9776g de sulfate de fer et d'ammonium (correspondant à 1g de fer) dans une fiole jaugée de 100 ml.

*** Solution fille :** étalon de fer à 0,01g/l.

Diluer 1/100 la solution précédente

2-Gamme d'étalonnage

Numéro de tube	T	1	2	3	4	5	6
Solution file de fer	0	0.25	0.5	1	2	4	5
Eau distillé	50	49.75	49.5	49	48	45	46
Solution Chlorhydrate d'hydroxylamine (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Tampon d'acétate	2	2	2	2	2	2	2
Solution de phénanthroline1-,10	2	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de fer par litre	0	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1

Dosage du sulfate

1- Réactifs

*** Solution mère de sulfate à 1g/l à partir de Na₂SO₄**

peser 4,43g de Na₂SO₄.....100ml
d'eau distillée.

*** Solution stabilisante - Acide Chlorhydrique.....60 ml.**

Annexes

- Ethanol.....200 ml.
- Chlorure de sodium.....150 ml.
- Eau distillée.....600 ml.

* Solution de Chlorure de baryum

- Chlorure de baryum.....150g.
- Acide Chlorhydrique.....5 ml.
- Eau distillée.....1000 ml.

2-Gamme d'étalonnage

- Prendre 8 béchers de 250 ml.
- Laver très bien avec du savon et une lavette.
- Rincer abondamment avec l'eau de robinet.
- Rincer avec une solution d'acide chlorhydrique.
- Rincer avec l'eau de robinet puis avec de l'eau distillée.

N° de bécher	0	1	2	3	4	5	6	7
S. mère à 1g/l	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml
Qsp	100ml							
S. stabilisant	5ml							
S. chlorure de baryum	2ml							
Concentration finale mg/l SO ₄ ²⁻	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectro- à la longueur d'onde $\lambda = 420\text{nm}$.

Détermination du phosphate

1. Réactifs

* réactif- mélange

A- 13g d'heptamolybdate d'ammonium.....qsp 100 ml

Annexes

H2O distillée.

B- 0.35g de tartrate d'antimoine.....qsp 100 ml

H2O distillée.

C- 150 ml d'acide sulfurique concentré.....qsp 300 ml

H2O distillée.

Mélanger (A+C) +B= 150 ml (stable pendant deux mois).

* acide ascorbique

10g d'acide ascorbique.....qsp 100 ml

H2O distillée.

* Solution mère d'orthophosphate à 50mg/l PO43-

a partir de K2HPO4 de potassium hydrogène phosphate préalablement séché pendant 2h à 105°C.

- K2HPO4..... 0.281g
- Eau distillée.....1000 ml.
- H2SO4 4,5N..... 10 ml.

A partir de solution d'acide sulfurique 9 mol/l (50% eau + 50% H2SO4), prélever un volume de cette solution et diluer à 50%.

Solution fille à 2 mg/l PO43- ,20 ml de la solution à 50 mg/l dans une fiole de 500 ml et compléter au volume par l'eau distillée.

2. Gamme d'étalonnage

N° de fiole	0	1	2	3	4	5
S. fille à 2 mg/l P	0	0.3	0.6	1.2	2.4	4.8
Qsp 40 ml eau distillée	40	40	40	40	40	40
Mg/l de P	0	0.0015	0.03	0.06	0.120	0.240
Mg/l de PO43-	0	0.0459	0.0918	-0.1836	0.3672	0.7340
Acide ascorbique ml	1	1	1	1	1	2
Réactif-mélange	2	2	2	2	2	2

Dosage d'ammonium

1. Réactifs

* Eau exempte d'ammonium.

* Réactif coloré (réactif I) :

peser 13g + ou - 1g de salicylate de sodium, 13g + ou - 1g de citrate trisadique dihydraté et 0.097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun. Cette solution est stable pendant 2 semaines.

* Dichloroisocyanurate de sodium (réactif II) :

Prendre 3.2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0.2g + ou - 0.002g de dichloroisocyanurate dihydraté. Dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.

* Solutions étalons : chlorures d'ammonium (NH₄)₂SO₄ ou le sulfate d'ammonium.

2. Courbe d'étalonnage

S. fille 1mg/l	0	1	2,5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50					
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
[NH ₄] en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.5	0.8

Dosage des nitrates

1. Réactifs *

Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toutes les 24h).

0.5 g de salicylate dans 100 ml d'eau distillée.

* Solution d'hydroxyde de sodium à 30% (30 g de Na OH dans 100 ml d'eau distillée).

* H₂SO₄ concentré.

* Tartrate double de sodium et de potassium.

Annexes

Hydroxyde de sodium Na OH400g.

Tartrate de sodium et de potassium60 g.

Eau distillée qsp 100 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc. Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

* Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l. Nitrate de potassium

anhydre0.722 g.

Eau distillée1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

* Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

Détermination de la matière organique

Réactifs

- Solution d'acide sulfurique 50%.

- Solution de permanganate de potassium N/80.

A préparer à partir d'une solution N/10 récemment titrée.

- vérifier le titre de cette solution.

- 1ml de la solution N/80 correspond à 0.1 mg d'oxygène.

- Solution d'acide oxalique N/80, à préparer à partir d'une solution N/10 récemment titrée.

Chlorure

Réactifs - Solution de chromate de potassium à 10%.

- Solution de nitrate d'argent N/10.