

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Microbiologie - Ecologie

Spécialité/Option : Hydro-écologie : Santé, Eau et Environnement

Thème

Degré de potabilité de quelques sources municipales d'approvisionnement
en eau potable dans la plaine de Guelma

Présenté par : DJORFI Nadjia
DERBAL Hanine

Devant le jury composé de :

Président	: Mr GHERIEB Lasaad	M.C.B	Université de Guelma
Examineur	: Mr NEDJAI Sasi	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur	: Mr KACHI Slimane	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2015

Remerciements

A DIEU le tout puissant qui m'a donné le courage et la force pour mener à bout ce modeste travail.

*Nous première pensée va tout naturellement à monsieur **KACHI Slimane**, notre encadreur qui suit fidèlement notre travail. nous tenons à le remercier pour son encadrement et son soutien, nous le remercions pour la confiance qu'il nous a témoignée en nous confiant ce travail. nous sommes apprécié sa grande chaleur humaine. Merci de vos conseils judicieux et de votre aide, votre suivi, et votre encouragement durant notre travail.*

*Merci encore pour les responsable de **la direction de l'Algérienne des Eaux de Hammam Debagh** qui nous ont accepté. nous remercions également toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux de **Hammam Debagh** qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico chimiques et bactériologiques, et qui nous ont donné tous les informations nécessaires pour enrichir notre travail.*

Comme nous tenons à remercier toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce présent mémoire.

*Nous adressons aussi nous sincères remerciements à tous les enseignants et les travailleurs du département de **Biologie**.*

Nous remercions vont aussi aux tous les membres du jury:

*Monsieur **GHERIEB Lassaad** d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury. Qu'il nous soit permis de lui exprimer nos plus hautes considérations.*

*Monsieur **NEDJAI Sasi** qui nous a fait l'honneur de participer à ce jury pour examiner et juger ce travail. Nous le remercions vivement.*

Dédicace:

après avoir rendu grâce au dieu,

j'adresse mes remerciements les plus très chaleureux à mes parents Abd Ellah et Akila Bennour, qui étaient présents toujours pour m'aider, m'accompagner, et me soutenir tout a long de mon parcours d'étude, pour tout l'encouragement qu'ils m'avaient donné.

A l'âme de ma chère sœur Iman, qui je ne peut jamais l'oublier même si elle est absent, et que dieu l'épargner.

je tiens à remercier très affectueusement mes frères: Brahim, Khair Eddine, et Mohamed pour leurs encouragements, et tous le soutien qu'ils me donner.

je remercier également mes amies les plus proche: Sara, Nadjia, Nawel, Hanan , Choubayla ,Sawsan et Sassaia.

je présents mes remerciements et mes gratitudes pour mes oncles: Araba Abd Elghani, et Ouled Diaf Nour Edine qu'ils ma aider pour la réalisation de mon travail.

Je le dédie à toute ma famille surtout :Anis, Manel,Abd nour,Asma,Yousef,Mehdi,Wiam,Saleh ,Yakoube ,Babou,Akram ,Saif et Imane et mes amies.

et mes compagne de class de l'hydro-écologie.

-Hanine-

Dédicace:

Après avoir rendu grâce au dieu,

j'adresse mes remerciements les plus très chaleureux à l'âme de ma mère qui je ne peut jamais l'oublier même si elle est absent, et à mon père, qui étaient présents toujours pour m'aider, m'accompagner, et me soutenir tout a long de mon parcours d'étude, pour tout l'encouragement qu'ils m'avaient donné.

je tiens à remercier très affectueusement mes frères: Samya Hocine, Sohila, Tahar, Feteh, Siham, Brahim, Aamer, youssef, très chaleureux à ma petit frère pour leurs encouragements, et touts le soutien qu'ils me donner Nabile.

je dédis également ce travaille à Ahmede, Meriame, Donia, raouf, Adeel-rahmane, Safa, Zino, et la ptite Meriame, les épouses de mes frère et les époux de mes sœurs

Jetiens à remercier très affectueusement mes camarades Hanine, Sara, Hanane, Zinabe, Nawal

Je le dédie à toute ma famille surtout

et mes compagne de class de l'hydro-écologie.

- Nadjia-

ملخص

تتميز المنطقة المدروسة بوجود العديد من ينابيع المياه والتي تقع عند مخرج المياه الجوفية لحوض قالمة وحافة الطريق، هذا الذي يعطي سكان المنطقة والمارة الفرصة بالتزود بالمياه.

نوعية هذه المياه هو المصدر الرئيسي لعملنا هذا بهدف تقييم مدى صلاحيتها للشرب حسب المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية

وفقا للمعايير الجزائرية، كل الينابيع متوسطة التمدن مع الصلابة الكلية تساوى 500 ملغ لتر واصفا اياه بالصلبة تركيز النترات يوجد في حدود 50 ملغ لتر هو ما يعبر عن تلوث ازوتي ،و الذي يمكن ان يصل الى مستويات عالية بسبب كثافة الزراعة.

معالجة المركبات الاساسية (ACP) يظهران المعايير التي تتحكم التمدن و التلوث العضوي تتمثل في الالمنيوم ،السلفات، المغنزيوم، الكالسيوم الصلابة، القاعدية ، البيكربونات، الناقلية الكهربائية ، المادة العضوية و التلوث الطبيعي المرتبط بالمواد الصلبة العالقة .

اظهرت التحاليل البكتريولوجية انا مياه المنابع تحتوى علي وجود تلوث برازي من اصل مختلط مع اغلبية حيوانية.

الكلمات الرئيسية: مياه الينابيع ، الفيزيوكيميائية، البكتريولوجية، ، قالمة

La région d'étude est caractérisée par l'émergence de plusieurs sources d'eau, la plupart sont situées à l'exutoire de la nappe alluviale de Guelma, ce qui donne à la population rurale et passagère la possibilité de s'en provisionner.

La qualité de l'eau de ces sources est la préoccupation première de notre travail dans l'objectif d'évaluer leur degré de potabilité vis-à-vis des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Selon les normes Algérienne, toutes les sources sont moyennement minéralisées avec une dureté totale de 500 mg/l en lui qualifiant comme des eaux très dures.

La concentration en nitrate est au voisinage de la limite (50 mg/l) traduisant une contamination azotée et peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'intensification agricole.

L'analyse en composante principale (ACP) montre que les paramètres qui contrôlent la minéralisation et la pollution organique sont: l'ammonium, sulfate, magnésium, calcium, dureté, l'alcalinité totale, bicarbonate, conductivité électrique et la matière organique et pollution naturelle liée aux matières en suspensions.

Les analyses bactériologiques ont permis de déduire que les eaux des sources présentent une pollution bactériologique fécale d'origine mixte à prédominance animale.

Mots clés : Pollution, eau de sources, physico-chimique, bactériologique, nappe alluviale, Guelma.

Abstract

The study area is characterized by the emergence of several water springs, most of them are located at the outlet of the alluvial aquifer of Guelma, which gives rural people and passager the opportunity to get provisioned. The quality of this water is the primary concern of our work with the aim to assess their degree of potability with respect to the physico-chemical and bacterial parameters.

According to Algerian standards, all springs are moderately mineralized with total hardness of 500 mg/l, describing it as very hard water.

The nitrate concentration is close to the limit (50 mg/l), reflecting a nitrogen contamination and can reach high levels due to agricultural intensification.

The principal component analysis (PCA) shows that the parameters that control the mineralization and organic pollution are: ammonium, sulfate, magnesium, calcium, hardness, alkalinity complete, bicarbonate, electrical conductivity and organic matter and the narural pollution is due to suspended solids.

Bacteriological analyzes allowed to infer that water springs had mixed faecal bacterial pollution with animal-dominated.

Keywords: Pollution, water springs, physical-chemical, bacteriological, alluvial aquifer, Guelma.

Liste des abréviations

°F : Degré français.

μS : Micro siemens.

ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques.

ASR : Anaérobie sulfo-réducteur.

CE : Conductivité électrique.

Dosimat : Un distributeur automatique.

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

MES : Matières en suspension.

N.E.T: Noir d'eriochrom T.

n°: Numéro.

OMS : Organisation mondiale de santé.

ONM : Office National Météorologique .

P : Précipitation.

PH : Potentiel d'hydrogène.

R/S : Résidu sec.

T : Température.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TGEA: Gélose tryptone glucose agar.

UFC : Unité Formant Colonie.

VF : Viande foie.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Fig.1	Situation géographique de la zone d'étude.....	01
Fig.2	Géomorphologie de la région de Guelma.....	02
Fig.3	Coupe hydrologique.....	04
Fig.4	Température moyenne à la station de Guelma (1996-2008).....	06
Fig.5	Température moyenne interannuelle à la station de Guelma (1996-2008).....	06
Fig.6	Les précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (1996 – 2008).....	07
Fig.7	Évolution des précipitations interannuelle à la station de Guelma.....	08
Fig.8	Diagramme pluvio-thermique.....	08
Fig.9	Cycle simplifié propagation de polluants anthropiques dans les compartiments naturelle.....	17
Fig.10	Situation des sources étudié(source Google Earth).....	20
Fig.11	Matériels utilisés sur le terrain.....	21
Fig.12	Les colonie des germes totaux.....	39
Fig.13	Boite de repiquage.....	40
Fig.14	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	41
Fig.15	Recherche et dénombrement des ASR.....	43
Fig.16	Variation spatiale de la température.....	45
Fig.17	Variation spatiale de pH.....	46
Fig.18	Variation spatiale de la conductivité électrique.....	46
Fig.19	Variation spatiale de l'oxygène dissous.....	47
Fig.20	Variation spatiale de l'ammonium.....	48
Fig.21	Variation spatiale du sulfate.....	48
Fig.22	Variation spatiale de fer.....	49
Fig.23	Variation spatiale de nitrate.....	50
Fig.24	Variation spatiale du magnésium	50
Fig.25	Variation spatiale de calcium.....	51

Fig.26	Variation spatiale de l'alcalinité complète.....	52
Fig.27	Variation spatiale de bicarbonate.....	52
Fig.28	Variation spatiale de la matière organique.....	53
Fig.29	Variation spatiale de chlorure.....	53
Fig.30	Variation spatiale de résidu sec.....	54
Fig.31	Variation spatiale de la matière en suspension.....	55
Fig.32	Variation spatiale de la dureté.....	55
Fig.33	Variation spatiale des germes totaux.....	56
Fig.34	Variation spatiale de coliforme totaux.....	56
.Fig.35	Variation spatiale de coliformes fécaux	57
Fig.36	Variation spatiale de streptocoques fécaux.....	58
Fig.37	Faciès chimique des eaux des sources étudiées selon le Diagramme de piper.....	59
Fig.38	Diagramme de <u>Schoeller</u> - Berkaloff des eaux des sources étudiées.....	60
Fig.39	Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2.....	61
Fig.40	Approche graphique de l'ACP des paramètres physico-chimiques dans l'eau selon le plan F1x F2.....	61
Fig.41	Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2.....	62
Fig.42	Approche graphique de l'ACP des paramètres Bactériologique dans l'eau selon le plan F1x F2.....	63

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Introduction générale

Chapitre I:Description du site d'étude

1. Description du site d'étude.....	01
1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma	01
1.2. Relief	02
1.3. Bassin versant de Guelma.....	02
1.3.1. Le réseau hydrographique.....	03
2. Aspect géologique	03
2.1. Nappe alluvionnaire de Guelma	03
3. Cadre climatologique	04
3.1. Température	05
3.1.1. Température moyennes mensuelles	05
3.1.2. Température moyenne interannuelles	06
3.2. Précipitation	07
3.2.1. Répartition des précipitations moyennes mensuelles	07
3.2.2. Répartition des précipitations interannuelles	07
4. Diagramme pluvio-thermique	08

Chapitre II: Eau. qualité et pollution

Introduction.....	09
1. L'eau	10

1.2. Les eaux de sources.	10
1.3 Les principaux types de sources	10
1.3.1. Sources d'affleurement	10
1.3.2. Sources de déversement	10
1.3.3. Sources d'émergence	10
1.4. La contamination des sources d'eau	11
1.5. Traitement de l'eau de source	11
2. Qualité de l'eau	11
2.1. Les eaux de surfaces	11
2.2. Les eaux souterraines	11
2.2.1. Les nappes phréatiques ou nappes de puits	12
2.2.2. Les nappes profondes	12
2.3. L'eau potable	12
2.4. Les paramètres de potabilité de l'eau	12
2.4.1. Paramètres organoleptiques	12
2.4.1.1. Couleur.....	13
2.4.1.2. Odeur	13
2.4.1.3. Gout et saveur.....	13
2.4.2 Qualité physico-chimique	13
2.4.2.1 les matières minérales.....	13
2.4.2.2 les matières organiques.....	14
2.4.2.3 les matières dissoutes.....	14
2.4.2.4 les matières colloïdales	14
2.4.2.5 les matières en suspension.....	14

2.4.2.6 Les paramètres physico-chimiques	14
2.4.3 La qualité bactériologique	15
3. la Pollution.....	16
3.1. Principaux type de pollution	16
3.1.1. Les phénomènes naturels.....	16
3.2.2 Pollution d'origine urbaine.....	16
3.1.3. La pollution d'origine agricole	16
3.1.4. La pollution d'origine industrielle	17

Chapitre III: Matériels et méthodes

1. Présentation des sites d'échantillonnage	19
2. Mode de prélèvement	20
3. Matériels utilisés	21
3.1. Le matériel utilisé sur le terrain	21
4. Transport et conservation des échantillons.....	21
5. Mesures et analyse des paramètres.....	21
5.1. Mesures in situ.....	21
5.1.2 Les analyse physique.....	22
5.1.2.1. La température (T)	22
5.1.2.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)	23
5.1.2.3. Conductivité électrique (CE)	23
5.1.2.4. Oxygène dissous (O ₂)	23
5.2. Les analyse au laboratoire	23
5.2.1. Les analyses chimiques	24
5.2.1.1. Ammonium (NH ₄ ⁺)	24

5.2.1.2. Sulfates (SO_4^{-2})	25
5.2.1.3. Le fer (Fe^{+2}).....	26
5.2.1.4. Le Nitrate (NO^{-3}).....	27
5.2.1.5. Le magnésium (Mg^{+2})	29
5.2.1.6. Calcium (Ca^{+2})	30
5.2.1.7. Détermination de (TA) et (TAC)	31
5.2.1.8. Bicarbonate (HCO_3^-).....	33
5.2.1.9. La matière organique (MO)	33
5.2.1.10. Le Chlorures (Cl^-)	34
5.2.1.11. Le résidu sec (RS).....	36
5.2.1.12. Matières en suspension (MES)	37
5.2.1.13 .La dureté totale (TH)	38
5.2.2. Les analyses bactériologiques	38
5.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	38
5.2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	39
5.2.2.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices.	42
5.2.2.4 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	43

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Les Paramètres physico-chimique de l'eau....	45
1.1. Les paramètres physiques	45
1.1.1. La température (T)	45
1.1.2. Potentiels d'hydrogène (pH)	45

1.1.3. Conductivité électrique (CE)	46
1.1.4. Oxygène dissous (O ₂)	47
1.2. Les Paramètres chimique	47
1.2.1. L'ammonium (NH ₄ ⁺)	47
1.2.2. Les sulfates (SO ₄ ⁻²)	48
1.2.3. Le fer (Fe ⁺²)	49
1.2.4. Les nitrates (NO ₃ ⁻)	49
1.2.5. Le Magnésium (Mg ⁺²)	50
1.2.6. Le Calcium (Ca ⁺²)	51
1.2.7. L'alcalinité simple et complète (TA) et (TAC).....	51
1.2.8. Bicarbonates (HCO ⁻³)	52
1.2.9. La matière organique (MO)	52
1.2.10. Chlorures (Cl ⁻)	53
1.2.11. Résidu sec (RS)	54
1.2.12. Matières en suspension (MES)	54
1.2.13. La dureté totale (TH)	55
2. Les paramètres bactériologiques	55
2.1. Germes totaux (G.T).....	55
2.2. Les coliformes totaux (C.T)	56
2.3. Coliformes fécaux (thermo tolérants)	57
2.4. Les streptocoques fécaux	57
2.5. Les bactéries anaérobies sulfuto-réductrices	58
3. Diagramme de Piper	58
4. Diagramme de <u>Schoeller</u> - Berkaloff	59
5. Analyse en composante principale	60

5.1. Analyse physico-chimique	60
5.1.1. Cercle de corrélation	60
5.1.2. Représentation des individu	61
5.2. Analyse bactériologique	62
5.2.1. Cercle de corrélations	62
5.2.2. Représentation des individus	62
6. Confrontation des résultats aux norme Algérienne.....	63
Conclusion et recommandation.....	65

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction générale :

L'eau est répandue partout sur terre, et répartie de manière inégale sous des formes différentes : les glaciers, les rivières, les lacs et les réservoirs naturels, les eaux souterraines, l'eau de mer, l'eau fossile, l'eau virtuelle.

Tous ces états de l'eau, que l'on retrouve au cours de son cycle, en lien avec les interactions naturelles et les besoins humains. L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie.

Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines.

En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide qui cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels, l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs.

L'eau est une ressource fragile, Une seule goutte d'une substance dangereuse peut polluer des milliers de litres d'eau. La pollution générée aujourd'hui pourrait rester pendant des générations dans l'eau souterraine utilisée comme eau potable. En effet, les nombreuses utilisations qui en sont faites, notamment dans le domaine agricole, industriel et par les particuliers, affectent les ressources en eau. La qualité physico-chimique et microbiologique des eaux est dégradée du fait que l'eau est un récepteur principal de ces polluants.

Compte tenu des nombreuses difficultés que rencontrent les consommateurs des eaux de robinet et leurs nombreuses contestations sur la qualité de l'eau qu'ils utilisent, la population Guelmoise prend de plus en plus conscience de l'importance de la qualité des eaux de quelques sources municipales d'approvisionnement en eau potable en particulier durant la période de l'étiage. Cette ressource, qui a toujours été disponible et accessible, est susceptible de se détériorer rapidement et elle risque de devenir de plus en plus rare, que ce soit en quantité ou en qualité.

L'étude envisagée est de faire une caractérisation physicochimique et bactériologique de quelques sources d'approvisionnement en potable les plus sollicitées par la population locale et passagère.

Notre mémoire est structuré en deux parties interdépendantes :

La première partie présente une synthèse bibliographique qui englobe la description des sites d'étude des généralités sur l'eau, qualité et pollution des eaux .

La deuxième partie « expérimental », portera sur la campagne de prélèvement, la stratégie employée pour l'échantillonnage, les procédures et les protocoles expérimentaux globaux de toutes les techniques employées suivi des résultats obtenus, de leurs discussions et clôturé par une conclusion et recommandations.

Chapitre I
Description de site

1. Description du site d'étude

1.1 Situation géographique de la wilaya de Guelma :

La wilaya de Guelma se situe dans la région extrême Est du pays (Figure n°1). Elle occupe une position médiate entre le Nord du pays, et les hauts plateaux et le sud. S'étend sur une superficie : 3.686.84 Km² et abrite une population de 469.412 habitant dont 25% sont concentrés au niveau du chef lieu de Wilaya. La densité moyenne de cette population est de 127 hab/km².

La Wilaya de Guelma est Créée en 1974, comprend 10 dairat et 34 communes. Avec un climat tempéré et semi-aride, elle se caractérise par un relief montagneux (47%).

La wilaya de Guelma est délimitée par :

- La wilaya d'Annaba au Nord.
- La wilaya d'El Taref au Nord-est.
- La wilaya d'Oum El Bouaghi au sud.
- La wilaya de Constantine à l'Ouest.
- La wilaya de Souk Ahras, à l'Est.

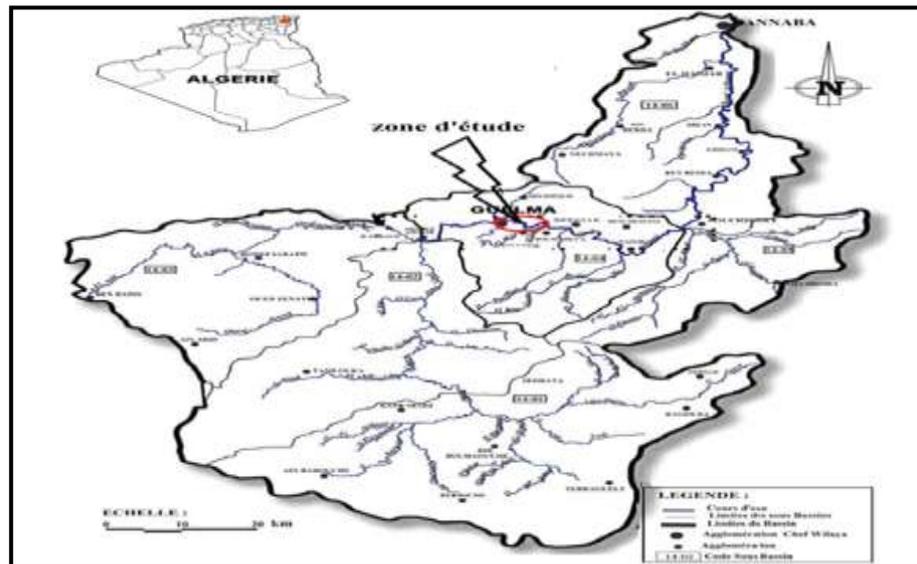


Figure n°2: Situation géographique da la zone d'étude (in Mouchara, 2004)

La région d'étude appartient au bassin de la Seybouse (la moyenne Seybouse), dans les territoires de la wilaya de Guelma avec environ 25km d'Est en Ouest et entre 3 à 10km de largeur.

La nappe alluviale de Guelma est une partie intégrante de ce bassin versant avec une superficie de 122 Km².

1.2 Le relief :

Le relief montagneux prédominant entoure trois dépressions importantes: la dépression de Tamlouka au Sud, celle de Guelma au centre et la dépression de Bouchegouf au Nord –Est (Figure n°3).

La Wilaya de Guelma est caractérisée par un relief diversifié qui se décompose comme suit :

- **Montagnes:** 37.82 % dont les principales sont:
 - Mahouna (Ben Djerrah) de 1411 d'altitude.
 - Houara (Ain Ben Beidha) de 1292 m d'altitude.
 - Taya (Bouhamdane) 1208m d'altitude.
 - Débagh (Hammam Débagh) : 1060 m d'altitude.
- **Plaines et Plateaux :** 27.22 %.
- **Collines et Piémonts :** 26.29 %.
- **Autres :** 8.67 %.

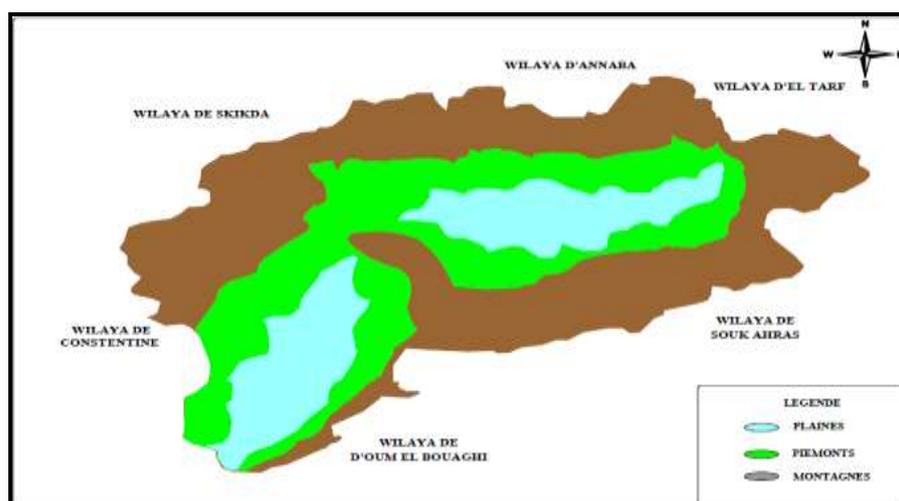


Figure n°4: Géomorphologie de la région de Guelma (in Benmarce , 2007)

1.3 Bassin versant de Guelma :

Le bassin de Guelma est localisé dans la zone tellienne de la chaîne alpine de l'Algérie du nord orientale, il a une forme allongée d'Est en Ouest sur 20 km de long et 3 à 10 km de large. Cette zone est constituée d'un ensemble de terrasses emboîtées les unes aux autres correspondant à une dépression de 50 km² de surface traversée d'Ouest en Est par la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau superficiel de la région et où viennent se jeter des petits Oueds du bassin versant secondaire.

1.3.1 Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents, et sous affluents, permanents ou temporaires, par lequel s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du sous bassin versant.

L'organisation du réseau hydrographique dans la région d'étude est commandée par l'agencement du relief. Véritable château d'eau alimenté par les précipitations de type « pluvial » apportées par les perturbations venues de l'Atlantique.

Le barrage reçoit les eaux des réseaux hydrographiques d'Oued Bouhamdane (37.49 km), Il draine un bassin de 1136 km² (14 - 03 du Nord Constantinois) (Aghachi, 1986) Caractérisé par un régime de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales, mais l'Oued peut néanmoins connaître des crues exceptionnelles ou de graves étiages, rendus de plus en plus rares, toutefois, par l'important aménagement hydraulique (barrage).

Les cours d'eau tributaires d'Oued Bouhamdane sont représentés par le réseau hydrographique d'Oued Zenati et Oued Gherib.

Oued Bouhamdane est un affluent principal d'Oued Seybouse avec Oued Cherf, qui se rejoignent à la confluence de Medjez Amar donnant naissance à Oued Seybouse, ce dernier coule en direction du nord depuis Bouchegouf, et se jette dans la Méditerranée par l'estuaire de Sidi Salem à Annaba, c'est un des plus grands oueds d'Algérie, avec un débit annuel de 500 millions de m³.

2. Aperçus géologique :

La région de Guelma est un ancien bassin d'effondrement longtemps fermé où s'est entassé un ensemble varié de sédiments allant du quaternaire au trias, présentant ainsi une lithologie très variée et qui comprend essentiellement les alluvions (sable, gravier, cailloutis,...), les grés, les marnes, les argiles, et les calcaires.

En effet, les mouvements tectoniques du plio-quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogénèse de la région, qui ont donnés naissance à une dépression formant ainsi le réservoir aquifère de la vallée de Guelma.

2.1 Nappe alluvionnaire de Guelma :

Elle est située dans la vallée de l'Oued Seybouse en grande partie sur sa rive droite. Elle est sillonnée par l'Oued Seybouse d'Ouest en Est, depuis Medjez Amar jusqu'à Nador

C'est une zone d'effondrement comblée par des dépôts miocènes (argiles et marnes à gypses) et quaternaires (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions sont perméables et sont alimentés par les eaux d'infiltrations des pluies et des apports latéraux du bassin versant de la Seybouse (Figure n°5). Elle est constituée de trois terrasses distinctes (basse, moyenne, et haute). (Djabri et al, 2004).

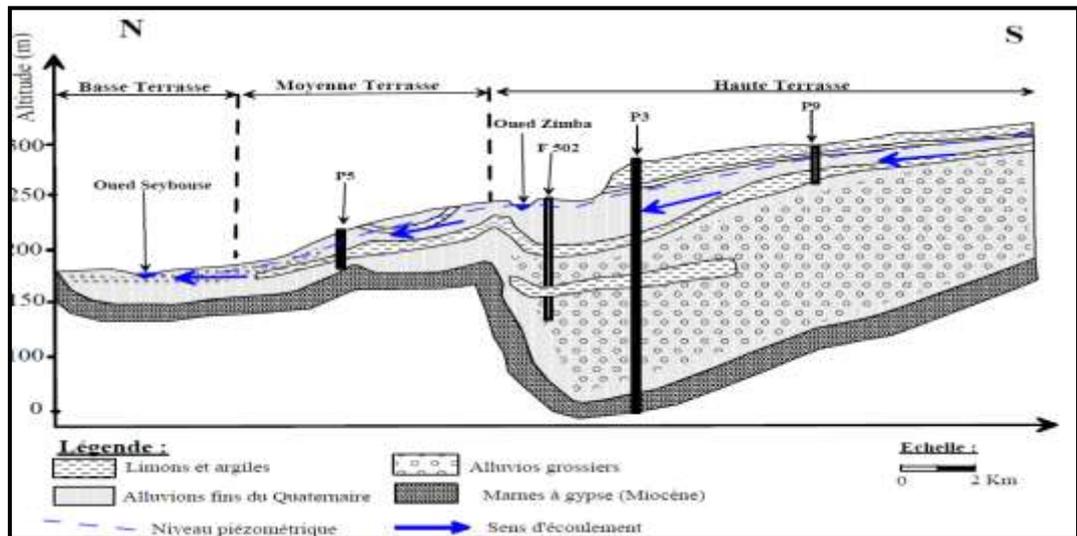


Figure n°3: Coupe hydrogéologique (d'après B.Gaud, 1974 in Benmarce, 2007)

3. Cadre climatologique :

Le climat joue un rôle important dans le régime des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. Dans les mécanismes de pollution, l'infiltration efficace et le ruissellement des eaux entraînent de manière très différente les polluants que ce soit d'origine organique ou chimique en profondeur.

Le climat de notre région d'étude est continental avec un hiver froid et pluvieux, de type humide et un été très chaud et sec, quelques nuages orageux rompent la monotonie du temps, accompagnés d'averses de grêle et de fortes précipitations brèves et locales, alterne souvent avec des chaleurs brûlantes qui peuvent se manifester de manière violente même en Juillet et début Août.

Les données météorologiques récoltés de la station de Guelma, sur 12 ans (1996 - 2008) dont les coordonnées sont résumées dans le Tableau n°1, nous permettent de caractériser le climat de la zone d'étude (Tableau n° 1).

Tableau n° 2:Cordonné de la station météorologique de Guelma (ONM)

Période d'observation	Longitude	Altitude (m)	Latitude
1996 - 2008	07° 28' E	227	36° 28 N

3.1 Température :

La température joue un rôle important dans le climat. Par ce qu'elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (Emsalem, 1986).

La température influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants. Et très important dans l'évolution du déficit d'écoulement qui entre dans l'estimation hydrogéologique, ce paramètre est indispensable à la climatologie, vu de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau.

Par conséquence l'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

3.1.1 Températures moyennes mensuelles :

Selon la figure n°4, sont mentionnées les valeurs des températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma, sur une période de 12 ans.

Les températures moyennes mensuelles au niveau de notre station varient entre 27.45°C (Aout) et 9.56°C (Janvier). Les valeurs les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin-Septembre), avec des températures variant de 23,43°C à 27,45 °C. Par contre les températures les plus basses, de 9.56 à 12,53°C, sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars). Le mois le plus froid est le mois de Janvier (9,56°C), et le mois d'Août est le plus chaud avec une température de (27,45 ° C).

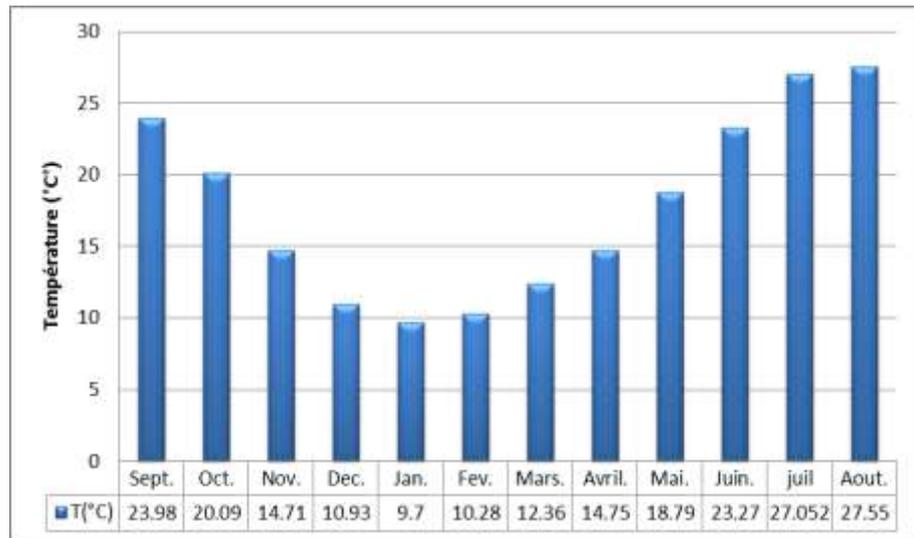


Figure n°4: Température moyenne mensuelle à la station de Guelma (1996-2008)

3.1.2 Températures moyennes interannuelles :

Les valeurs moyennes de la température interannuelle de la période 1996-2008 consignées dans la figure n° 5 permettent de suivre l'évolution moyenne du régime thermique au niveau de la région d'étude.

Les variations interannuelles de la température montrent que les températures moyennes interannuelles sont assez proches et varient entre 17.21°C en 1996/1997 et 18.53°C en 2002/2003. Signalons que la température moyenne annuelle est de l'ordre de 17.85 °C.

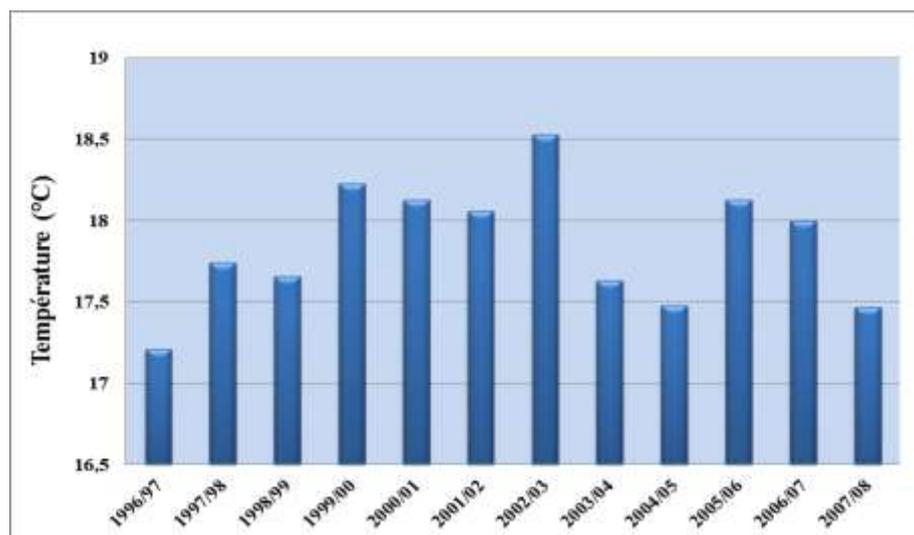


Figure n°5: Température moyenne interannuelle à la station de Guelma (1996-2008)

3.2 Précipitation :

La précipitation est un facteur primordial du climat, les divers types des précipitations sont le plus souvent mesurés par le pluviomètre usuel.

Elles représentent l'épaisseur de la couche d'eau qui resterait sur une surface horizontal s'il n'y avait ni écoulement, ni évaporation.

3.2.1. Répartition des précipitations moyennes mensuelles :

La répartition mensuelle des précipitations au cours de l'année est en relation étroite avec le régime thermique. Elle influe directement sur le régime hydrique des cours d'eau ainsi que sur les fluctuations des niveaux des nappes phréatiques. Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 12 ans (1996 - 2008).

Selon la figure n°6 les précipitations moyennes mensuelles les plus importantes sont enregistrées pendant le mois janvier, avec 94.63 mm, ce qui produit une recharge de la nappe, alors qu'elles atteignent à peine les 2.52 mm au mois de juillet le plus sec, ce qui produira une évaporation rapide de cette dernière.

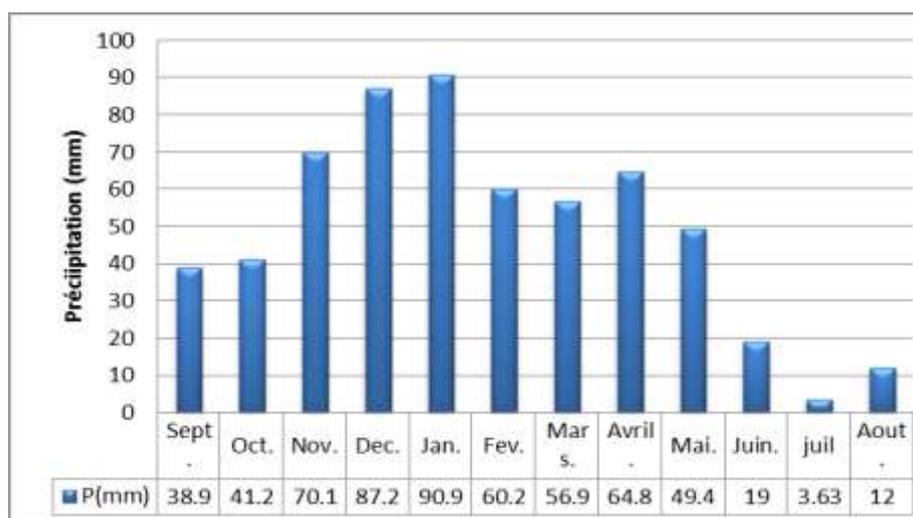


Figure n°6 : Les précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (1996 2008)

3.2.2 Répartition des précipitations interannuelles :

L'analyse des valeurs moyennes, fait apparaître une inégalité dans la distribution spatiale des pluviométries interannuelles sur une période de 12 ans (1996-2008), l'année la plus arrosée avec une hauteur moyenne annuelle égale à 879 mm (2002-2003), alors que l'année la plus sèche (1996/1997) avec une hauteur moyenne annuelle égale à 291.70mm (Figure n°7).

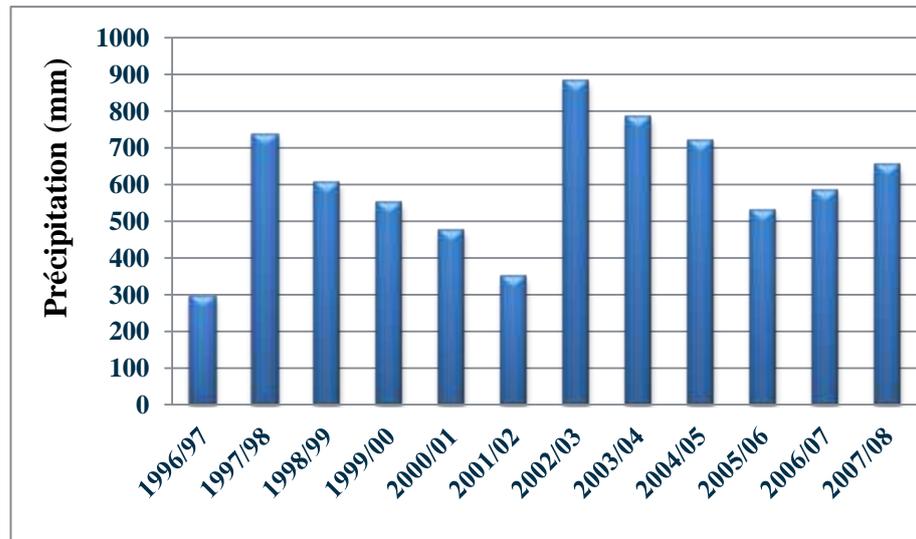


Figure n°7: Évolution des précipitations interannuelle à la station de Guelma (1996-2008)

4. Diagramme pluvio-thermique :

Le diagramme pluvio-thermique établi, montre l'existence deux saisons bien distinctes :

- Une saison sèche et chaude qui s'étale du mois de juin (23.3°C) avec une précipitation de 19 mm, jusqu'au mois de Septembre (24°C) et une précipitation 38.9 mm.

-Une saison humide plus longue qui dure environ sept mois et s'étale du mois de Octobre (20.1°C), avec une précipitation de 41.2 mm jusqu'au mois de Mai (18.8°C) et une précipitation de 49.4 mm. (Figure n° 8)

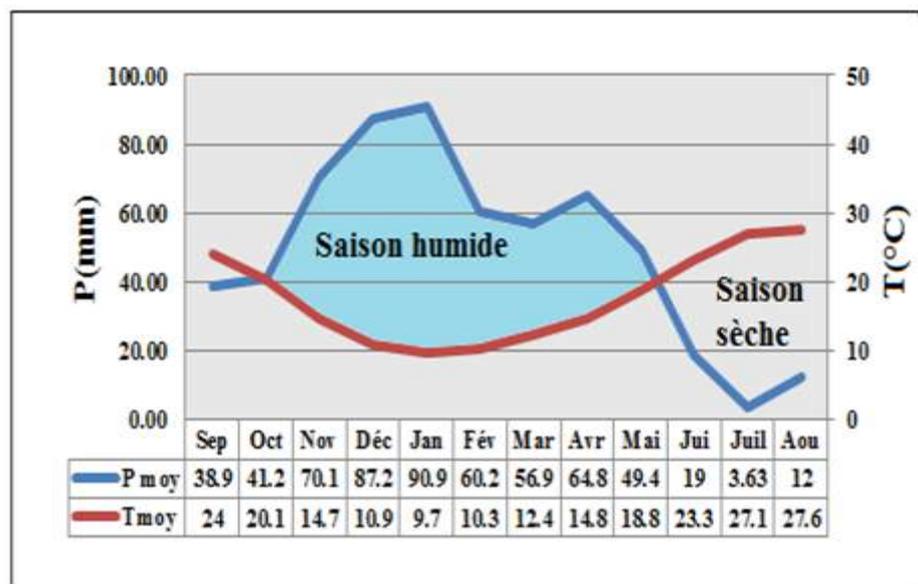


Figure n° 8: Diagramme pluvio-thermique au statut de Guelma (1996-2008)

Chapitre II

Eau, qualité et pollution

Introduction

La qualité de l'eau est une des plus grandes préoccupations de nos jours. Le secteur agricole devient de plus en plus un grand utilisateur d'eau, il doit pouvoir compter sur une abondance d'eau de qualité suffisante pour toutes les activités liées aux cultures et à l'élevage des animaux.

Les problèmes de pollution engendrés par les déchets liquides et solides suite au développement démographique et socio-économique du pays, ainsi que les conditions climatiques et particulièrement la sécheresse, ont des répercussions sur la qualité des ressources en eau en Algérie.

Aussi, les mauvaises pratiques de gestion agricole peuvent éventuellement nuire à la qualité de l'eau. Par exemple, à cause de l'érosion du sol, du ruissellement en surface et du lessivage, les engrais, les pesticides et les agents pathogènes peuvent être entraînés dans les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

Il est important de mettre la notion de pollution sur brillance pour mieux comprendre sa conséquence écologique.

1. L'eau :

Le volume total d'eau que porte la Terre est de 1,4 milliards de km³. De ce volume, 2,53 %, soit 35 millions de km³, est de l'eau douce. La majeure partie de l'eau de la planète est salée et est contenue dans les différentes mers et océans. Une petite partie d'eau salée se retrouve aussi dans des aquifères souterrains (1 %) et dans des lacs (0,006 %).

1.2 Les eaux de sources.

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (Gomella et al, 1974).

1.3 Les principaux types de sources:

1.3.1 Sources d'affleurement :

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure au sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (Vilagines, 2000).

1.3.2 Sources de déversement :

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (Bonnin , 1982).

1.3.3 Sources d'émergence :

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (Gomella et Guerree , 1980).

1.4 La contamination des sources d'eau :

Ces différentes sources d'approvisionnement en eau peuvent être polluées par des eaux usées de nature industrielle ou domestique, par des pesticides ou par des boues de vidange, sans que l'utilisateur ne le sache.

Ces sources doivent donc être protégées contre toutes sortes de contamination, qu'elles soient d'origine microbienne, parasitaire, physique ou chimique.

Il importe donc que les municipalités mettent à la disposition des populations des sources d'approvisionnement en eau potable, notamment par un système d'adduction d'eau efficace. Les populations devraient donc s'approvisionner en eau à des sources garanties.

1.5 Traitement de l'eau de source :

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer et le manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (OMS, 2006).

2. Qualité de l'eau

2.1 Les eaux de surfaces :

Elles regroupent toutes les eaux provenant d'un mélange d'écoulements souterrains et des eaux de pluie qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol. Elles comprennent les eaux des grands cours d'eau, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux alimentés par des sources et qui recueillent les eaux de ruissellement des bassins versants (Coulibaly, 2005).

Les écoulements de surface constituent la cause essentielle de la turbidité et de la teneur en matières organiques, des débris d'origine végétale ou animale, ainsi que des micro-organismes pathogènes des eaux de surface. C'est ainsi que les eaux de surface font plus l'objet des pollutions physico-chimiques et microbiennes.

En outre, elles assurent un développement important de zooplancton et de phytoplancton qui se multiplient par photosynthèse grâce aux sels minéraux dissouts dans l'eau. La pollution organique conduit souvent à l'eutrophisation de ces eaux.

2.2. Les eaux souterraines :

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable,

exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole. La porosité et la structure du sol déterminent le mode de circulation souterraine et le type de nappe . Les eaux des nappes (Bensaoula et al, 2007). Elles peuvent être classées en deux catégories:

2.2.1 Les nappes phréatiques ou nappes de puits :

Elles reposent non loin du sol (quelques Dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique.

2.2.2 Les nappes profondes :

Elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe.

D'une façon générale, les eaux des nappes profondes sont potables. Dans certains cas, l'eau issue des nappes profondes peut sortir très chaude.

2.3 L'eau potable

La définition d'une eau potable est très malaisée. C'est en effet un terme générique qui ne peut s'appuyer sur un type unique, car toute eau que l'on peut consommer sans danger peut être considérée comme potable.

A cette notion de danger potentiel peut se superposer une notion d'agrément vis-à-vis du goût et même de confort (aspect, température).

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit :

- être raisonnablement minéralisée.
- être raisonnablement colorée et limpide.
- assurer de ne pouvoir nuire à la santé.
- assurer de ne pas voir ses qualités altérées par le temps, ou les conditions de son transport (Alouane,2010).

2.4 Les paramètres de potabilité de l'eau :

2.4.1 Paramètres organoleptiques :

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. (Genoutdet, 2001).

2.4.1.1 Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt (Lefèvre , 1991).

2.4.1.2 Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier , 2007).

2.4.1.3 Goût et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

2.4.2 Qualité physico-chimique :

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- suivant leur nature chimique : organique ou minérale.
- suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales.

2.4.2.1 les matières minérales:

Ce sont essentiellement des composées ioniques, anions et cations qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contacte.

L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique.

2.4.2.2 Les matières organiques:

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples.

2.4.2.3 Les matières dissoutes:

Ce sont des matières dispersées de façon homogènes dans l'eau, facilement polarisées ou ionisées.

Elles obéissent à des équilibres de la dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur étant important pour les gaz.

2.4.2.4 Les matières colloïdales:

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide.

2.4.2.5 Les matières en suspension:

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μm , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle.

2.4.2.6 Les paramètres physico-chimiques :

Les analyses de l'eau ont pour but de déterminer les constituants de l'eau selon leur grandeur. Ce qui mettra en évidence le type d'eau. Cette analyse pourra s'effectuer in situ et concernera les paramètres physiques : Température (T), potentiel d'hydrogène (pH), le potentiel Redox (Eh), conductivité électrique (CE) l'oxygène dissous (O₂), Taux des sels dissous (TDS) et au laboratoire elle portera sur les éléments majeurs (Cations : Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ et Anions : Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻), les éléments nutritifs : NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻ .

Parmi les métaux lourds dangereux pour la santé, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome. Ces métaux se trouvent à l'état naturel dans le sol, sous forme de traces qui posent peu de problèmes. Cependant, quand ils sont concentrés dans des aires particulières, ils posent un grave danger.

2.4.2.7 La qualité bactériologique :

Indicateurs microbiens courants et causes possibles de leur présence dans l'eau potable

Tableau n°2 : les normes bactériologiques (OMS, 2006)

Indicateur microbien	Causes possibles de la détection de l'indicateur	Concentration maximale admissible (eau désinfectée)
E.coli	<ul style="list-style-type: none">Contamination fécale récente présence possible d'organismes pathogènes.	<ul style="list-style-type: none">Aucune UFC détectable dans 100 ml.
Coliformes thermotolérants	<ul style="list-style-type: none">Traitement et désinfection inadéquats, recolonisation bactériologique ou infiltration dans le réseau de distribution.	<ul style="list-style-type: none">Aucune UFC détectable.Dans 100 ml .
Coliformes totaux	<ul style="list-style-type: none">Leur présence dans l'eau Sortant de la station de traitement indique une grave défaillance du système de traitement .Leur présence dans l'eau Du réseau de distribution (prélevée ailleurs qu'à la sortie de la station de traitement) indique une vulnérabilité à la contamination ou une recolonisation bactérienne du réseau. Elle n'est pas nécessairement liée à une contamination .	<ul style="list-style-type: none">Aucune UFC détectable dans 100ml .Ailleurs dans le réseau de distribution .elle dépend de la fréquence des prélèvements et de la taille du réseau.
Streptocoques fécaux		<ul style="list-style-type: none">0 /100ml

3. La pollution:

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de l'énergie, Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques (Ezziane , 2007).

3.1 Principaux types de pollution :

3.1.1 Les phénomènes naturels :

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo minérale.

3.1.2 Pollution d'origine urbaine:

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel la plus anciennement connue, perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert.

Elle est en général véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer où centres d'activités, vers une station de traitement des eaux usées. Elle est caractérisée par :

- La présence de germes fécaux.
- Des sels minéraux, l'azote et le phosphore.
- Des détergents.
- Des fortes teneurs en matière organique (Baghdad et al , 2010).

3.1.3 Pollution d'origine agricole :

L'agriculture et l'aquaculture sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques, des pesticides, des bactéries provenant des fumiers et purins d'animaux d'élevage et des métaux.

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leur épandage en excès pour des raisons d'agriculture intensive entraîne leur lessivage par les eaux de pluies et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines.

Les déchets d'élevage et les engrais contiennent l'azote et le phosphore, qui sont transportés par l'écoulement aux lacs et par eaux de ruissellement; peuvent causer des graves problèmes qui résultent de l'excès de la productivité des algues.

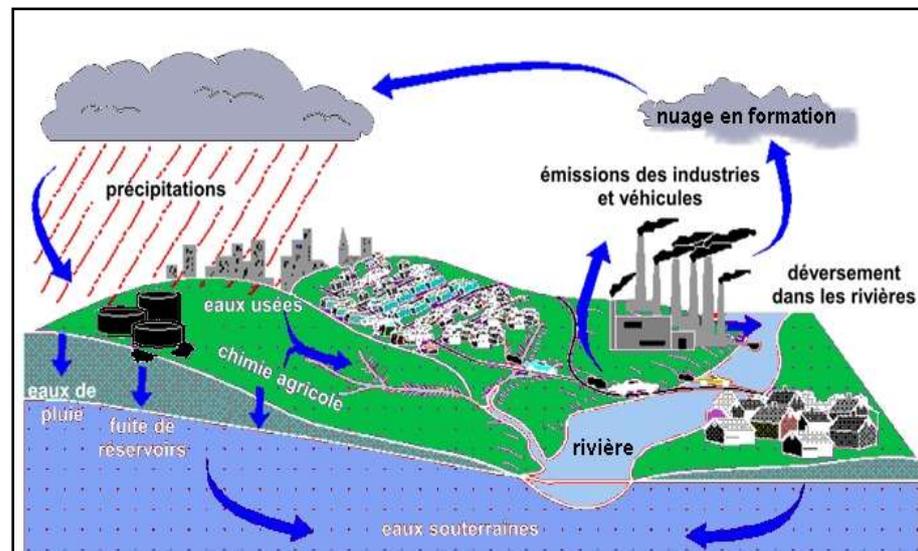


Figure n° 09 : Cycle simplifié de propagation de polluants anthropiques dans les compartiments naturels [1]

3.1.4 Pollution d'origine industrielle :

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnante (Bechac et al,1984).

Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines, l'énergie consommée (hydrocarbures), aux matériaux transformés (minerais) et aux procédés de fabrication utilisés (solvants et autres produits toxiques).

La pollution de l'eau découle de l'usage et du rejet des eaux. Les sous produits possibles d'activité humaine :

- Matières organiques et graisses.
- Hydrocarbures.
- Acides bases et produits chimiques divers.
- Eau chaude des centrales thermiques.
- Matière radioactive.
- Métaux lourds.

Chapitre III
Matérielle et méthode

1. Présentation des sites d'échantillonnage:

La sélection des lieux de prélèvement des six sources d'eau dans la plaine alluviale de Guelma ont été choisies de manière que ces sources sont les plus utilisées par la population locale et passagère comme des sources d'approvisionnement en eau potable. La campagne s'est déroulée en mars 2015.



Source 1: Ain Guettiche



Sources 2: Zouaniz



Source 3: Benyounes



source 4: Guettara



Source 5: Redjaibia



Sources 6 : Ain El Far

Photo n°1 : Sources étudiées

(prise par nous)



Figure n° 10 : Situation des sources étudiées (Source Google Earth)

2. Mode de prélèvement :

Les techniques des prélèvements sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Dans notre cas, l'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques, c'est effectué dans des flacons propres de type bouteille en plastique d'eau minérale de 1.5 litre.

Le prélèvement de l'eau de source jaillissante doit se faire le plus près possible de l'émergence de l'eau à un endroit où l'eau n'a pas encore coulé de manière turbulente. À chaque prélèvement, les échantillons d'eau à analyser sont prélevés dans des bouteilles bien rincées avec l'échantillon, puis, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière portative (4 °C), jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

L'échantillonnage destiné à l'analyse bactériologique sont prélevés à l'aide de flacons en verre pyrex munis de bouchons à vis, stériles. Les flacons stériles sont maintenus sous la conduite de la source directement, en ouvrant le bouchon sous le flux d'eau. Remplir le flacon en laissant un certain vide d'air, afin de permettre un mélange en agitant le flacon.

3. Matériels utilisés :

3.1 Le matériel utilisé sur le terrain :

- On a utilisé le matériel suivant : un multi-paramètre de type HANNA qui mesure le pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous, TDS.
- Un GPS.
- Un bidon, des bouteilles vides (plastique).
- Un appareil photo, et des étiquettes.
- Un carnet de terrain.



Figure n°11: Matériels utilisés sur le terrain

4. Transport et conservation des échantillons :

Depuis le prélèvement jusqu'au traitement, il faut un délai aussi court que possible, un stockage bref et une conservation à base température pendant toute la durée du transport.

L'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible car la teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau subit un risque des modifications dans les flacons après le prélèvement.

5. Mesures et analyse des paramètres

5.1 Les mesure in-situ:

Les mesures in-situ sont des analyses réalisées sur place par un multi paramètre qui permet la mesure des différents paramètres fournis par la même sonde à 4 électrodes, il faut suivre les procédures suivantes après avoir plané directement la sonde de mesure dans le récipient d'eau échantillonnée.

- Immerger la sonde dans l'échantillon à mesurer en évitant les chocs.
- Allumer l'instrument.
- L'instrument affiché a les différents paramètres selon la programmation effectuée.

Appuyer sur la touche LOG pour mémoriser les données ou sur la touche MENU pour entrée un mode programmation.

Pour certains paramètres, il est également possible de sélectionner l'unité de mesure en appuyant sur UNIT ou RESOLUTION.

- pour la température, il est possible de sélectionner (°C).
- pour la concentration en oxygène dissous, il est possible de sélectionner ppm ou mg/l.
- pour la conductivité réelle, il est possible de sélectionner, us/cm en ms/cm.
- pour solides dissous (exp TDS) peuvent être exprimés soit en ppm ou mg/l .
- les mesures de la qualité de l'eau de source comprennent les mesures in-situ et les mesures au laboratoire.

5.1.2 Les analyses physiques :

Pour chaque prélèvement des paramètres physiques: la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés in situ. Ils donnent les premières indications sur la qualité des eaux.

5.1.2.1 La température (T°C) :

La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire. La température influence des paramètres comme (l'oxygénation, la conductivité, la solubilité de différentes substances, ...etc).

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. De plus elle met en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indicateurs sur l'origine de l'eau (Drissi ,2008).

5.1.2.2 Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH permet de mesurer l'acidité de l'eau et la concentration en ions H⁺. L'alcalinité mesure donc l'ensemble des substances susceptibles de réagir avec les ions hydrogènes, en particulier, les ions carbonates et bicarbonates. Pour la dureté, elle mesure la quantité d'ions calcium et magnésium présents (JORA, 1993).

5.1.2.3 Conductivité électrique (CE) :

C'est l'aptitude d'une eau à mettre le passage du courant électrique. Est directement liée à la teneur en minéraux dissous ionisés. Elle augmente avec la température La conductivité dépend à la fois de la quantité d'ions présents dans le milieu et à la présence des espèces ioniques en solution (Pescod, 1985).

En mesurant la conductivité, nous essayons d'avoir une estimation de la quantité de sels ionisables dissous. Une conductivité électrique élevée est signe de pollution du cours d'eau, les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Elle fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous (OMS, 1994).

5.1.2.4 Oxygène dissous (O₂) :

C'est la quantité d'oxygène libre contenue dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. Elle s'exprime par sa concentration, à une température et une pression donnée, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute (Rodier, 1984).

C'est la teneur en O₂ pour laquelle l'eau est saturée à 100%. D'autre part, la présence de l'oxygène dans l'eau résulte d'une diffusion à partir de l'air au niveau de la surface et surtout de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques, notamment des algues du phytoplancton. L'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel indispensable pour la respiration des organismes vivants aérobies Elle est exprimée en mg/l (Benmarce, 2007).

5.2 Les analyse au laboratoire :

Les analyses chimiques des eaux des sources étudiées ont été réalisées à la station de traitement des eaux du barrage de Hammam Debagh.

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh est une usine de Production des eaux. Elle est située à 1 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, de

capacité de 500 L/s. Mise en service en 2003, leur surface est trois hectares. Elle est située entre 36°27,834/N et 007°15,282/E. Evaluation : 294.5m.

5.2.1 Les analyses chimiques

5.2.1.1 Ammonium (NH₄⁺) :

Objet : Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et eaux résiduaires.

Principe :

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

Méthode de travail :

Réactifs :

- Réactif coloré .
- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium.
- Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l.
- Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l.
- Solution de lavage.

Matériels :

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes).
- Spectrophotomètre UV/VIS.

Mode opératoire :

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille d'ammonium 1 mg/l, indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole, prélever 40 de chacune des solutions, ajouter ensuite 4 ml du réactif coloré et 4 ml du de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Après au

moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm.

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

- 4 ml du réactif coloré homogénéisé.
- 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

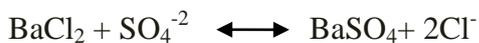
Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium (ISO 7150/1).

5.2.1.2 Sulfates (SO_4^{-2}) :

Objet : L'objet de la présente est de décrire la détermination des sulfates par spectroscopie.

Principe :

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



Méthode de travail :

Réactifs :

- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum (BaCl_2) à 0.01N.
- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium (Na_2SO_4).

Matériel :

- Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers ...)
- Spectrophotomètre UV/Visible.
- Agitateur magnétique.

Mode opératoire :

Procéder comme décrit à la calibration en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai. Les résultats sont exprimés en SO_4^{-2} mg/L.

5.2.1.3 Le fer (Fe^{+2}) :

Objet : La présente méthode d'essai spécifie une méthode spectrométrique à la phénantroline pour le dosage du fer dans l'eau.

Principe :

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer (II)-phénantroline-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.

Méthode de travail :

Réactifs :

- Solution d'acide chlorhydrique à 10%.
- Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/l.
- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l.
- Solution de phénantroline-1,10.
- Solution tampon acétate.
- Solution mère de fer correspondant à 1 g/l.
- Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/l.

Matériel :

- Toute la verrerie et flacons de prélèvement doivent-être lavés à l'acide chlorhydrique (HCl) à 1.12 g/ml.
- Spectrophotomètre UV-Visible convenant pour effectuer des mesurages à 510 nm .
- Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai.

- Balance analytique de laboratoire.
- Fioles.
- Pipettes.

Mode opératoire :

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 10mm².
- Établir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses et l'absorbance mesurer correspondante, en en ordonnée.
- Enregistrer la courbe établit sur le spectrophotomètre dans le cas ou le coefficient R est supérieur ou égale à 0.995 avec le maximum de point retenues.
- Procéder de la même façon pour l'analyse de l'échantillon.
- Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer. (ISO 6332)

5.2.1.4 Le Nitrate (NO⁻³):

Objet : Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium.

Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique .

Méthode de travail :

Réactifs :

- Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%.
- Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.
- Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l.

Matériel :

- Balance analytique de laboratoire précision 0.1 µg.
- Capsules de 100 ml.
- Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml.
- Paires à pipeter.
- Etuve pour séchage.
- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

- Introduire 10ml d'eau à analyser.
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30% (b).
- Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % (a).
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C.
- Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré (d).
- Laisser reposer 10 minutes.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium (c).
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l (Norme Afnor T90-012).

5.2.1.5 Le magnésium (Mg^{+2}) :

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996).

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites) (Debieche, 2002). Il est classé comme élément significatif de la dureté de l'eau.

Principe :

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH=10.

Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur (Rodier, 2009).

Réactifs :

-Solution d'EDTA (N/50).

-Noir d'ériochrome T.

- NH_4OH à PH=10.

Mode opératoire :

Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large, ajouter 2 ml de NH_4OH à PH=10 et une pincée de noir d'ériochrome T, titrer par l'EDTA (N/50) jusqu'au virage de la couleur bleu (Hakmi, 2002).

Expression des résultats : La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

D'où : $(Mg^{2+}) (Mg/L) = \frac{V_2 - V_1}{V} \times F \times 4,8$.

V_2 : Volume titrée de calcium et de magnésium, V_1 : Volume titrée de calcium.

5.2.1.6 Calcium (Ca^{+2}) :

Objet : Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

Principe :

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le Calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet .

Méthode de travail :

Réactifs :

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N.
- Calcium, solution de référence à 100 mg/l.
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l.
- Murexide (indicateur).

Matériels :

- Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA
- Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers...

Mode opératoire :

Calcul du coefficient de correction (F_c) :

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction F_c est égal à :

$$F_c = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique (12.5ml)}}$$

Si : $0,96 \leq F_c \leq 1,04$, alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2N et une pincée d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout.

Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. (ISO 6058 -1984).

Expression des résultats $Ca = \frac{c1 \cdot V1 \cdot A}{V0} Fc \cdot 1000 \cdot F$

C1: concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.

V0: est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml.

V1: est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

A : est la masse atomique du calcium (40,08 g).

Fc : facteur de correction du titre.

F : facteur de dilution.

5.2.1.7 Détermination de (TA) et (TAC) :

Objet : La présente méthode d'essai a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique (ta) et du titre alcalimétrique complet (tac). l'opération est effectuée en utilisant un pH-mètre, une burette ou un dosimat.

Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. la première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Méthode de travail :

Réactifs :

- Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 % .
- Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.01 N.

Matériels :

- pH-mètre .
- Electrode .
- Burette manuelle ou burette automatique.
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques.
- Bécher de 50 ml.

Mode opérateur :

Comme pour toute méthode instrumentale, la méthode d'essai est très étroitement liée aux Matériels dont on dispose ; se reporter à la notice de l'appareil. Amener 100 ml d'eau à analyser au pH 4.3 ; Soit V_2 le volume total d'acide employé.

Si le pH est supérieur à 8.3 verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur .Noter le volume V_1 lu au dosimat .Suivre les instructions de l'utilisation du PH mètre.

Mesures et calcul du résultat :

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), Exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

$$TA = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V.$$

- $TAC = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V.$
- Masse molaire des bicarbonates = 61mg.
- Masse molaire des carbonates = 60mg.

-Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$TA = 0 \text{ et } TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_1 \times 61.$$

-Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$TA = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2.$ et $TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2TA.$ Où V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V_1 est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 0,01 N versé de la burette.

V₂ est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

5.2.1.8 Bicarbonate (HCO₃⁻):

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser.

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Réactifs :

- Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N.
- Solution d'HCl à 0,1 N.

Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3 (Amino et al, 1983).

5.2.1.9 La matière organique (MO) :

Ce test à caractère conventionnel du permanganate a pour but d'approcher la teneur en matière organique présentes dans l'eau.

Principe :

L'opération consiste à mesurer en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisé pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animales ou végétales contenues dans une eau.

Réactifs :

- Solution acide sulfurique 50%

- Solution de permanganate de potassium N/80 à préparer à partir d'une solution N/10 récemment titrée, vérifier le titre de cette solution 1ml de la solution N/80 correspond à 0.1mg d'oxygène.
- Solution d'acide oxalique N/80 à préparer à partir d'une solution N/10 récemment titrée.

Mode opératoire :

Introduire dans un Erlenmeyer de 500ml d'eau à analyser et 10ml d'acide sulfurique à 50%, ajouter 10ml de solution de permanganate de potassium N/80, porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 minutes à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent avec la surface du liquide, ajouter ensuite 10ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer, prévenir immédiatement à la teinte rose faible mais persistante à l'aide d'une burette graduée, la solution de permanganate de potassium N/80 faire un essai à blanc en opérant les mêmes conditions (Rodier, 1996).

5.2.1.10 Le Chlorure (Cl⁻) :

Objet: L'objet de la présente prescrit une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (méthode de Mohr).

Principe :

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

Méthode de travail :

Réactifs :

- Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l .
- Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 g/l.
- Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/l.
- Solution d'acide nitrique (HNO₃) à 0.1 mol/l.

- Carbonate de calcium (CaCO_3) ou mono hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO_3) en poudre.

Matériel :

- Burette.
- Capsules en porcelaine de 100 ml.
- Pipettes.
- Fioles.

Mode opératoire :

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (b) Solution d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 g/l et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître. La concentration en chlorure (P_{Cl}) exprimée en milligrammes par litre.

P_{Cl} : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_a : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

V_b : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

V_s : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

C : est la concentration réelle exprimée en moles d' AgNO_3 par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

f : est le facteur de conversion $f=35453 \text{ mg/mol}$ Donner le résultat à 1 mg/l près, avec seulement 3 chiffres significatifs. (ISO 5667-3 :2003).

5.2.1.11 Le résidu sec (RS) :

Objet : La présente méthode d'essai a pour objet la description des méthodes de détermination des résidus secs dans les eaux à 100-105°C.

Principe :

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

Le résidu sec à 100-105 °C :

Résulte de l'évaporation simple de l'eau mais aussi de l'évaporation, en totalité ou en partie, de l'eau occluse et de l'eau de cristallisation des sels ; des pertes en dioxyde de Carbone peuvent résulter de la transformation des bicarbonates en carbonates. Il peut y avoir, en outre, une perte plus au moins négligeable de matières organiques.

Méthode de travail :

Matériels :

- Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou, de préférence, en silice ou en platine.
- Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et de son contenu à 0.1 mg près.
- Etuve réglable à 100-105°C
- Four réglable à 525°C.

Mode Opérateur :

Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO₃) dilués au dixième environ et tièdes, puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve, puis la calciner dans le four réglé à 525 °C. Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Soit M₀ la masse de la capsule vide.

Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, dans la capsule : il est recommandé de ne remplir celle-ci que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération, rincer à l'eau distillée la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai et verser les eaux de lavage dans la capsule. Une fois l'eau évaporée, placer la capsule dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.

Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 100-105 °C laisser Refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 100-105°C – refroidissement- pesée jusqu'à ce Que deux pesées consécutives ne différent pas de plus de 0.5 mg. Soit :

M1: La masse trouvée.

V : Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

M0 : La masse, en milligramme de la capsule vide.

M1: La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

M2 : La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175-185°C.

Le résidu sec à 100-105°C, exprimé en milligrammes par litre, est donné par

L'expression : $(M1-M0)*1000/V$.

5.2.1.12 Matières en suspension (MES) :

Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériel spécial :

Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe). Membranes de filtration.

Mode opératoire :

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les pesée : soit p1=poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200ml d'eau à analyser a travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (à 105°C) a fin de sécher pendant 20minutes.
- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit p2= poids des membranes après filtration.

Enregistrement du résultat ; Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique (Norme NA 6945) .

5.2.1.13 La dureté totale (TH) :

La dureté d'une eau ou titre hydrotimétrique (TH) est la somme des cations alcalino-terreux présents dans l'eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou hydrogénocarbonate. On détermine la dureté totale de l'eau par la méthode complexométrique.

Mode opératoire :

Comme suit :

Prélever 100 ml de l'eau à analyser, ajouter 2 ml de solution tampon (hydroxyde d'ammonium%34 et quelques grain d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T), le titrage s'effectuer par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

5.2.2 Les analyses bactériologiques :

le but de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, par la recherche des bactéries qui sont susceptibles d'être pathogènes, ou celles qui sont indicatrices de contamination fécales, elle consiste en recherche et numération des germes de la flore totale de l'eau.

5.2.2.1 Recherche et dénombrement des germes totaux (GT):

Ce sont tous les micro-organismes capables de croître des matières nutritives (matrices organismes) : (bactéries aérobies, et anaérobies, champignon saprophytes).

Principe :

Cette méthode a pour but de déterminer les germes en général qui se trouvent dans l'eau Destinée à la consommation humaine, ainsi on ensemence deux boites de pétri stériles par (1ml) de l'échantillon, puis on ajoute la gélose nutritive (T.G.E.A) et on incube une boite à 22°C pendant 72 heures, et l'autre à 37°C pendant 48 heures.

Mode opérateur :

Pour le dépistage de ces germes totaux, on met 1ml d'eau à analyser dans une boîte de pétri stérile, puis on ajoute la gélose à l'état liquide, on ferme la boîte de pétri et on la déplace selon une ligne traçant le chiffre 8. On laisse la gélose se solidifier et on incube soit à la température de 37°C, Soit à 22°C pour la détection des germes revivifiables.

Pour le comptage des colonies formées, on utilise un appareil appelé compteur de colonies.



Figure 12 : Les colonies des germes totaux

Dénombrement

Retirer les boîtes des étuves et compter les colonies présentes dans chaque boîte. Calculer le nombre estimé d'unités formant colonies (petites boules blanchâtres ou sous formes lenticulaires et bien distinctes).

Lecture des résultats

Calculer ensuite la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à $22\pm 2^\circ\text{C}$ à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à $36\pm 2^\circ\text{C}$ à part, en tant que moyenne (A 763, ISO 6222).

5.2.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

Les Coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

Mode opératoire :

La recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable et la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

- Le refroidir avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.
 - Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

Verser aseptiquement 100 ou 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux, devant un bec bunsen.

Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.

Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée.

La boîte sera incubée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 h voire 44 ± 4 h et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des Escherichia coli.

Filtrer 100 à 250 ml d'eau à analyser à travers une seconde membrane.

Placer la membrane sur une plaque de gélose TSA à la caséine et incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 4 à 5 h.

Transférer la membrane sur gélose TBA enrichie en sels biliaires et incuber à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 19 à 20 h.

Cette méthode sert à la recherche sélective des E coli

Dénombrer les colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune (lac +)

Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies pour confirmation.



Test à l'oxydase:

Figure n° 13 : Boîte de repiquage

Pour les besoins de ce test, effectuer un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, Incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 h, puis Déposer une colonie caractéristique sur le disque d'oxydase.

Test à l'indole :

La réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé. Transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Incuber ce dernier à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 21 ± 3 h.

Rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu. (Dérivé de l'ISO 9308-1: 2000 et ISO 9308 – 1 : 2000 / correctif 1 : 2007).

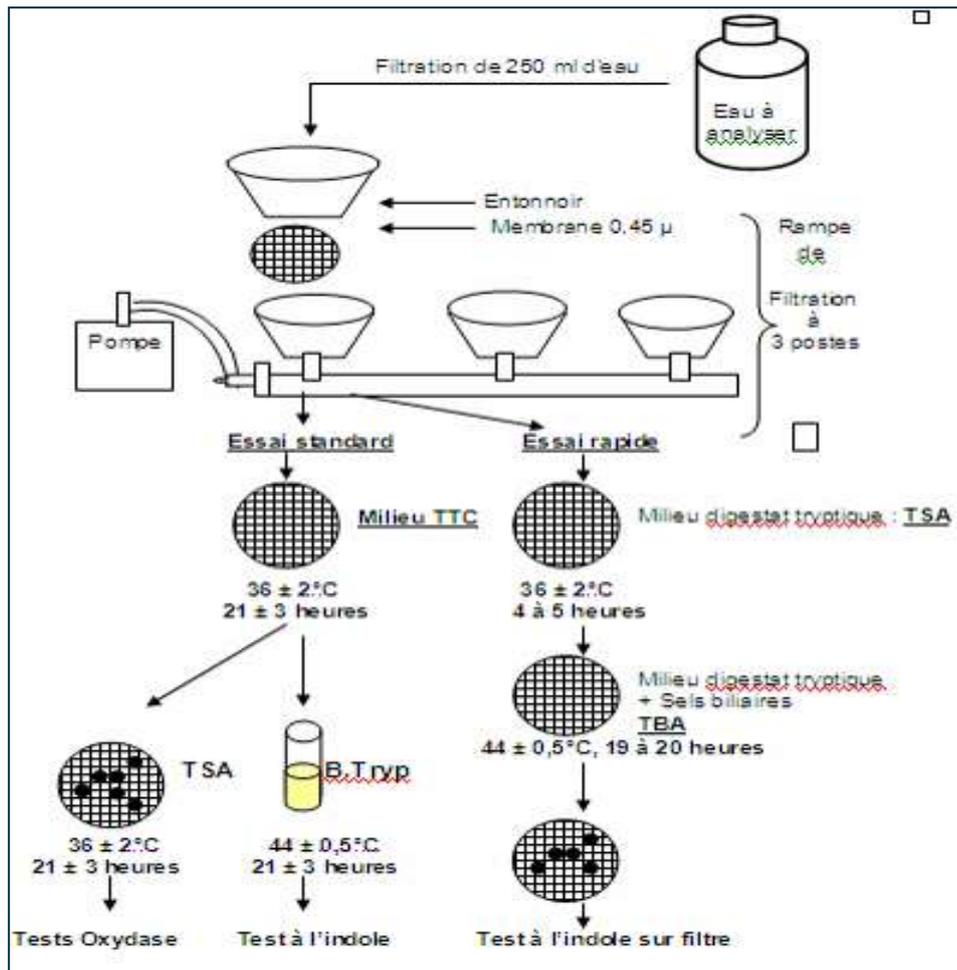


Figure n°14: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

5.2.2.3 Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, méthode par filtration :

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des spores des bactéries Anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux destinées à la consommation humaine, par filtration.

Mode opératoire:

Filtration: décrite plus haut. (Membrane de porosité de $0,2 \mu$), Placer la membrane dans une boîte de façon à ce que la face quadrillée adhère au fond de la boîte.

Verser par la suite environ 18 ml de gélose TSC, TSN ou à défaut de la VF, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$.

Remarque :

Si on utilise de la VF, il faudra au préalable chauffer l'eau à une température de 75°C pendant 15 mn dans le but d'éliminer les formes végétatives.

Après solidification sur pailleasse, cette boîte sera incubée couvercle en bas à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 h puis 44 ± 4 h.

Lecture :

Compter les colonies caractéristiques noires après 20 ± 4 h puis après 44 ± 4 h.

Rapporter le nombre total de colonies à 100 ml d'eau analysé.

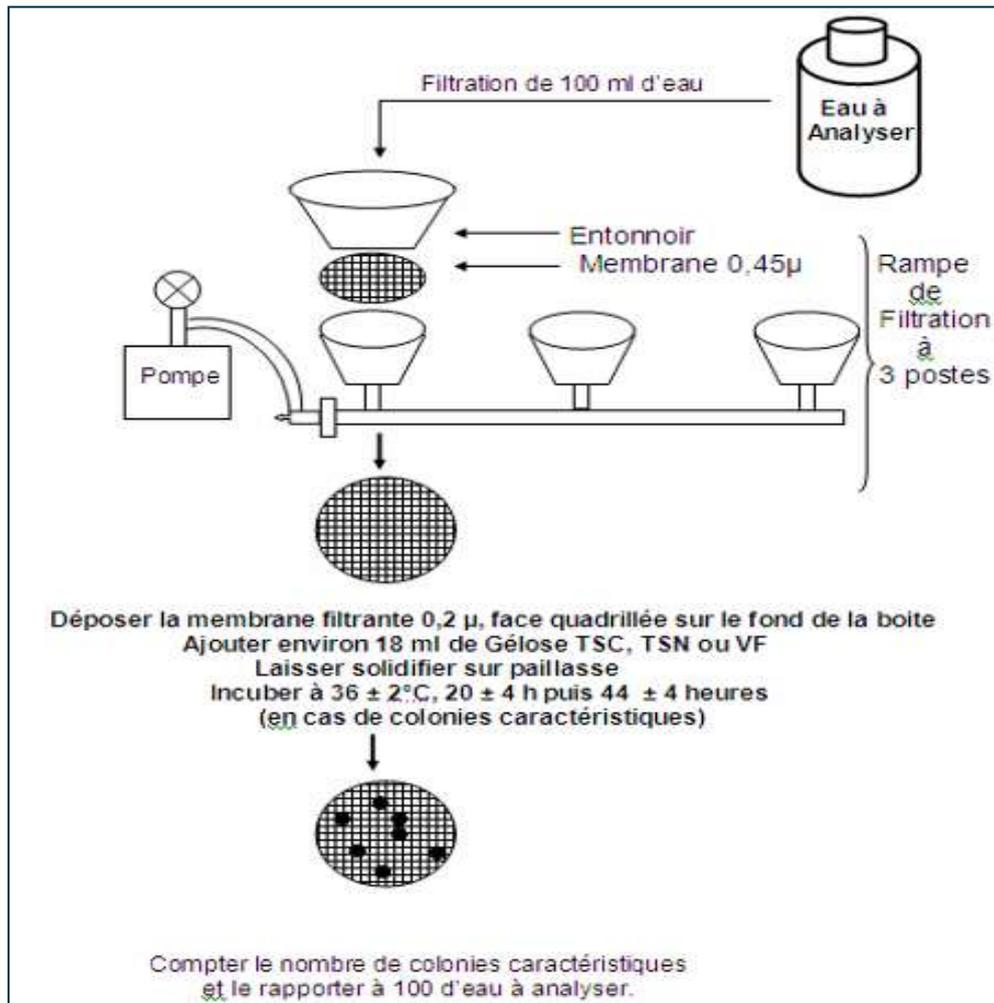


Figure n°15: Recherche et dénombrement des ASR

5.2.

2.4

Rec

Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Principe

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques Intestinaux ou streptocoques de la classification de lance Field, encore streptocoques dans les eaux destinées à la consommation humaine, par filtration sur membrane.

Mode opératoire

La recherche des entérocoques intestinaux ou streptocoques par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillé stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0.45µ

Entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ou 200 ml d'eau à analyser, selon les

Types d'eaux à analyser, devant un bec bunsen.

- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane

A l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, à la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 2C° pendant 44 4 heures.

Lecture:

Après la période d'incubation spécifiée, les entérocoques intestinaux ou streptocoques apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu de Slanetz et Baetley sur une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44C°.

Cette dernière sera incubée à son tour à 44 0.5C° pendant 2heures. Les colonies caractérisation prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ou 250 ml d'eau à analyser (Norme NA 766 en ISO 7899-2).

Chapitre IV
Résultats et discussion

1. Les Paramètres physico-chimique de l'eau

1.1 Les paramètres physiques

1.1.1 La température (T) :

L'OMS donne une valeur guide concernant la température avec une limite acceptable de 25°C. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Lorsqu'elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz.

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que la température présente des variations entre les sources étudiées. Selon l'histogramme illustré en figure n°16, la température un minimum de 16.63°C en S5 et un maximum de 19.47°C en S4. La température est très voisine de la température annuelle moyenne (17.85°C).

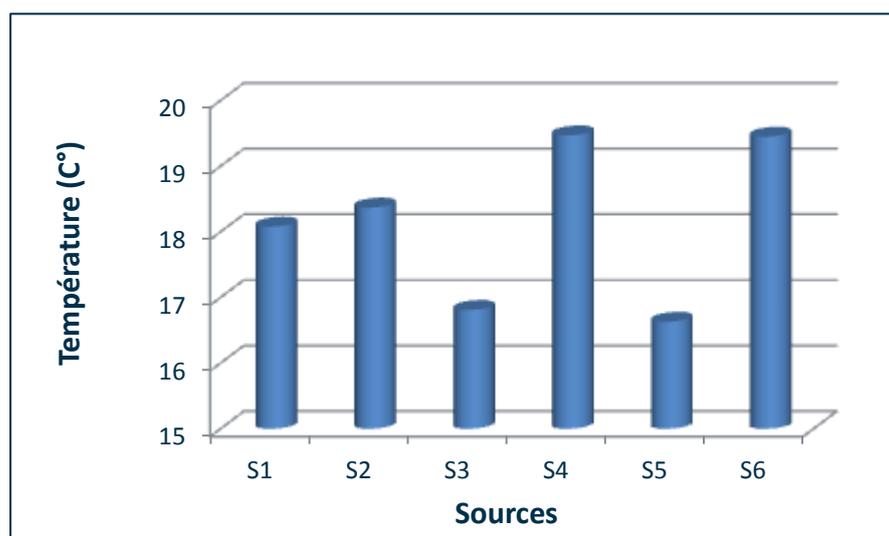


Figure n°16 : Variation spatiale de la température

1.1.2 Potentiels d'hydrogène (pH) :

L'eau naturelle pure est neutre c'est à dire le pH égal à 7. Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco-carbonique.

Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres En calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7.

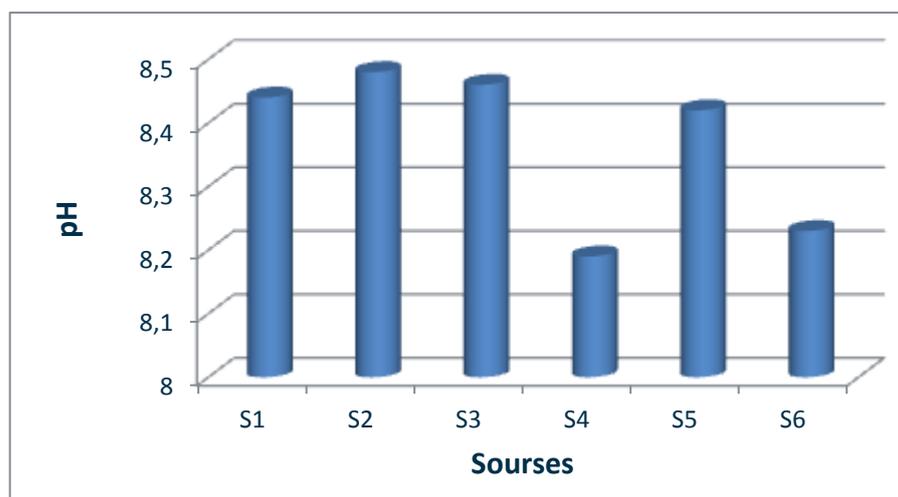


Figure n°17 : variation spatiale de pH

Selon la figure n°17 les valeurs de pH sont presque identiques pour les six sources étudiés, et se trouve dans un intervalle de (8,19 - 8,48) ces intervalle existe dans les normes algérienne (6,5-8,5) .

1.1.3 Conductivité électrique (CE) :

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

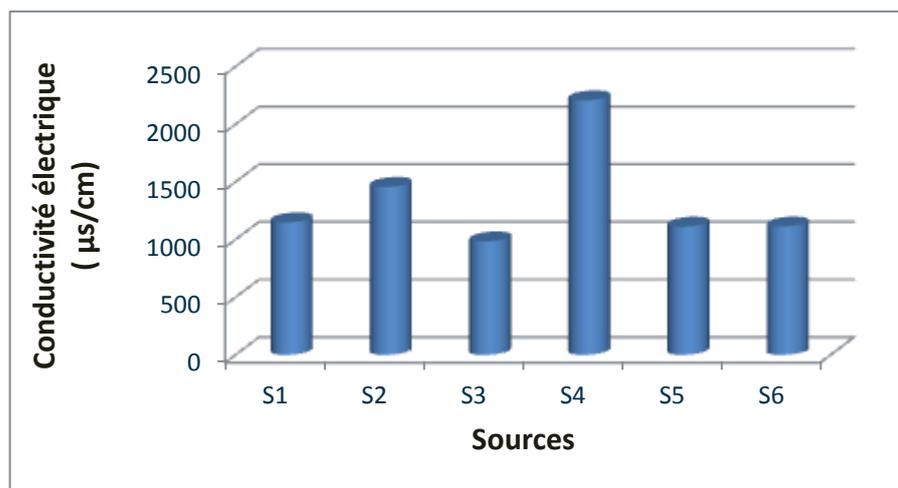


Figure n°18 : variation spatiale de la conductivité électrique

La conductivité des eaux des sources étudiées varie entre 983 et 2207µS/cm (figure n°18). Cependant, l'importante valeur de conductivité a été observée dans la source 4 (2207µS/cm), cette valeur dépasse largement la valeur admise parles normes algérienne (2800µS/cm), et la

plus moindre est dans la source S3 (983 μ s/cm). Ces valeurs traduisent une minéralisation moyenne à forte, cela est probablement due aux activités agricoles ce qui augmente la minéralisation de ces dernières.

1.1.4 Oxygène dissous (O₂) :

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs, en particulier : la température car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène est soluble, de la pression atmosphérique et de la salinité donc elle de manière journalière et saisonnière.

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/l ou en pourcentage de saturation .

Selon l'OMS, l'eau de qualité supérieure contient une quantité d'oxygène supérieure à 7 mg/l. Elle est de bonne qualité lorsque l'oxygène dissous varie de 5 à 7 mg/l ; et elle est médiocre lorsque la quantité d'oxygène dissous est inférieure à 3 mg/l.

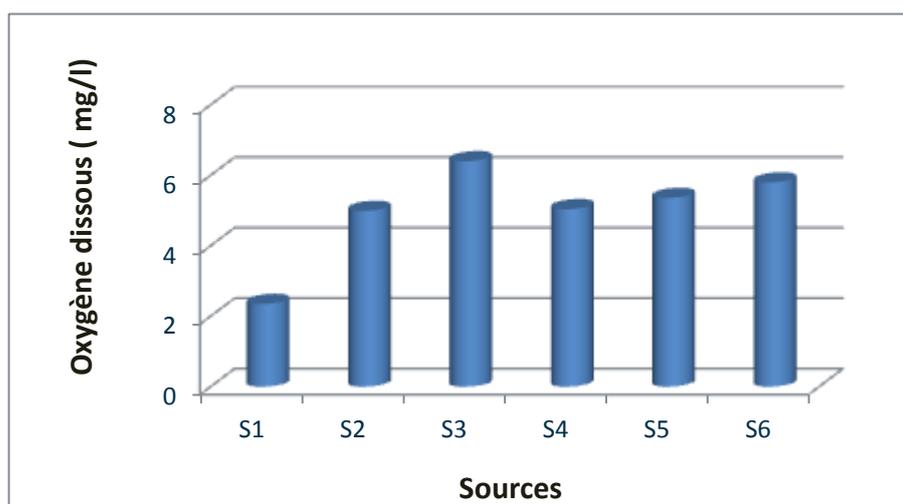


Figure n°19 : Variation spatiale de l'oxygène dissous.

Selon l'histogramme (figure n°18), les concentrations obtenues varient de 2.35 à 6.4 mg/l. La plus faible teneur est enregistrée à la source S1 (2.35mg/l) montrant une pollution nette et la plus forte au niveau de la source S3 (6.4mg/l) traduisant une eau de bonne qualité (OMS2006).

1.2 Les paramètres chimiques :

1.2.1 L'ammonium (NH₄⁺) :

L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduaires où il est associé à l'azote organique. Il n'a pas

d'effet appréciable sur la santé du consommateur car ce n'est pas la forme ionisée (NH_4^+ qui est toxique ; l'ammoniaque est la forme la plus toxique pour les organismes aquatiques. L'équilibre entre NH_4^+ et NH_3 est régi par le pH et la température et du taux d'oxygène, (Galvez-Cloutier et Arsenault, 2002). L'ammonium est présent sous faible teneur avec des valeurs qui varient de 0.002 à 0.069 mg/l. (figure n°20)

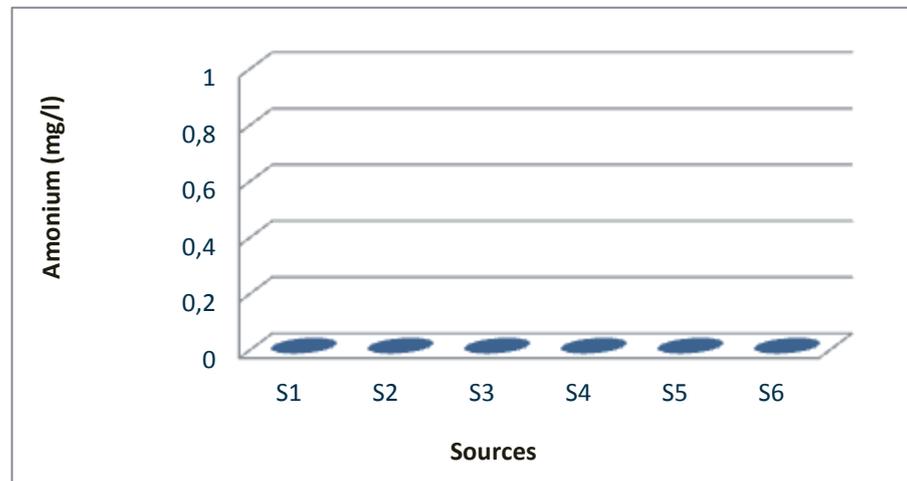


Figure n°20 : variation spatiale de l'ammonium.

1.2.2 Les sulfates (SO_4^{-2}) :

La concentration des sulfates est très faible, dans la plupart des eaux douces. Elle peut atteindre 30 à 50 mg/l dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de minéraux sulfatés. Pour une eau destinée à la consommation humaine, en raison du goût et de l'odeur, l'OMS recommande comme valeur limite de 250 mg/l.

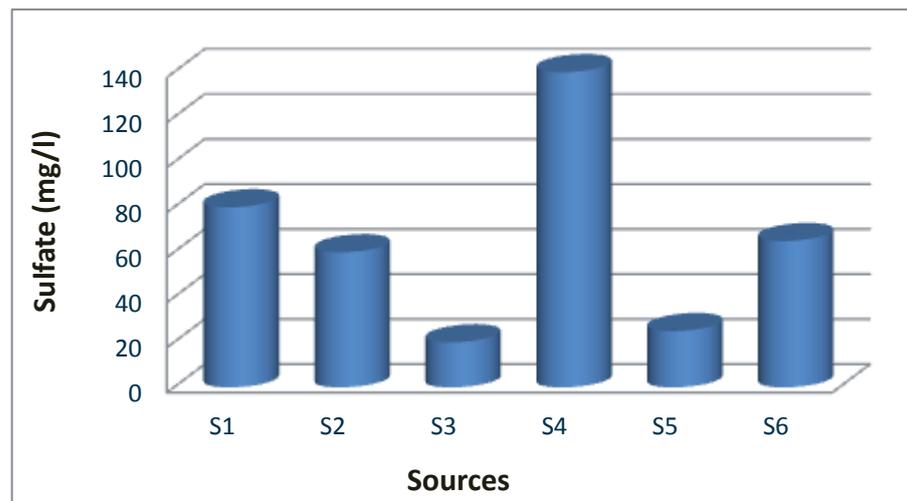


Figure n° 21: Variation spatiale du sulfate

Les concentrations en sulfates ne sont pas les mêmes pour les six sources étudiées, la plus forte est celle des sources S4 (140mg/l), suivi de S1 (80mg/l); alors que la plus faible concentration

est observée à la S5 (25mg/l) et la source S3 (20mg/l). Donc, les eaux des sources sont considérées comme potable vis à vis du sulfate.

1.2.3 Le fer (Fe^{+2}) :

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine géologique ou industrielle. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il se précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur).

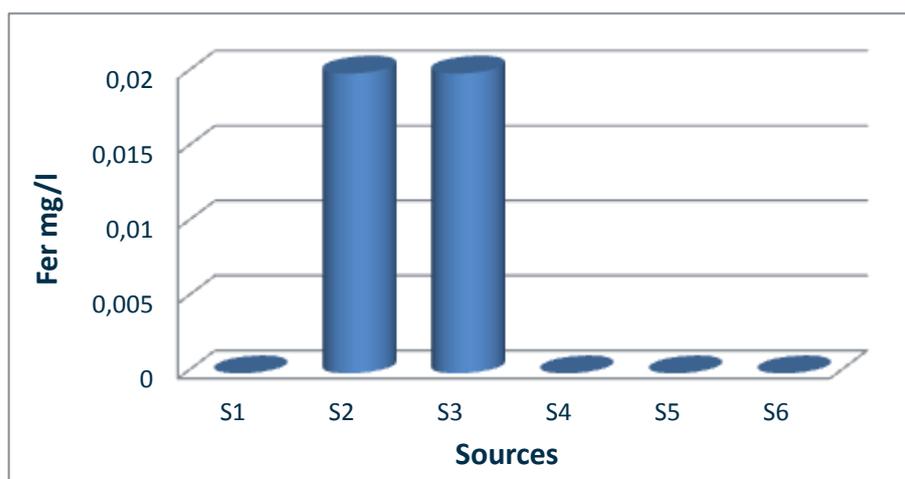


Figure n°22 : variation spatiale de fer .

Selon l'histogramme illustré en figure n°22 ,le fer est absent dans les sources S1, S4, S5 et S6, et présent seulement dans les sources S2 et S3 avec une concentration de 0,02 mg/l qui reste au dessous de la valeur de l'OMS (0.3mg/l).

1.2.4 Les nitrates (NO_3^-) :

Les ions nitrates se rencontrent dans la nature où ils font partie du cycle de l'azote. L'ion nitrate (NO_3^-) est la forme stable de l'azote dans les composés contenant du dioxygène bien que chimiquement inerte, il peut être réduit par certains micro-organismes.

Dans les régions rurales, les teneurs sont un peu plus faibles. Normalement, la teneur en nitrates des eaux de surface est généralement faible. Cette teneur varie souvent avec la saison et peut augmenter lorsque les rivières sont alimentées par des aquifères riches en nitrates. La norme retenue pour les eaux potables par l'OMS est de 50 mg/l.

Les concentrations en nitrate sont presque les mêmes pour l'ensemble des sources étudiées et se situent dans un intervalle de (42 - 48 mg/l) traduisant un apport continu de l'extérieur des

produits azotés liés aux activités agricoles dans le périmètre irrigué de Guelma (utilisation intensif des engrais)(figure n° 23).

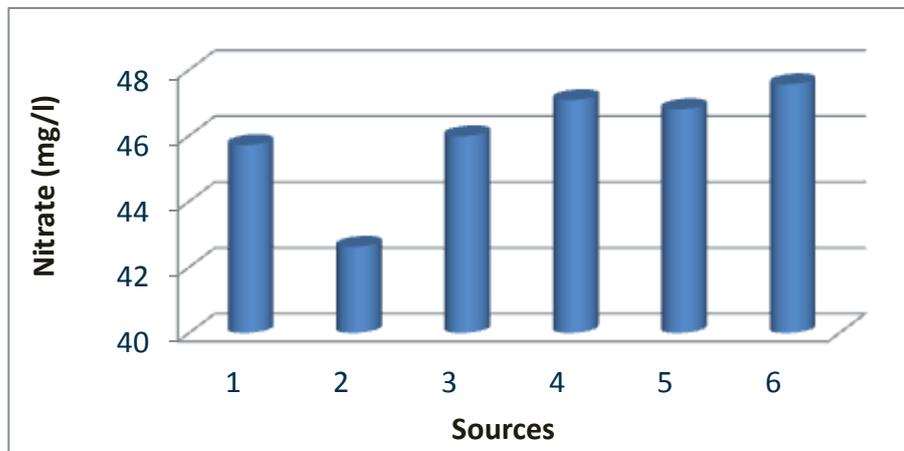


Figure n°23 : variation spatiale de nitrate.

1.2.5 Le Magnésium (Mg^{+2}) :

La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés.

C'est aussi un élément de la dureté de l'eau dont la teneur dépend des terrains traversés. Indispensable pour la croissance, les concentrations de magnésium ne sont pas tellement dépendantes des activités humaines, donc le magnésium n'est pas utilisé comme indicateur de stress lié à la pollution.

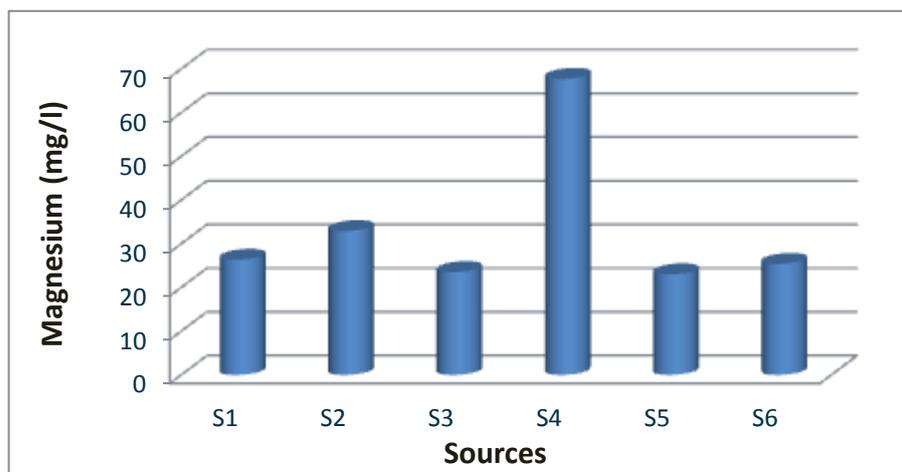


Figure n°24 : Variation spatiale du magnésium

Au niveau des sources étudiées (figure n°24), les teneurs en magnésium rangent entre 23 et 67.73 mg/l. La majorité des sources présentent une teneur inférieure à la grille de l'ANRH (30

mg/l) traduisant des eaux normales, par contre seules la source S4 signalant une pollution modérée (30 à 100 mg/l) d'après la grille de l'ANRH.

1.2.6 Le calcium (Ca^{+2}) :

Le calcium est un constituant majeur du calcaire, qui en fait, un élément très important pour la formation de la paroi et de la division de cellules dans tous les organismes vivants.

C'est un élément dominant dans les eaux potables et il traduit la dureté de l'eau. Il est en trace dans les eaux de pluie. Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme.

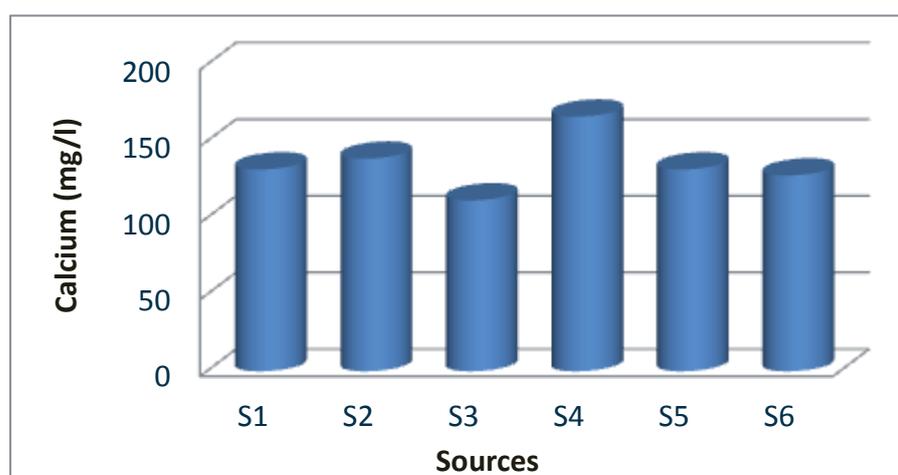


Figure n°25 : Variation spatiale de calcium

Selon la figure n°25, les valeurs obtenues au niveau des sources rangent entre 111 et 166 mg/l, ce qui traduit une pollution modérée selon la Grille ANRH.

1.2.7 L'alcalinité simple et complète (TA) et (TAC) :

Le titre alcalimétrique TA témoigne d'une de l'alcalinité d'une eau en prenant en compte la concentration en carbonate et hydroxyde dans l'eau. Il est nul dans toutes les sources étudiées. Le titre alcalimétrique complet TAC rend compte de l'alcalinité totale d'une eau, en tenant compte de la teneur en bicarbonate.

L'examen du graphique illustré par la figure n°26, montre qu'il y a une variation de TAC au niveau des sources. Les valeurs enregistrées oscillent entre 18 et 33°F, donc sont inférieures à la norme (50°F) selon les normes algérienne des eaux destinées à la consommation humaine.

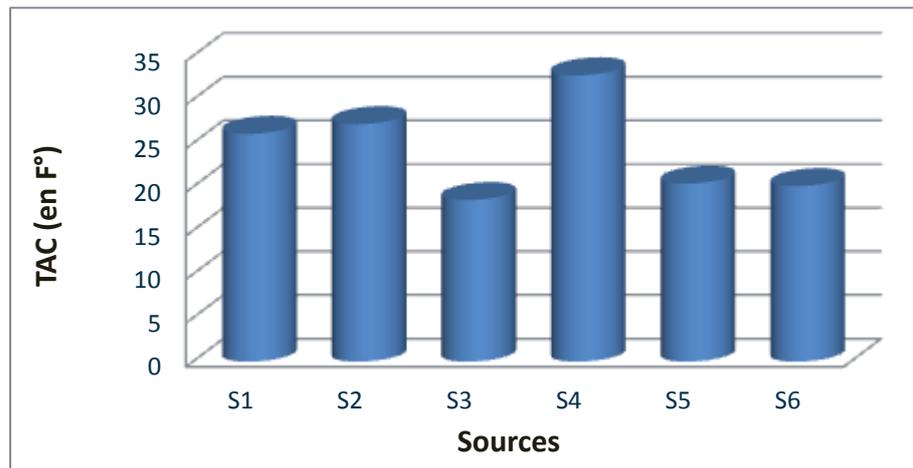


Figure n°26 : Variation spatiale de l'alcalinité complète

1.2.8 Bicarbonates (HCO^{-3}) :

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol.

La plus forte concentration en bicarbonates est observée au niveau de la source S4 (400,16mg/l) et la faible à la source S3 (225mg/l)(figure n°27).

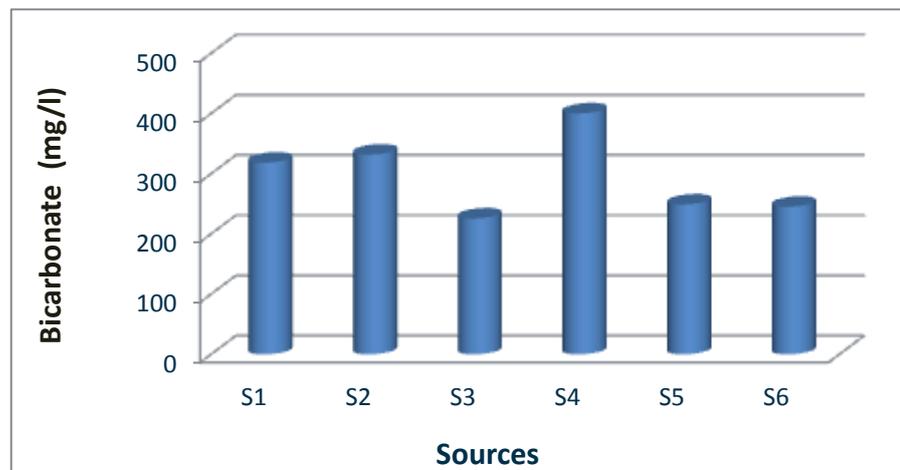


Figure n°27:Variation spatiale de bicarbonate

1.2.9 La matière organique (MO) :

La pollution par la matière organique est le résultat des rejets d'égout urbains et de certaines industries alimentaires hautement polluantes.

L'examen du graphique illustré par la figure n°28, la faible concentration en matière organique concerne la source S1 et S2 (0.8 mg/l), et la forte à la source 4 (3.5mg/l), indiquant des une situation normale selon la grille de l'ANRH.

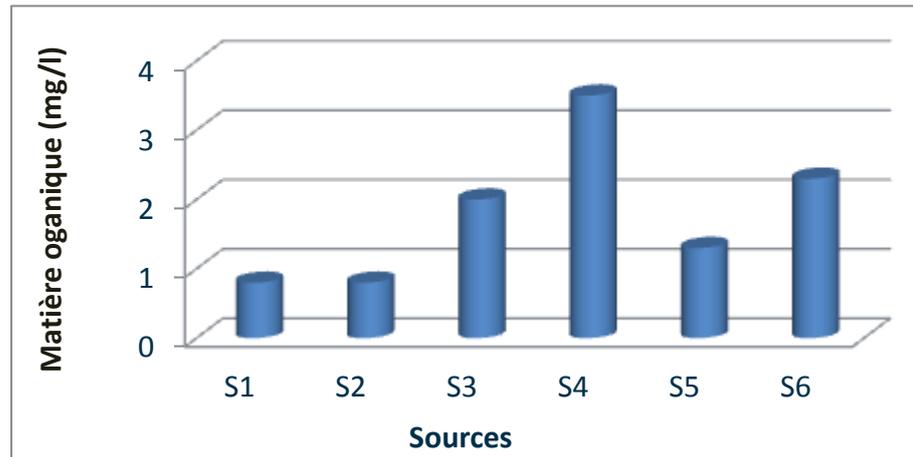


Figure n°28 : Variation spatiale de la matière organique

1.2.10 Chlore (Cl⁻) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

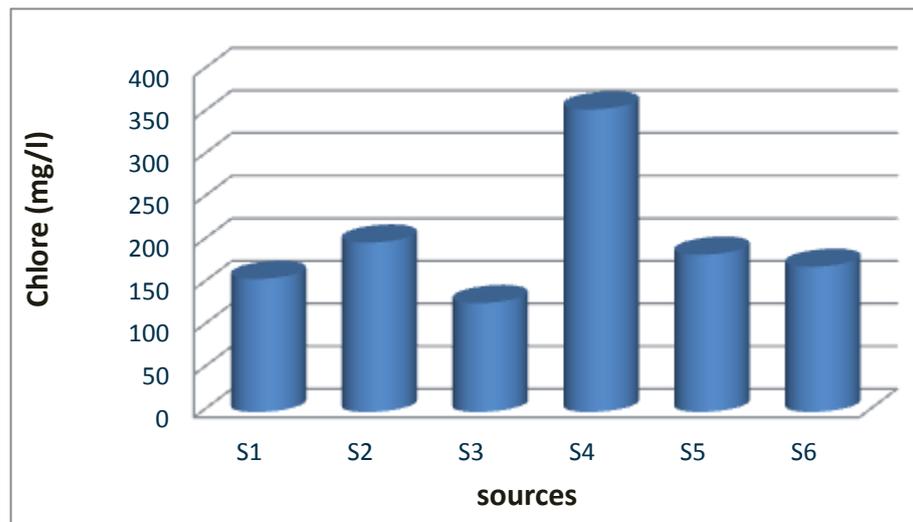


Figure n° 29:Variation spatiale de chlorure

La figure n°29 montre que les sources S1, S2, S5 et S6 ayant des teneurs en chlorures comprises entre 156 et 199 mg/l traduisant une pollution modérée, par contre la source S4 présente une teneur égale à 355 mg/l, reflétant une pollution notable. Seule la source S3 (127.8mg/l) se trouve dans une situation normale (Grille de l'ANRH 1992).

1.2.11 Résidu sec (RS) :

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l.

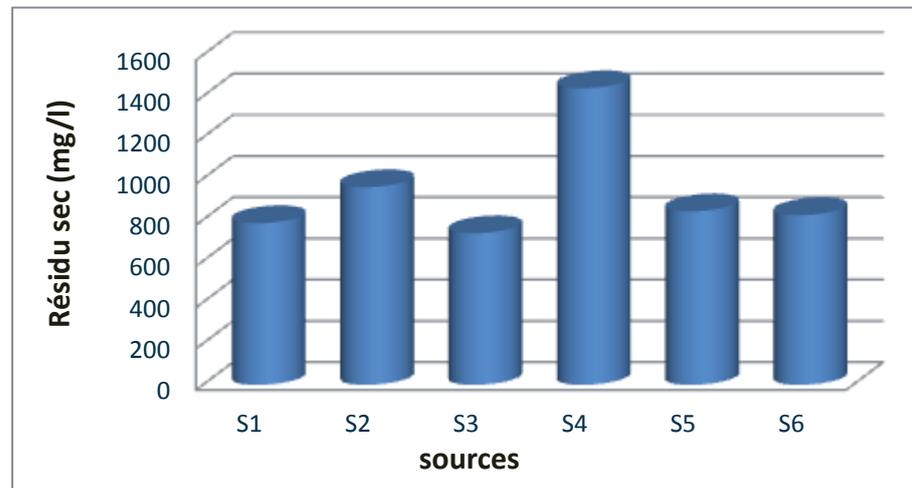


Figure n°30: Variation spatiale de résidu sec

La plus forte concentration de résidu sec est celle des sources S4 (1439mg/l), et S2 (959mg/l), par contre les autres sources ont une concentration comprise entre 730 et 840 mg/l (figure n°30).

1.2.12 Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc.

Selon la figure n°31, les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. La matière en suspension est absente pour les sources S4 et S5, alors que S3 et S6 présentent une teneur de 1mg/l et la plus forte concentration est au niveau des sources S1 et S2 (3.5-3mg/l).

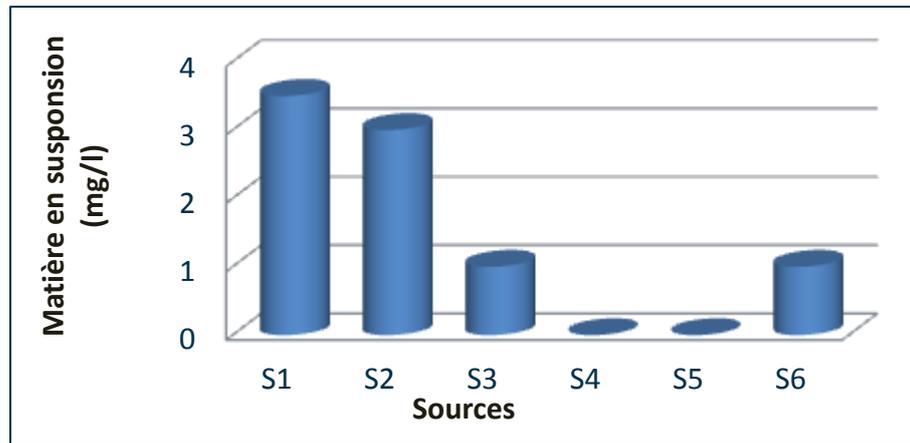


Figure n°31 : Variation spatiale de la matière en suspension

1.2.13 La dureté totale (TH) :

La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium et autres cations bivalents et trivalents de cette eau.

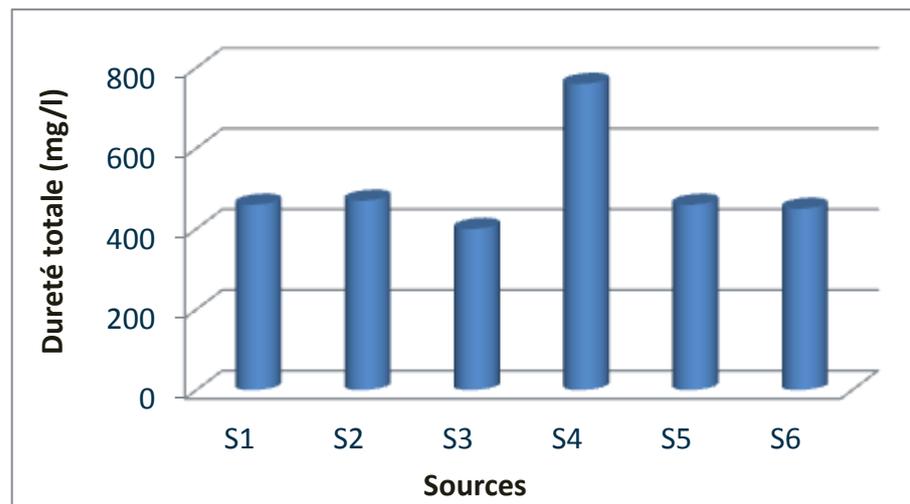


Figure n°32 : Variation spatiale de la dureté

L'examen du graphique illustré par la figure n°32, la plus forte dureté est celle de la source S4 (760mg/l) dépassant la concentration maximale admissible par la norme algérienne (500mg/l), pour le reste des sources, elles présentent une dureté totale comprise entre (450 et 470 mg/l).

2. Les paramètres bactériologiques:

2.1 Germes totaux (G.T)

Le dénombrement a montré une variation des germes totaux dans les différentes sources cependant la plus forte concentration en GT se trouve au niveau de la source S4, et la plus

faible est celle de la source S1, alors que pour les autres sources est variée de 19 à 25 UFC/100mg/l.

Les bactéries aérobies sont sans effet direct sur la santé. Leur développement dans le réseau de distribution peut être signe de stagnations, d'entretien déficient et d'insuffisance de résiduel de désinfection (figure n°33).

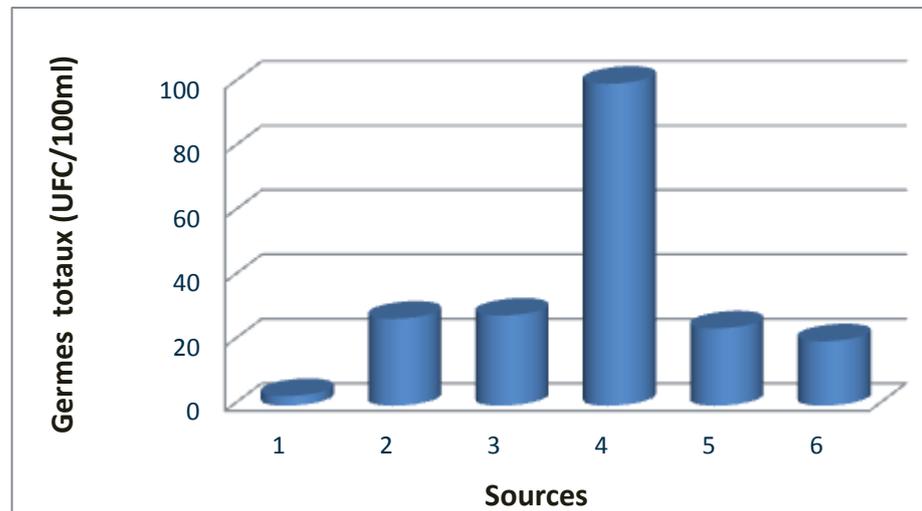


Figure n°33 : Variation spatiale des germes totaux

2.2 Les coliformes totaux (C.T) :

Les coliformes totaux ne s'utilisent plus comme indicateur de contamination fécale, car les progrès de la taxonomie montrent qu'ils ne sont pas spécifiques de l'intestin des humains ou des autres mammifères à sang chaud et qu'ils peuvent également se trouver dans l'environnement. Comme les coliformes totaux sont sensibles au chlore, leur présence dans les échantillons d'eau peut indiquer l'existence d'un biofilm ou un manque d'efficacité du traitement.

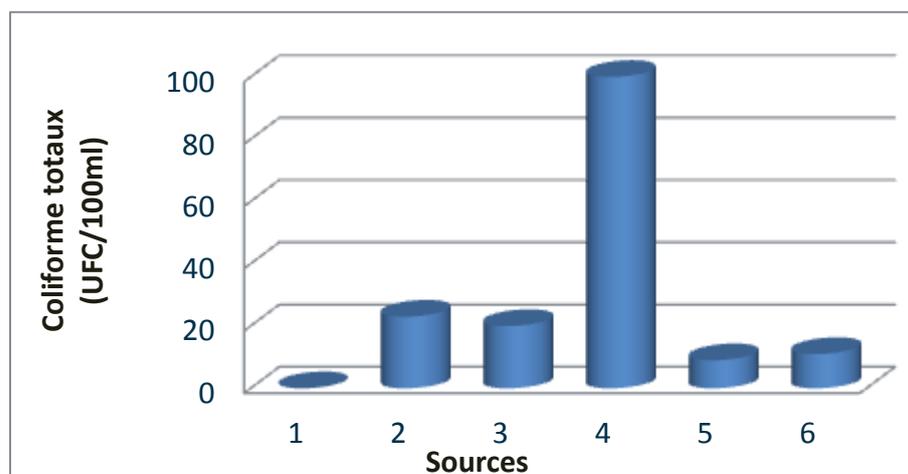


Figure n°34 : Variation spatiale des coliformes totaux

D'après les résultats obtenus selon la figure n°34, nous observons une présence des coliformes totaux dans l'ensemble des sources. En effet, la présence de ces germes dans une eau est la preuve que l'eau a subi une contamination par les matières fécales.

Bien que la présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes ne sont pas d'origine fécale; ils proviennent plutôt des eaux enrichies en matières organiques.

La plus forte concentration en CT se trouve dans la source S4, alors qu'ils sont absents dans la source S1, pour les autres sources ils sont dans l'intervalle 10-20 UFC/100ml.

2.3 Coliformes fécaux (thermo tolérants) :

La présence des coliformes fécaux (thermo tolérants) signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. Ils s'utilisent encore comme indicateurs microbiens, mais les publications montrent depuis longtemps un manque de spécificité de la numération des coliformes quant à l'origine fécale d'une pollution de l'eau potable.

D'après la figure n°35, on constate une variation d'une source à une autre. La source S4 présente le nombre le plus élevé, alors que pour la source S1, il est nul. Les autres valeurs se situent entre 10 et 20 UFC/100ml.

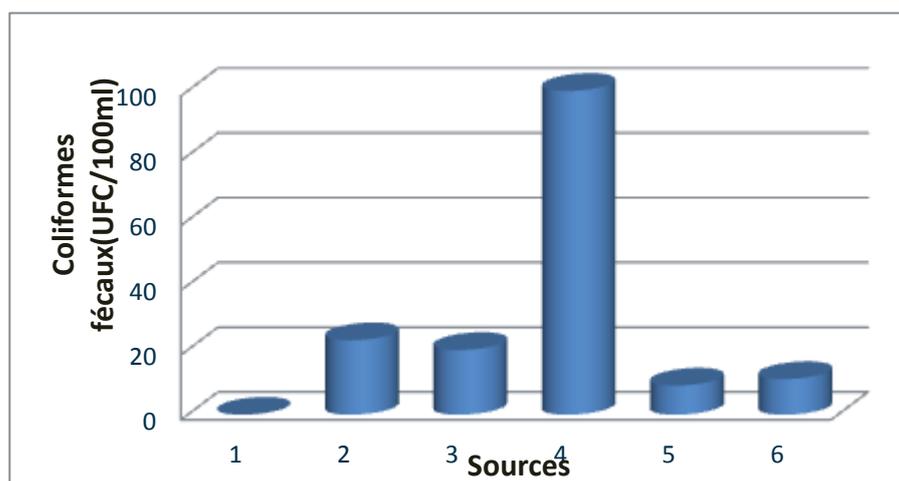


Figure n°35 : Variation spatiale de coliformes fécaux

2.4 Les streptocoques fécaux :

La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement une pollution fécale. L'utilisation des streptocoques fécaux comme indicateur microbiologique est admise vu qu'ils se multiplient dans les effluents d'égouts. Par ailleurs, ils sont considérés comme des

indicateurs de pollution fécale beaucoup plus que les coliformes fécaux car ils ne sont pas aussi ubiquitaires, mais toujours présents dans les fèces des animaux à sang chaud et leur disparition dans le milieu aquatique est moins rapide que les coliformes.

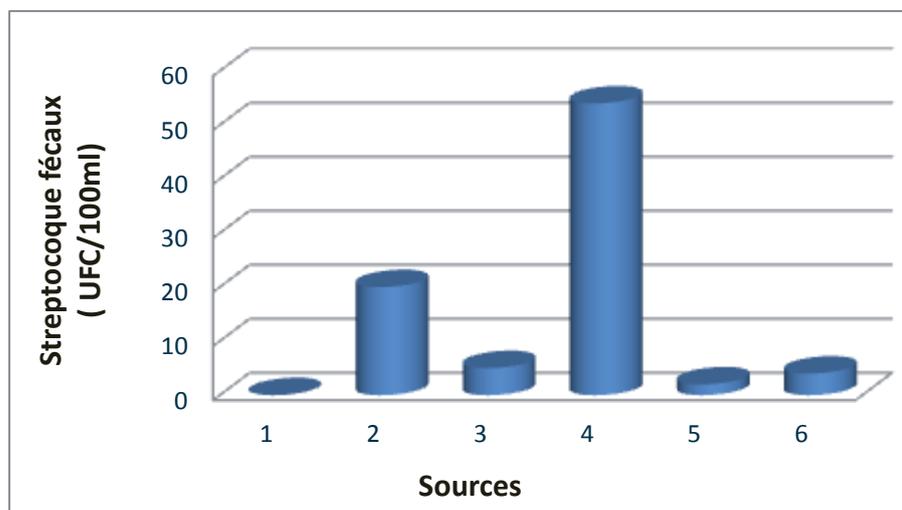


Figure n°36 : Variation spatiale de streptocoques fécaux

La détection de ce type de bactéries dans l'eau de nos sources, indique une pollution d'origine fécale issue essentiellement des rejets de déchets d'élevage.

Selon la figure n°36, les streptocoques fécaux sont absents dans la source S1, et très abondant dans la source S4 avec 54 UFC/100 ml suivi par la source S2 avec 20 UFC/100ml, par contre dans le reste sources ils varient entre 3 et 5 UFC/100ml.

2.5 Les bactéries anaérobies sulfuro-réductrices :

La présence des bactéries anaérobies sulfuro-réductrices désigne une contamination fécale ancienne. D'après les résultats qu'on a obtenus, ce type de bactéries anaérobies est absent dans les sources étudiées.

3. Diagramme de Piper :

Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global. Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons.

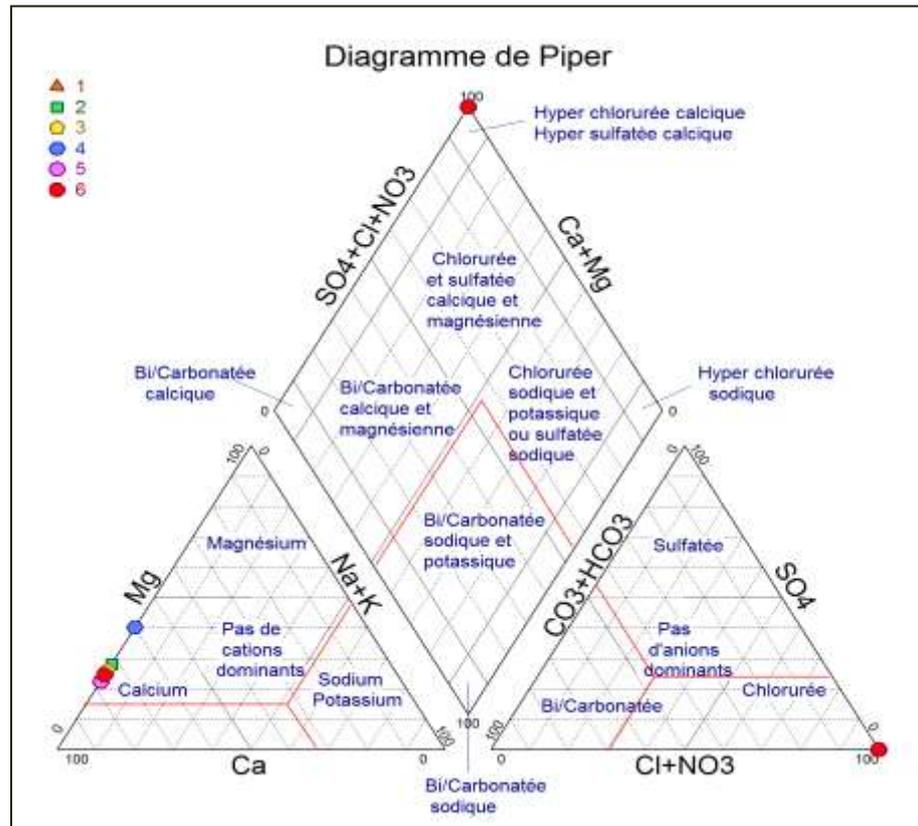


Figure n° 37: Faciès chimique des eaux des sources étudiées selon le Diagramme de piper

La présentation des analyse chimique selon le diagramme de piper montre que les eaux des sources présente un faciès chimique de type chlorure calcique (figure n°37).

4. Diagramme de Schoeller- Berkaloff :

Le diagramme de Schoëller- Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

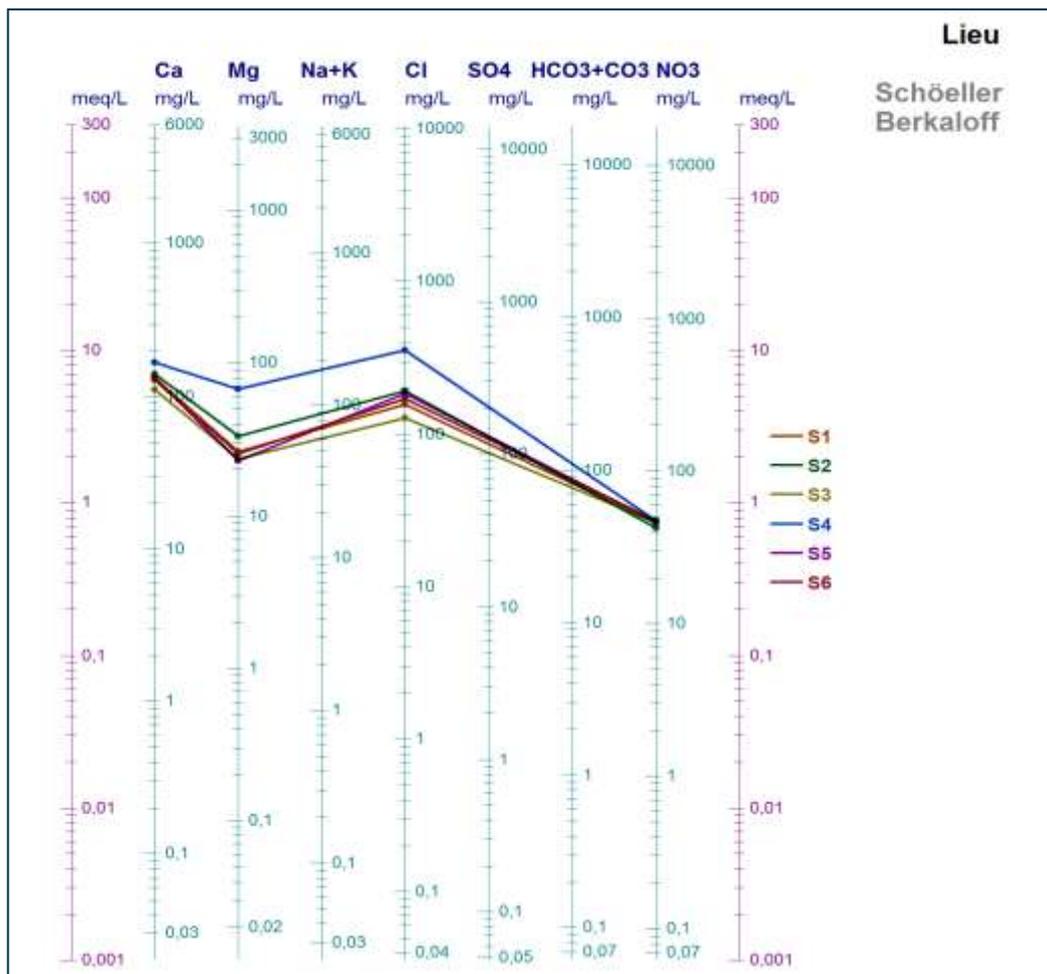


Figure n°38 : Diagramme de Schoeller- Berkaloff des eaux des sources étudiées

A partir de la figure n°38, nous constatons que les courbes obtenues sont parallèles entre elles, traduisant que les eaux des sources ont la même origine.

5. Analyse en composante principale (ACP):

5.1 Analyse physico-chimique :

5.1.1 Cercle de corrélation :

L'analyse du plan factoriel F1 et F2 selon la figure n°39 montre que plus de 80.00% des variables sont exprimé. L'axe F1 possède une variance de 62,80% exprimé par l'ammunium, sulfate , magnésium, calcium, durté, l'alcalinité complet, bicarbonate, conductivité électrique et la matière organique caractérisant un axe de minéralisation et de pollution organique (azotée).

L'axe F2 a un une variance égale à 19,81 % et est constitué par les matières en suspension, pH, Fer, indiquant une pollution saisonnière par les particules en suspension.

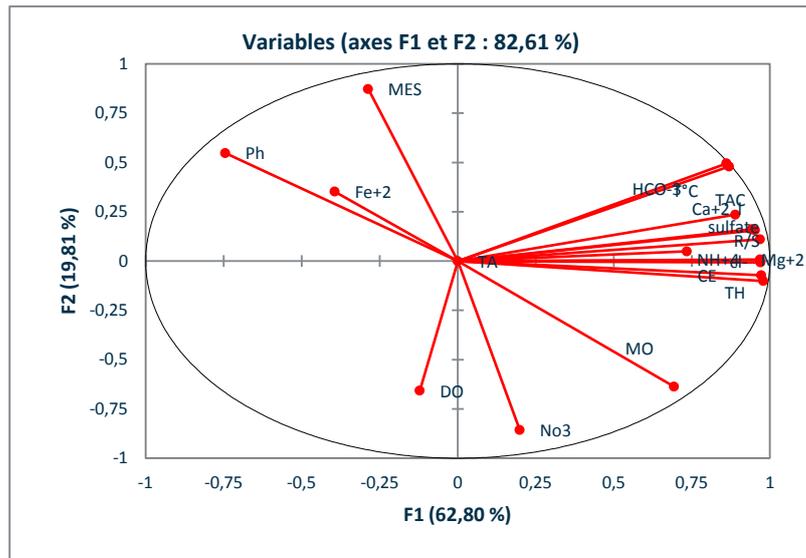


Figure n° 39 : Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2

5.1.2 Représentation des individus:

D'après la figure n°40 (F1-F2) montre trois principaux regroupe :

- Le groupe (I) concernec la source S4 est représetée selon l'axe F1 dans le sens positif, ce qui traduit que l'eau est plus méniralisée et présnte pollution azotée qui serait associer aux activités agricoles, par l'ulilisation intensive des engrais.
- Le groupe (II) repésenté par les sources S1 et S2, caractérisées par une pollution saisonnière par les matières en suspension liée l'infiltration des de ruissellement et les eaux de pluies .
- Le groupe (III) est représenté par S3,S6 et S5 et situé dans la partie négative de l'axe F1.

fig.40

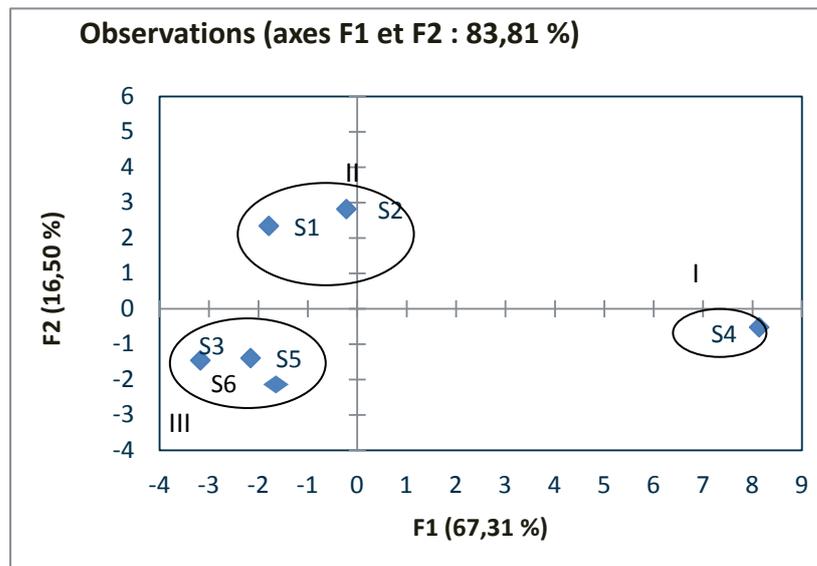


Figure n° 40 : Approche graphique de l'ACP des paramètres Physico-chimiques dans l'eau selon le plan F1x F2

5.2 Analyse bactériologique :

5.2.1 Cercle de corrélations :

L'analyse en composante principale montre que les coliformes totaux, les germes totaux, les coliformes fécaux, les anaérobies Sulfite- réducteurs, et les streptocoques fécaux sont corrélés positivement avec l'axe F1 (98,64%), ce qui indique une contamination fécale (figure n°41).

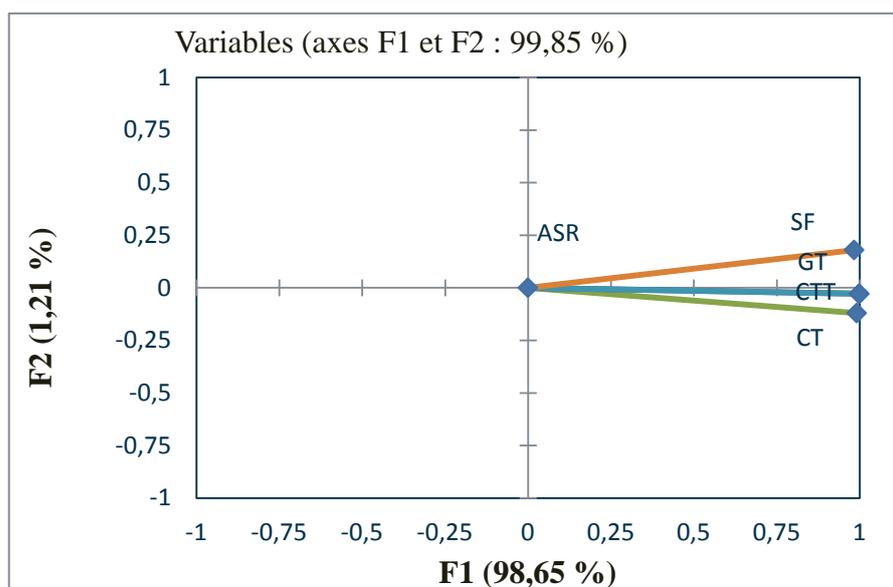


Figure n°41 : Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2

5.2.2 Représentation des individus:

Pour le traitement des données par ACP, nous avons montré que deux groupes.

Le premier groupe concerne la source S4 qui est corrélée positivement avec l'axe F1, indiquant une contamination fécale. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1 (Borrego & Romer). Pour la source S4 le rapport CF/SF est égal à 0,98, caractérisant une contamination mixte à prédominance animale.

Le deuxième groupe est constitué des sources S1, S2, S3, S5, S6 qui présentent des teneurs relativement faibles en polluants bactériologiques et sont corrélées négativement avec l'axe F1 (figure n°42).

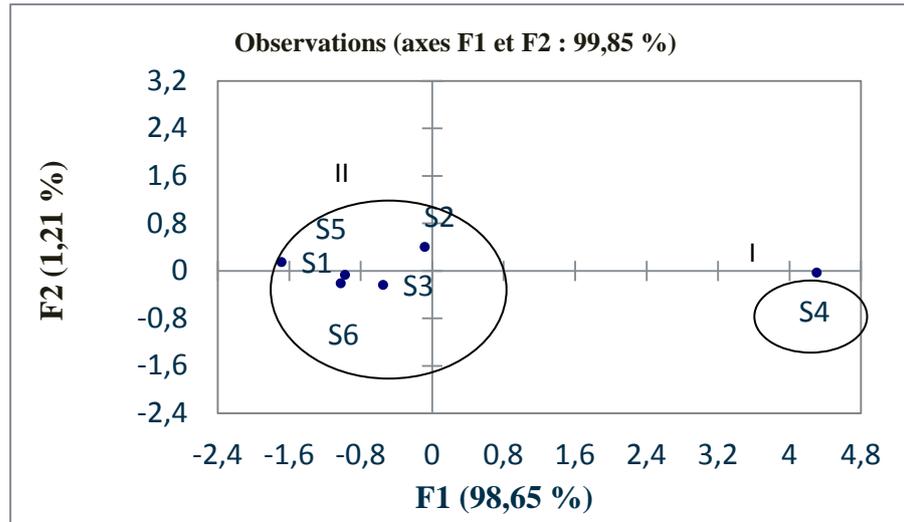


Figure n°42 : Approche graphique de l'ACP des paramètres Bactériologique dans l'eau selon le plan F1x F2

6. Confrontation des résultats aux normes Algérienne

Après confrontation des valeurs moyennes des paramètres analysés, nous pouvons dire que les eaux des sources situées dans la plaine de Guelma présentent une pollution azotée (nitrate), fécale et sont moyennement minéralisées (tab n°2).

Tableau n°3 : Confrontation des paramètres analysés des eaux des sources

Eléments	Norme de Algérienne (1992)	Paramètres des eaux des sources		
		Min.	Max.	Moy.
NH ⁺⁴	0.2	0.00	0,06	0.02
SO ⁻² ₄ mg/l	250	20	140.00	65 .00
Fe ⁺² mg/l	0.3	0.0	0.02	0.00
NO ₃ ⁻ mg/l	50	42.62	47.56	45.95
Mg ⁺² mg/l	30-125	23.04	67.73	33.15
Ca ⁺² mg/l	200	110.54	166.20	134.45
TH mg/l	250-500	400.00	760.00	500.00
TAC F°	50	185.00	324.00	241.16
TA mg/l	-	0.00	0.00	0
HCO ₃ ⁻ mg/l	-	225.70	400.16	295.03
MO mg/l	-	0.80	3.50	1.78
Cl ⁻ mg/l	250-500	127.8	355.00	197.80
RS mg/l	200-250	735 .10	1439.50	930.68
MES mg/l	-	0.00	3.50	1.41
T°C	25	16.63	19.74	18.13
OD mg/l	-	2.35	6.40	4 .99
CE (µs/cm)	1000-2800	983.00	2207.00	1336.66
PH	6.5-8.5	8.19	8.48	8.37
Germe totaux	0	3.00	100.00	33.66
Coliforme totaux	0	0.00	100.00	27.16
Coliforme fécaux	0	0.00	100.00	27.16
Streptocoque fécaux	0	0.00	54.00	14.16
ASR	0	0.00	0.00	0.00

conclusion

Conclusion générale et perspectives:

A la lumière des résultats obtenus au niveau des paramètres physico-chimiques et bactériologiques montrent que :

- L'eau des sources étudiées présente une valeur moyenne de 1336,667 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), selon les normes Algérienne sont qualifiées comme des sources moyennement minéralisées.

- La moyenne de la dureté totale des sources étudiée est de 500 mg/l en lui qualifiant comme des eaux très dures.

- La concentration en nitrate dans les eaux des sources est au voisinage de la limite (<50 mg/l) traduisant une pollution azotée et peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'intensification agricole.

L'interprétation selon le diagramme de Piper et Schoeller- Berkaloff indique que les eaux des sources étudiées de la plaine de Guelma ont un faciès chimique chloruré calcique et de même origine.

L'analyse en composante principale (ACP) montre que les paramètres qui contrôlent la minéralisation et de pollution organique (azotée) sont: l'ammonium, sulfate, magnésium, calcium, dureté, l'alcalinité complète, bicarbonate, conductivité électrique et la matière organique et pollution naturelle liée aux matières en suspensions.

Les analyses bactériologiques ont permis de déduire que les eaux des sources présentent une pollution bactériologique fécale d'origine mixte à prédominance animale.

Recommandation :

Les teneurs élevées en nitrates et la présence d'une pollution fécale au niveau de l'ensemble des sources, laissent penser que ces dernières sont vulnérables aux polluants d'origine anthropique qui peuvent entraîner de risque pour la santé humaine.

Donc il est important de faire:

- Des analyses plus fréquentes de ces paramètres, en plus d'une augmentation du nombre des paramètres nécessitant un contrôle (métaux lourds et pesticides), des eaux des sources les plus sollicitées par la population est indispensable.

- Une protection de nos ressources en eau par l'utilisation rationnelle des engrais chimiques et des pesticides agricoles dans les sols, afin de limiter l'infiltration des éléments chimiques vers la nappe.
- Une réalisation du traitement préalable des rejets des eaux usées domestiques et industrielles de l'oud Zimba et Meiz.

Références

Bibliographique

Référence bibliographiques

A 763, ISO 6222 (organisation international de normalisation 6222) : « Dénombrement des micro-organismes revivifiables comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture nutritif gélosé ». 4p.

Alouane .H. (2011) .Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ,impact des nitrates sur la qualité des eau destinées à la consommation humaine .Mémoire de magister . Université de Constantine . p 58.

Amino .A. et Chauss Pied .M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des Océans. 1^{ère} édition. France. 395p.

A.N.R.H (Agence Nationale des ressources Hydrauliques). Direction régionale Ouest
« Service laboratoire ».

Bechac .J.P., Boutin. P., Mercier. B. et Nuer. P. (1984). Traitements des eaux usées. 1^{ère} édition Eyrolles, Paris. 281 p.

Benmarce .K. (2007). Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des aux souterraines dans la région de Guelma (Nord-Est Algérie). Mémoire de magister, Université de Annaba.126p.

Bensaoula .F., Adjim .M. et Bensalah .M. (2007). L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eau de la population de Tlemcen. Larhyss Journal . (06):57-64.

Baghdad .M. et Chadouli .M. (2010). Contribution à l'étude de la qualité des eaux épurées de la station de traitement des eaux. Mémoire de fin de stage, Alger.78 p.

Bonnin .J. (1982). Aide mémoire d'hydraulique urbaine. 1^{ère} édition Eyrolles. Paris. pp 23-24.

Borrego A.F. et Romero .P. (1982). Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. VIe journée étud. Pollutions, Cannes, France.pp 561-569 .

Coulibaly .K. (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat. Université de Bamako . 55 p .

Debieche .T. (2002). Evolution de La qualité des eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) sous L'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine. 235p.

Dérivé de l'Organisation international de normalisation 9308-1: 2000 et Organisation internationale de normalisation(ISO) 9308 – 1 : 2000 / correctif 1 .(2007). Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliforme.10p.

Djabri .L., Assassi .F. et Hani .A. (2004) . Impact du barrage Bouhamdane sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse (nord-est algérien). 2^{ème} édition. Marrakech. Maroc .p10.

Djabri L. (1996) :Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de l'oued Seybouse, origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat d'état en hydrogéologie, IST, Université. Annaba. 256p.

Drissi .S. (2008). Qualité des eaux de quelques sources dans la région de Souk-Ahras. Mémoire de magister. Universitaire de Souk Ahras .69 p.

Emsalem .R. (1986). Climatologie générale. 1^{ère} édition entreprise nationale du livre. Alger. p 64.

Ezziane .S. (2007).Traitement des eaux de rejets. Mémoire de magister, Université de Chlef. 186 p.

Galvez-Cloutier .R., Ize .S. et Arsenault .S. (2002). La détérioration des plans d'eau : manifestation et moyens de lutte contre l'eutrophisation. Vecteur de l'environnement.35(6):18-37.

Genoutdet. (2001). L'eau de robinet .De la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale .pp 36-73.

Gomella .C. et Guerree .H. (1980). La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. 3^{ème} édition .Editions Eyrolles .pp 22-29.

Gomella .G., Guerree .H., et Neveux .M. (1974). La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. 1^{ère} édition . Editions Eyrolles . 28 p.

Hakmi .A. (2002). Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer Oran. Mémoire de magister. Université de Oran.71 p.

ISO 7150/1 (Organisation Internationale de normalisation 7150/1). (2004). Qualité de l'eau : Dosage de l'ammonium – Méthode spectrométrique manuelle. Norme ISO 5667. Qualité de l'eau – échantillonnage.15p.

ISO 6332 (Organisation internationale de normalisation 6332). Qualité de l'eau – Dosage du fer – Méthode spectrométrique à la phénantroline-1,10 .4p.

ISO 5667-3 (Organisation internationale de normalisation)(F). (2003). Techniques généralement appropriées pour la conservation des échantillons.42p.

ISO 6058 (Organisation internationale de normalisation) (F). (1984) Qualité de l'eau – Dosage du calcium – Méthode titrimétrique à l'EDTA.5p.

JORA (Journal officiel de la république Algérienne). (1993). (46):7-12.

Lefèvre .J.G. (1991). Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi, la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot .1^{ère} édition .Editions Eyrolles.220p.

Mouchara N. (2004) :L'hydrogéologie du massif dunaire de Bouteldja et les possibilités de réalimentation artificielle de la nappe. Mémoire d'ingénieur, IST, Université Annaba. 61p.

Normes algériennes (1992). NA. 6360 . Edition IANOR . pp5-7.

Norme NA 766 : Organisation international de normalisation 7899-2 . « recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux. Partie 2: Méthode par filtration sur membrane».8p.

Norme NA 6945 . " Détermination des résidus secs, du résidu calciné et du résidu sulfaté".54p.

Norme AFNOR NF T 90-012. (1987). Dosage des nitrates et des nitrites. In AFNOR , recueil de normes françaises : Essais des eaux . pp 314-320.

OMS . (2006). Directive de qualité pour l'eau de boisson. 2^{ème} édition. Volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève. 1150p.

OMS . (1994). Protection et amélioration de la qualité de l'eau.2^{ème} édition. Volume 1.Genève.110p.

Pescod .M .B. (1985). Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. 1^{ère} édition .Editions Pescod and Arar . pp93-114.

Rodier .J. (1984). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7^{ème} édition. Editions Bordas.Paris. 1334 p.

Rodier .J. (1996) .L'analyse de l'eau , eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8^{ème} édition. Editions Dunod .Paris.1383p.

Rodier .J. (2007). L'analyse de l'eau. eaux naturelles. eaux résiduaires. eau de mer. 8^{ème} édition. Edition Dunod .Paris.pp 22-23.

Rodier .J. (2009). L'analyse de l'eau .eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. Edition Dunod. Paris .pp 32-33.

Vilagines .R. (2000). Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 1^{ère} Edition . Tec et Doc. Lavoisier .p5.

Site d'internet:

[1]: <http://acces.ens-lyon.fr/evolution/biodiversite/dossiers-thematiques/biosurveillance-et-bioindicateurs/biosurveillance-et-evaluation-du-risque-toxique-en-milieu-aquatique> (consulté le 25/04/2015).

Annexe

Annexe

1) Dosage de l'ammonium par spectrométrie :

a) Réactif coloré

salicylate de sodiumDissoudre 130 g
citrate trisodique dihydrate130 g dans l'eau contenue
dans une fiole de 1000ml,
nitroprussiate de sodium.....0,97 g
compléter avec de l'eau distillée.1000ml

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

b) Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

D'hydroxyde de sodiumDissoudre 32g dans 500ml
d'eau et laisser refroidir à température ambiante,
Ajouter Dichloroisocyanurate di-hydraté,.....2g compléter à 1000 ml
avec de l'eau distillée.

c) Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l

Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammoniumdissoudre 0,297g (séché à
105°C pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois.

d) Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l

Prélever à l'aide une pipette la solution étalon d'ammonium de 100mg/l1ml. Verser
dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. Préparer cette
solution le jour de l'emploi. La durée de conservation ne dépasse pas 24h.

e) Solution de lavage

Dissoudre l'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillée. ...100g
Refroidir la solution et ajouter 900 ml l'éthanol 95%.....900ml

Conserver dans un récipient en polyéthylène.

2) Détermination des sulfates :

a) Solution stabilisante

Dans une fiole jaugée de 1000 ml,

Mettre l'eau distillée,100ml

Ajouter successivement

- ✓ L'acide chlorhydrique pur (HCl d=1.19),..... 60ml
- ✓ L'éthanol (C₂H₅OH),..... 200ml
- ✓ chlorure de sodium (NaCl).....150g
- ✓ Le glycérol100ml

Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

b) Solution de chlorure de baryum (BaCl₂) à 0.01N

- ✓ chlorure de baryum (BaCl₂),.....150g
- ✓ d'acide chlorhydrique5ml

Dans une fiole de 1000ml et compléter jusqu'au trait de jauge. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

c) Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium (Na₂SO₄)

- ✓ sulfate de sodium (Na₂SO₄).....1, 479g

la mettre dans une fiole jaugée de 1 000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La solution se conserve pendant 2 mois si elle est mise à l'abri de la lumière dans un flacon brun à 4°C.

3) Dosage du fer par spectrométrie a la phenantroline -1,10 :

a) Solution d'acide chlorhydrique à 10%

- ✓ HCl à 1.12 g/mldiluer 10ml

Dans une fiole de 100 ml et compléter avec l'eau distillée.

b) Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/l

- ✓ Le Peroxodisulfate de potassium (K₂S₂O₈).....dissoudre 4g

Dans l'eau distillé et complété à 100 ml. Cette solution est stable pendant une semaine.

c) Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l

✓ chlorhydrate hydroxylamine ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$).....dissoudre 10g

Dans l'eau distillé et compléter à 100 ml.

Cette solution est stable pendant une semaine.

d) Solution de phénotroline-1,10

✓ chlorure de phénotroline 1.10 monohydrate ($\text{C}_{12}\text{H}_9\text{ClN}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$)....dissoudre 0,5g

dans l'eau distillé et complété à 100 ml.

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

e) Solution tampon acétate

✓ L'acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$).....dissoudre 40g

dans l'eau, ajouter

✓ 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH)..... 50ml

et complété à 100 ml.

f) Solution mère de fer correspondant à 1 g/l

Cette solution peut être préparé à partir d'ammonium- fer (II) sulfate hexa hydraté

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. appelé sel de Mohr.....0.7022 g

dans 100 ml d'eau distillé.

g) Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/l

✓ la solution mère à 1 g/ldiluer 10ml

Dans une fiole de 1000 ml et compléter avec l'eau distillée.

4) Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire :

a) Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%

✓ Le salicylate de sodium dissoudre.....0.5g

Dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

b) Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.

✓ L'hydroxyde de sodium Dissoudre 30g

Dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

c) Solution de tartrate double de sodium et de potassium

✓ L'hydroxyde de sodiumdissoudre 400g

Dans une fiole de 1000 ml, ajouter

✓ tartrate double de sodium et potassium,.....60g

Laisser refroidir et compléter avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

d) Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.

e) Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.

✓ le nitrate de sodium dissoudre 1,37g

Dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

f) Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l

✓ la solution mère à 1000 mg/l..... diluer 10ml

Et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

5) Dosage du calcium méthode titrimétrique à l'EDTA :

a) Hydroxyde de sodium, solution 2 N

L'hydroxyde de sodium (NaOH)dissoudre 8g

Dans 100 ml d'eau distillée, conserver dans une bouteille en polyéthylène.

b) Calcium, solution de référence à 100 mg/l

- Une solution mère de commerce titrisol à 1 g/l en calcium peut être utilisée.

- Préparation de la solution fille à 100 mg/l de calcium :

✓ la solution mère à 1 g/l de calcium.....5ml

À l'aide d'une pipette dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajuster avec de l'eau distillée. On obtient une solution de concentration 100 mg/l.

c) EDTA, solution titrée 0,01 mol/l

Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite

✓ sel sec 3,725g

Dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml. Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire), comme suit (détermination du facteur de correction)

d) Murexide (indicateur)

6) Dosage des chlorures-titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium (methode de mohr)

a) Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l

✓ Le nitrate d'argent (AgNO₃)dissoudre 3.3974g

Séchés au préalable à 105 °C et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée. Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois. La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium (NaCl)

b) Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 g/l

Le chromate de potassium (K₂CrO₄)... dissoudre 10g

dans l'eau et diluer à 100 ml.

c) Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/l

✓ Le chlorure de sodium (Na Cl)dissoudre 1.1688g

Séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée.

d) Solution d'acide nitrique (HNO₃) à 0.1 mol/l

Cette solution doit-être conservée dans un flacon en verre et elle est stable indéfiniment.

Utilisée pour réajuster un pH supérieur à 9.5.

e) Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.1 mol/l

✓ L'hydroxyde de sodium (NaOH)dissoudre 4g

Dans l'eau et compléter à 1000 ml. Solution utilisée pour réajuster un pH inférieur à 5.

f) Carbonate de calcium (CaCO₃) ou mono hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO₃) en poudre

Détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique simple (TAta) et titre alcalimétrique complet (TAC)

a) Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 %.

b) Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.01 N

✓ l'acide chlorhydrique concentré à 37 % (a).....diluer 0.82ml

Et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Détermination de la dureté totale :

✓ Solution de noir erichrome T à 0.5 %

Sel de sodium de l'acide

[(hydroxy-1- naphtylazo-2) nitro-6-naphtol-2-sulfonique-4)].....0.5 g

Triéthanolamine100 ml

✓ Solution tampon pH 10 :

Chlorure d'ammonium (AlH₄Cl).....67.5 g

Ammoniaque (d=0.925).....570 ml

Sel disodique de magnésium de l'EDTA

(C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg).....0.05g

Eau permuté.....1L

- Conserver la solution en flacon de polyéthylène.

- Vérifier le pH qui doit être égale à 10 sur une dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau permutée.

✓ Solution d'EDTA

Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracétique.....3.725 g

Eau permutée1 L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène et vérifier son titre périodiquement à l'aide de la solution étalon de calcium. Prélever 20 ml de solution étalon de calcium, les diluer à 50 ml puis procéder au dosage comme décrit dans le mode opératoire. La concentration d' EDTA en mol/L est donnée par l'expression.

$$C = 0.01 \frac{V1}{V2}$$

V1 : Volume en ml de la solution étalon.

V2 : Volume en ml de la solution étalon.

✓ Solution étalon de calcium à 0.4008 g/l:

- Carbonate de calcium déshydraté.....1.001 g
- Acide chlorhydrique dilué au 1/4dissoudre
- Rouge de méthyle.....quelques gouttes
- Ammoniaque diluée au 1 /L.....Rouge de l'indicateur
- Eau permutée.....1L

Mettre le carbonate de calcium dans un Becher, ajouter 100 ml d'eau puis de l'acide chlorhydrique en quantité juste suffisante pour dissoudre le carbonate de calcium. Ajouter 200 ml d'eau et porter la solution à l'ébullition quelques minutes pour éliminer le dioxyde de carbone. Après refroidissement, ajouter quelques gouttes de solution de rouge de méthyle puis de la solution d'ammoniaque jusqu'au virage de l'indicateur à l'orange.

Traverser la solution dans une fiole jaugée de 1 litre, compléter le volume avec de l'eau permutée. 1 ml de la solution contient 0.4008 mg de calcium.

Composition des milieux de culture :

1. Milieux solides :

TTC tergitol 7 :

La composition :

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	5g
Extrait de levure.....	6g
Lactose.....	20g
Tergitol 7.....	10g
TTC.....	25g
Bleu de bromothymol.....	50g
Agar.....	13g
Ph.	7,2

Préparation :

54,15 g par litre. Stérilisation classique. Le tergitol est ajouté dans le milieu en surfusion préalablement refroidi à 45°C.

Slanetz et Bartley :

Composition:

Tryptose	20,0 g
Extrait autolytique de levure.....	5,0 g
Glucose.....	2,0 g
Phosphate dipotassique.....	4,0 g
Azide de sodium	0,4 g
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium.....	0,1 g
Agar bactériologique.....	10,0 g
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C	7,2 ± 0 ,2.

Préparation:

Mettre en suspension 41,5 g de milieu déshydraté complet (BK037) dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.

- Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.
- Eviter tout chauffage excessif.
- Ne pas autoclaver.
- Refroidir et maintenir à 47°C.
- Couler en boîtes de Petrie stériles.
- Laisser solidifier sur une surface froide.

TGEA (gélose numération: gélostryptone- glucose- Extrait de levure):

Composition:

Tryptone.....	5g
Glucose.....	1g
Extrait de levure.....	2,5g

Gélose.....15g
Eau distillée..... 1000ml
pH7

Gélose nutritive des germes totaux :

Mettre en suspension 23g de milieu déshydraté dans 1l d'eau distillée

Mélanger et chauffer jusqu'à ébullition pendant 1 à 2 minutes jusqu'à dissolution du produit

Distribuer et stériliser à 22°C pendant 15 minutes