

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science biologique

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

Département : Ecologie et génie de l'environnement

Thème :

**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique
et bactériologique de quatre sources d'eau dans le bassin de Guelma**

Présenté par : Bouteffas Widad

Benoughidene Samira

Devant le jury composé de :

Président : Mr. Kachi Slimen

Pr. Université de Guelma

Examineur : Mr. Ghrieb Lassaad

M.C.A Université de Guelma

Encadreur : Mr. Guetaff Mouhamed

M.C.B Université de Guelma

Juin 2016

Remerciement:

Au terme de ce travail, nos vifs remerciements et notre profonde gratitude s'adresse à notre Dieu, le grand créateur qui nous avons donné de la patience, du courage et de la volonté afin d'atteindre ce travail.

*Nous avons remercié vivement notre encadreur monsieur **Guettaf Mouhammed** qui nous accordé l'honneur de diriger ce travail, et pour ses précieux conseils, son amabilité de superviser et critiquer fructueusement le déroulement de cette étude, nous lui exprime ici, notre vive reconnaissance.*

*Nous avons à exprimer notre grande reconnaissance à monsieur **Guerwi Yacine** pour ces aides qui nous sommes permis d'élaborer ce travail. Nous leurs expriment nos très vifs remerciements et nos profond respect.*

Nous remercions tout particulièrement, Messieurs les membres de jury :

*Monsieur **Kachi Slimen** d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury.*

*Monsieur **Ghrieb Lassaad** qui a bien voulu examiner ce travail et d'être membre de jury.*

Sans oublier nos collègues et amis qu'elles ont aidé durant toute nos vie estudiantine, et à ceux qui nos ont aidé de prés ou de loin qui nous ont aidé et soutenu tout le long de ce travail.

Liste des abréviations :

SPANC : Services Publics d'Assainissement Non Collectif

NTU : Nephelometric turbidity unit

DCE : Directive Cadre européenne sur l'Eau

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

OMS : Organisation mondiale de la santé

DREG/SNMC : Direction régionale de la société nationale des matériaux de construction

AEP : alimentation en eau potable

MTH : maladie à transmission hydrique

°C : Degré Celsius

PH : Potentiel d'hydrogène

μS/cm : Micro siemens par centimètre

CE : Conductivité électrique

TDS : Taux des sels dissous

Na Cl : chlorure de sodium

MgCl₂ : chlorure de magnésium

Na⁺ : ions sodium

Mg⁺² : ions magnésium

Cl⁻ : ion chlorure

TH : Titre Hydrotimétrique

°F : Degré français

NH₄⁺ : ion Ammonium

NO₂⁻ : Nitrites

NO₃⁻ : Nitrates

SO₃²⁻ : Sulfate

HCO₃⁻ : bicarbonate

TA : Taux alcalinité

TAC : Taux alcalinité complet

UFC : Unité formant colonies

ASR: Anaérobies Sulfito-réducteurs

S/C: Simple concentration

D/C: Double concentration

Mg: Magnesium

Ca²⁺: ions Calcium

CaSO₄: Gypse

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocresol

GN : Gélose nutritive

Npp : Nombre le plus probable

TGEA: Tryptone Glucose Extract Agar

O₂ : Oxygène dissous

MES : Matière en suspension

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EDTA : l'Acide Ethylène Diamine tricarétique

NaSO₃ : Le sulfite de sodium

S₁, S₂, S₃, S₄ : Sources 1, 2, 3, 4.

Liste des figures :

N° de figure	Titre	Page
1	Le cycle d'eau.	2
2	les différents types de nappes souterraines et d'ouvrages de captage.	5
3	situation géographique de la zone d'étude.	16
4	Carte du relief de la wilaya de Guelma	18
5	Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma	22
6	variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période(1994-2013).	24
7	Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013).	25
8	Variations des précipitations annuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).	26
9	Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).	27
10	Variations interannuelles des précipitations mensuelles de la station de Guelma(1994-2013).	27
11	Evaluation mensuelle des humidités relatives de la station de Guelma (1994-2013).	28
12	represente le GPS de type Garmin 72	30
13	les zones d'étude (Google earth).	30
14	Ain Bouchiha	31
15	Ain allaba	31
16	Ain Ghoul	31
17	Ain Allaiga	31
18	le multi paramètre de type WTW 350i	33
19	Recherche et dénombrement des germes revivifiables	43
20	Recherche et dénombrement des coliformes	45
21	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	47
22	Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-réducteurs	49
23	Evaluation spatio-temporelle de la température dans les eaux de sources échantillonnées	52

24	Evaluation spatio-temporelle du PH dans les eaux de sources échantillonnées.	53
25	Evaluation spatio-temporelle de l'O ₂ dans les eaux de sources échantillonnées.	54
26	Evaluation spatio-temporelle de la CE dans les eaux de sources échantillonnées.	54
27	Evaluation spatio-temporelle des sels dissous dans les eaux de sources échantillonnées.	55
28	Evaluation spatio-temporelle de l'ammonium dans les eaux de sources échantillonnées.	56
29	Evaluation spatio-temporelle du nitrite dans les eaux de sources échantillonnées	57
30	Evaluation spatio-temporelle du nitrate dans les eaux de sources échantillonnées	58
31	Evaluation spatio-temporelle de phosphate dans les eaux de sources échantillonnées	58
32	Evaluation spatio-temporelle du sulfate dans les eaux de sources échantillonnées	59
33	Evaluation spatio-temporelle du bicarbonate dans les eaux de source échantillonnées	60
34	Evaluation spatio-temporelle du chlorure dans les eaux de sources échantillonnées	61
35	Evaluation spatio-temporelle du calcium dans les eaux de sources échantillonnées	61
36	Evaluation spatio-temporelle des magnésiums dans les eaux des sources échantillonnées	62
37	Evaluation spatio-temporelle de TH dans les eaux de sources échantillonnées	63
38	Evaluation spatio-temporelle du Fer dans les eaux de sources échantillonnées	64
39	Evaluation spatio-temporelle du titre alcalimétrique complet dans les eaux des sources échantillonnées	64
40	Evaluation spatio-temporelle de coliformes totaux dans les eaux de sources échantillonnées	65
41	Evaluation spatio-temporelle de coliformes fécaux dans les eaux de sources échantillonnées	66
42	Evaluation spatio-temporelle des streptocoques fécaux dans les eaux de sources échantillonnées	67
43	Le résultat positif de la source S1 du mois d'Avril	69
44	Galerie biochimique Api 20 E de la source S1 du mois d'Avril	69

Liste des tableaux :

N° de tableau	Titre	Page
1	les volumes d'eau disponible sur la terre.	1
2	classification des eaux d'après leur PH.	9
3	Relation entre minéralisation et conductivité.	9
4	Classe de turbidité usuelle.	10
5	Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma.	24
6	précipitation moyenne mensuelle à la station de Guelma (1994-2013).	25
7	Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).	26
8	Positions géographiques des sources échantillonnées.	29
9	Les périodes des prélèvements.	32
10	Dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs.	68

Table des matières

Dédicaces

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1-Généralité sur l'eau.....	1
1-1- L'eau dans le monde	1
1-2-Cycle de l'eau.....	1
1-3-Usages des eaux	2
2-Les eaux de surface	4
3-Les eaux souterraines	4
3-1-Importance des eaux souterraines dans la recharge des lacs, des cours d'eau et des milieux humides	5
3-2-Les eaux souterraines dans le bassin de Guelma.....	5
3-3- L'écoulement des eaux souterraines	6
7-Les eaux de source	6
7-1-Les types des eaux de source.....	6
7-2- Origine des eaux de sources	7
8-Les paramètres organoleptiques et physico-chimiques.....	7
8-1- Les paramètres organoleptiques	7

8-2-Les paramètres physico-chimiques	8
8-3- Les éléments majeurs	11
9-Les paramètres microbiologiques.....	14
12- Les maladies à transmission hydriques.....	15
 Chapitre II Aperçu général sur la zone d'étude	
1-Description de site.....	16
2-Le réseau hydrologique	17
3-Reliefs.....	17
4-Géologie.....	18
5-Principaux oueds.....	19
6-Cadre hydrogéologique.....	19
6-1- Identification des nappes	20
7-Les activités anthropiques	21
7-1- L'agriculture.....	21
8-Cadre biotique.....	21
8-1-La flore	21
8-2-La faune.....	22
9-Les principaux types et origines de pollution dans la zone d'étude.....	22
9-1-Pollution urbaines et domestiques.....	22
9-2-Pollution industrielle.....	23
9-3-Pollution d'origine agricole.....	23
10-Le climat.....	23
10-1-La température	24

10-2-Précipitation.....	25
10-3-Humidité relative.....	28
Chapitre III	Matériel et méthode
1-Méthode de travail	29
2- Choix des sites et prélèvements.....	29
2 -1-Choix des sites de prélèvements.....	29
2-2- Prélèvements.....	31
3- Analyses physicochimiques	32
3-1- Paramètre physique	33
3-2- Paramètre chimique.....	34
3-3- Les paramètres de pollution	39
4- Paramètres microbiologiques.....	41
Chapitre IV	Résultats et discussion
1-Analyses physico-chimiques	52
1-1-Analyses des paramètres mesurables sur terrain	52
1-2-Analyse des paramètres mesurables au laboratoire.....	56
2-Analyses bactériologiques.....	65
Conclusion générale	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Références bibliographique	
Annexes	

Introduction :

L'eau est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme, elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne, c'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

La composition chimique d'une eau souterraine est très variée. Dans une nappe, l'eau peut subir les effets de plusieurs facteurs (concentration, échanges de base, réduction), qui sont capables de modifier partiellement ses caractéristiques chimiques et la qualité bactériologique. L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale d'eau, elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection et de traitement.

L'eau circule en lessivant les terrains encaissants et il peut y avoir, une augmentation de la concentration totale en sels dissous et des variations des valeurs des rapports caractéristiques qui peuvent nous renseigner sur l'origine des eaux.

Ce travail s'articule particulièrement autour de la variation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans le bassin de Guelma sur une période de deux mois- Mars- Avril. Pour cela, quatre (4) sources captées afin de mettre en évidence l'influence des changements climatiques et les activités anthropiques sur la composition chimique des eaux. Ces sources sont toutes situées près des principaux axes routiers et près des agglomérations. Elles sont donc à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivi rigoureux de leur composition chimique et leur degré de potabilité ou de pollution.

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons développé quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre comprend des généralités sur l'eau, les normes de potabilité des eaux de sources, et les caractéristiques des eaux destinées à l'alimentation humaine.
- ✓ Le deuxième chapitre nous donne un aperçu global sur la zone d'étude (la wilaya de Guelma).
- ✓ Le troisième chapitre présente le protocole d'échantillonnage sur terrain et les méthodes d'analyses physicochimiques et bactériologiques au laboratoire.
- ✓ Le quatrième chapitre particularise la présentation de nos résultats et discussions et on termine par une conclusion générale bien sur.

Chapitre I : Généralité sur l'eau

1-Généralité sur l'eau :

1-1- L'eau dans le monde :

L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante), composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O. [1]

Tab 1 : les volumes d'eau disponible sur la terre.

	Volumes en Km ³	Pourcentages	
Mers et Océans	1350 millions	Eau salée	97,2 %
Glaciers	27,8 millions	Eau douce	2,8 %
Eaux souterraines	8 millions		
Atmosphère, Lacs, Rivières et Végétaux	0,2 millions		

1-2-Cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau n'a pas de point de départ, mais les océans semblent un bon point de départ. Le soleil réchauffe l'eau des océans; celle-ci s'évapore dans l'air. Les courants d'air ascendants entraînent la vapeur dans l'atmosphère, où les températures plus basses provoquent la condensation de la vapeur en nuages. Les courants d'air entraînent les nuages autour de la Terre, les particules de nuage se heurtent, s'amoncellent et retombent en tant que précipitation. Certaines précipitations retombent sous forme de neige et peuvent s'accumuler en tant que calottes glaciales et glaciers. Quand arrive le printemps, la neige fond et l'eau ruisselle. Une grande partie des précipitations retournent aux océans ou s'infiltrent dans le sol. L'eau s'écoule aussi en surface. Certains écoulements retournent à la rivière et donc vers les océans. L'écoulement de surface et le suintement souterrain s'accumulent en tant qu'eau douce dans les lacs et rivières. Mais tous les ruissellements ne s'écoulent pas vers les rivières. Une grande partie s'infiltré dans le sol. Une partie de cette eau reste près de la surface du sol et peut retourner vers les masses d'eau de surface (et l'océan) comme résurgence d'eau souterraine. Certaines nappes souterraines trouvent une ouverture dans le sol et émergent comme des sources d'eau douce. L'eau souterraine peu profonde est absorbée par les racines des plantes et rejetée dans l'atmosphère via la transpiration des feuilles. Une quantité des eaux infiltrées descend encore plus profondément et réalimente les aquifères (roche souterraine saturée), qui stockent d'énormes quantités d'eau douce pour de longues périodes. Bien entendu, cette eau continue à bouger et une partie retourne à l'océan où le cycle de l'eau "se termine" ... et "recommence". [2]



Figure 1 : Le cycle d'eau. [2]

1-3-Usages des eaux :

On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau :

1-3-1-Usages domestiques :

L'essentiel de l'eau consommée à la maison est utilisé pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7% de notre consommation à la maison. Il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavages des rues, fontaines dans les villes. (Fetouhi, 2013)

1-3-2-Usage agricole :

L'agriculture est la principale source de consommation de l'eau essentiellement à des fins d'irrigation.

Cet usage de l'eau se caractérise par deux aspects :

- il s'agit d'une consommation nette, c'est-à-dire que l'eau prélevée n'est pas retournée à la nature après usage.

- cette consommation est concentrée sur la période estivale.

Les activités d'élevages sont aussi fortement consommatrices d'eau. On estime la quotidienneté d'eau par tête entre 50 et 200 litres pour les gros bétails et entre 10 et 40 litres pour les petits bétails. (Fetouhi, 2013)

1-3-3-Usages industriels :

L'eau est au cœur de nombreux processus industriels, dans l'industrie l'eau peut être utilisée à diverses fins, elle peut participer au processus industriels proprement dit :

- le lavage et l'évacuation des déchets.
- faire fonctionner les chaudières.

-le refroidissement des installations représente l'essentiel de la consommation industrielle de la consommation industrielle.

-Les impératifs de qualité de l'eau diffèrent largement en fonction des usages. Pour le refroidissement ou le lavage, une eau traitée suffit en générale, alors que de l'eau potable est indispensable à la production alimentaire.

-La fabrication de circuits électroniques nécessite des traitements spécifiques et plus exigeants que pour une eau destinée à la consommation. (Fetouhi, 2013)

1-3-4-Les usages énergétiques :

Les barrages, les conduites forcées captant des sources et les centrales hydroélectriques, équipées de turbines produisent de l'énergie. L'eau sert aussi pour refroidir des centrales thermiques et nucléaires, qui la rejettent chaude. (Fetouhi, 2013)

1-3-5-Les usages liés aux loisirs :

-La voile, le ski nautique, la plongée, la baignade en mer.

-La pêche en rivière.

-Les piscines et stades nautiques.

-Les bains d'eau chaude naturelle.

-Les stations de ski en hiver et les patinoires. (Fetouhi, 2013)

1-3-6-Les usages liés à la santé :

Il s'agit des crues thermales, de la thalassothérapie. (Boubidi, 2007)

2-Les eaux de surface :

Composées d'eau de mer, de marigot, de fleuve, de rivière, ces eaux couvrent la terre. La terre (Planète bleue) dont sa présence en eau est de : 97,5 % eau salée et [océans](#), 2,5 % eau douce (AMH, journée mondiale de l'eau 2003). Enflées par les eaux de ruissellement, elles reçoivent tous sortes de déchets contenant des germes nuisibles pour la santé. (Coulibaly, 2005, in Chibani S, 2009).

3-Les eaux souterraines :

Formées par les eaux d'infiltration, les eaux souterraines sont exemptes de pollution, cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection, d'autre part elles peuvent être chargées par les éléments, eaux saumâtres, (Na Cl) eau dure (Ca^{+2}), eau ferrugineuse (Fe^{+2}). (Coulibaly, 2005, in Chibani S, 2009).

3-1-Les nappes captives :

Se sont des nappes situées entre deux couches imperméables ou leur niveau ne peut monter, l'eau ne pouvant s'insinuer dans un sol imperméable, ces nappes n'ont qu'un lieu tenu avec la surface ou elles sont alimentées et qui correspond à la zone ou la couche perméable affleure, de telle nappes se renouvellement donc plus lentement que les nappes, elles sont en général profondes, quelques centaines de mètres et plus ,et se leur pente est forte, l'eau y est sous pression .la pression est même parfois suffisante pour que le creusement d'un puits permette à l'eau de jaillir en surface ;une telle nappe est alors dite :artésienne, et elles sont peu sensible à la pollution. [4]

3-2-Les nappes libres :

Se sont des nappes situées sous un sol perméable, au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partialement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage, aussi, le niveau de la nappe peut-il monter ou baisser à son aise, et ces nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variables, c'est le cas des nappes d'accompagnement des rivières, sont très sensibles à la pollution. [4]

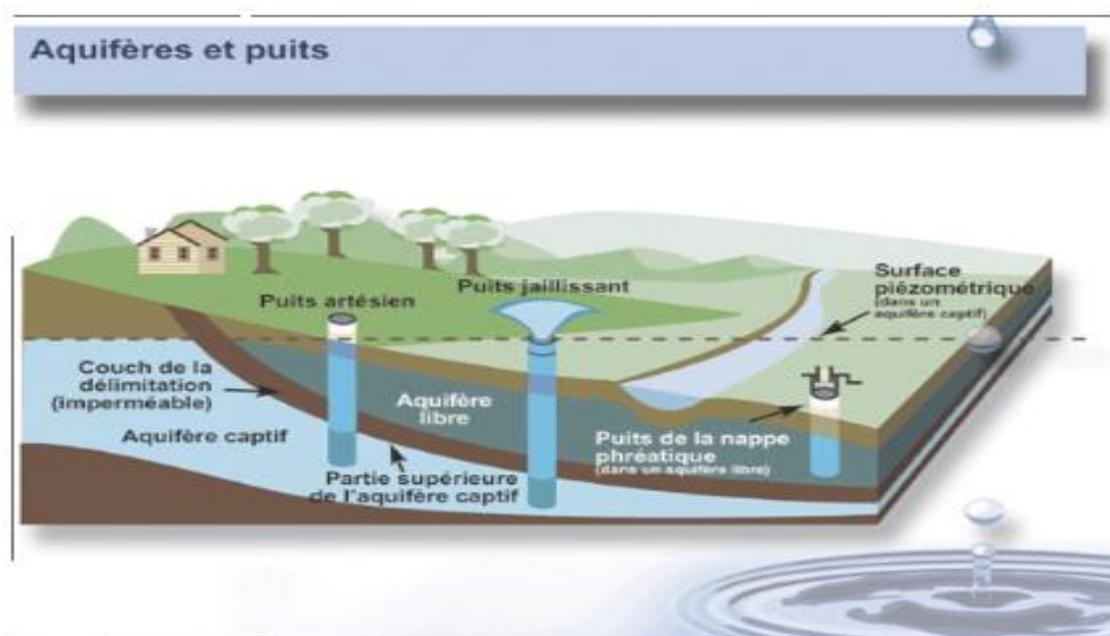


Figure 2 : les différents types de nappes souterraines et d'ouvrages de captage. [6]

4-Importance des eaux souterraines dans la recharge des lacs, des cours d'eau et des milieux humides :

L'eau circule sous la surface du sol. Comme l'eau de surface, mais à des débits beaucoup plus lents, elle s'écoule de l'amont vers l'aval pour ultimement rejoindre les cours d'eau et les lacs. L'émergence de l'eau souterraine peut contribuer considérablement au maintien des débits de base d'un cours d'eau ou du niveau de l'eau d'un lac. Durant les périodes sèches, certains cours d'eau et milieux humides peuvent être entièrement alimentés par l'eau souterraine. À l'inverse, en période de précipitations abondantes et de crue, ce sont généralement les eaux de surface qui alimentent les

eaux souterraines. Ainsi, l'eau souterraine est étroitement liée aux eaux de surface et est une composante importante du cycle global de l'eau. (Cosandey, 2003).

5-Les eaux souterraines dans le bassin de Guelma :

Le territoire de Guelma comporte globalement 04 zones hydrogéologiques distinctes. La zone des plaines de Guelma et Bouchegouf, dont les nappes captives s'étendent sur près de 40 km le long de la vallée Seybouse. Elles enregistrent un débit de 385 l/s. Elles constituent les plus importantes nappes de la Wilaya.

Les réserves sont établies au niveau des nappes phréatiques situées sur le plateau de Tamlouka et Sellaoua-Anouna au Sud, le bassin de Guelma et Héliopolis au centre et la vallée de Bouchegouf, Oued H'lia et Oued Cheham au Nord-est.

Ces eaux souterraines sont exploitées à travers 83 forages d'une capacité annuelle de 48 hm³ desservant les réseaux d'AEP (42 hm³) des eaux à usages industriels (4 hm³) et l'irrigation agricole (2 hm³). Ajouté à cela, nous relevons l'existence de 380 sources naturelles et 539 puits en milieu rural. (Alouane, 2012)

6- L'écoulement des eaux souterraines :

L'eau souterraine peut progresser de quelques centimètres à quelques mètres par jour dans les aquifères de sable ou de gravier, et de dizaines de mètres par jour et même davantage dans les aquifères constitué de roches très fracturées. Dans certains aquifères, il arrive que l'eau ne progresse même pas de quelques millimètres par jour.

En général, l'eau souterraine se déplace depuis des zones de recharge vers des zones d'évacuation, ces dernières étant les sources, cours d'eau, lacs, terres humides, etc. L'eau qui s'infiltré dans des terres hautes ou en amont d'une rivière pénètre dans le sol jusqu'à l'aquifère superficiel, puis se déplace horizontalement à travers les différentes formations jusqu'à l'unité de la rivière, d'où elle est évacuée.

Le parcours exact de l'eau peut être complexe. En général, toutefois, l'eau emprunte la trajectoire qui lui offre le moins de résistance et circule à travers les formations les plus perméables. Une partie de l'eau de recharge peut aussi descendre dans le sol, traverser des aquifères non confinés et aller alimenter des aquifères confinés plus profonds. Tôt ou tard, parfois des kilomètres plus loin, l'eau atteignent des zones d'évacuation ou elle rejoint les eaux de surface. [7]

7-Les eaux de source :

Les eaux de source sont des eaux qui doivent répondre à l'émergence aux critères de potabilité, et ne peuvent subir aucun traitement. (Monod, 1989).

7-1-Les types des eaux de source :

Les eaux de source sont de deux types : les eaux de source naturelles et les eaux de source minérales.

7-1-1- Les eaux de source naturelle :

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit donc être naturellement conforme. Elle doit satisfaire les critères de potabilité (ce qui n'est pas forcément le cas d'une eau minérale naturelle). (Alouane, 2012)

7-1-2- Les eaux de source minérale :

Une eau minérale naturelle est également une eau d'origine souterraine, protégée de toute pollution. Ses caractéristiques chimiques doivent être stables. Elle doit être de nature à apporter, dans certains cas, ses propriétés favorables à la santé. Elle n'est pas potable au sens réglementaire (on ne pourrait pas la distribuer au robinet). En effet, elle contient des substances minérales en quantités trop importantes pour pouvoir servir de boisson exclusive. Les eaux minérales font donc l'objet d'autorisations spécifiques, après analyse de leurs effets thérapeutiques.

Les eaux minérales peuvent être classées selon leurs teneurs en minéraux :

- Eaux très peu minéralisées,
- Eaux sulfatées calciques,
- Eaux bicarbonatées sodiques. (Alouane, 2012)

7-2- Origine des eaux de sources :

Toutes deux ont une origine commune : les eaux de pluies (eaux souterraines).

Une fois infiltrées, les pluies percolent verticalement à travers les différentes formations géologiques, appelées formations aquifères, jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique). Une fois emmagasinées (eaux souterraines), la nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau. Les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète, soit environ 12.000 kilomètres cubes d'eau par an. Elles constituent une ressource naturelle renouvelable, régies par un cycle : le cycle global de l'eau.

Ce sont ces résurgences caractérisées par une source émergente ou captée qui font l'objet de cette étude. (Alouane, 2012)

8-Les paramètres organoleptiques et physico-chimiques :

8-1- Les paramètres organoleptiques :

a-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/l de platine cobalt. (Chena, 2015)

b-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, 2005)

c-Gout et saveur :

Le gout 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. (Rodier, 2005)

8-2-Les paramètres physico-chimiques :

A- La température:

Elle est mesurée avec un appareil électro métrique de terrain. La température est lue directement sur un écran digital après immersion jusqu'à 8-10 cm de la sonde électro métrique. (Alouane, 2012)

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 des différentes substances,). 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. (Mouchara, 2009).

B- Le pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). (Mouchara, 2009)

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

Mesuré directement à l'aide d'un pH-mètre de terrain équipé d'une électrode verre-calomel. Après étalonnage préalable à l'aide des étalons de référence 7 et 4, la valeur est lue sur un écran digital après stabilisation. (Alouane, 2012)

Tab 2: classification des eaux d'après leur PH. (Anonyme, 1996, Anonyme, 2002)

PH <5	Acidité forte (présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles)
PH=7	PH neutre
7 <PH<8	Neutralité approché (majorité des eaux de surface
5,5<PH<8	Majorité des eaux souterraines
PH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

C-La conductivité électrique (CE 20°C) :

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre de terrain équipé d'une sonde pour température et d'une cellule conductimétrique (constante de la cellule égale à 1). Le résultat est lu sur un écran digital à 20°C (température de référence). (Alouane, 2012)

La conductivité est essentiellement liée à la présence des espèces ioniques en solution. Elle permet une estimation de la minéralisation totale selon la relation décrite dans ce tableau. (Benmarce, 2011)

Tab 3: Relation entre minéralisation et conductivité. (Benmarce, 2007)

Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 20°C	Minéralisation	Qualité d'eau
C < 100	Très faible	Eau excellente
100 < C < 200	Dite faible	Eau excellente
200 < C < 400	Peu accentuée	Eau excellente
400 < C < 600	Moyenne	Eau moyenne
600 < C < 1000	Importante	Eau utilisable
> 1000	Excessive	Eau utilisable

D- La turbidité :

La turbidité d'une eau est déterminée par sa teneur en matières en suspension : (grains de silice, matières organiques, limons). Lorsque cette teneur est élevée l'eau se trouble est forme d'importants dépôts dans les tuyauteries et les réservoirs. La turbidité d'une eau de boisson doit être maintenue inférieure à 5 NTU (Unité de turbidité Néphélobométrique) chez le consommateur. (Terkmani A, 2006)

Tab 4: Classe de turbidité usuelle (NTU, nephelometric turbidity unit)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU >50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

E- Potentiel redox :

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur; ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. La mesure est réalisée in site par un multi paramètre portable. (Reggam, 2015).

F-L'oxygène dissous :

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. A une température et une pression données, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute. C'est la teneur en oxygène 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 synthétique des végétaux aquatiques, notamment des algues du phytoplancton.

Il faut savoir que la quantité d'oxygène en solution dans une eau régit les réactions d'oxydoréduction. (Mouchara, 2009)

G- Matières en suspension (MES) :

La teneur est la composition minérale et organique des matières en suspension dans les sont très variable selon les cours d'eau : elles sont le résultat de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets....etc.

Des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter le développement de la vie aquatique.

Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine. (Ladjel, 2007).

H-Matières organiques dissoutes :

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composées parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total. On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales. Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. (Codex et coin, 1981).

I- Hydrocarbures :

Susceptibles de polluer l'eau, ils ont pour source les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges d'effluents de différents d'industries. Leur nuisance est l'apparition de goûts et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables. La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs. On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'additions du mazout. (Degrement, 2005).

J- Dureté de l'eau (ou titre hydrotimétrique) :

On désigne par dureté totale la somme des ions (alcalino-terreux) dissous dans l'eau, la plus grande partie est constituée par les ions calcium et magnésium. Lorsque la TH d'une eau est élevée, elle dite (dure) et (douce) dans le cas invers. Pour les boissons domestiques, il est recommandé d'avoir une eau dont le TH varié entre 80 et 150 mg/l de CO_3 . (Tarkmani A, 2006).

8-3- Les éléments majeurs :

A- Le calcium (Ca^{+2}) :

La présence des ions (Ca^{+2}) dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles soit : la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). (Mouchara, 2009)

B-Le magnésium (Mg^{+2}) :

Ayant des origines comparables à celle du calcium, cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite). (Mouchara, 2009)

C-Les chlorures (Cl^-):

La présence de chlorure dans l'eau peut avoir pour origine le lessivage des terrains travers. En concentration excessive dans l'eau, les chlorures rendent celle-ci corrosive pour les ouvrages de distribution et nocive pour les plantes leur apparition brusque dans l'eau de consommation est indice de pollution. (Tarkmani A, 2006).

D-Bicarbonates (HCO_3^-) :

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates. (Rodier, 2005).

E-L'ion nitrate NO_3^- et nitrite NO_2^- :

Les nitrates et les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) (Gaujour, 1995). Ils sont extrêmement solubles, ils pénètrent le sol et les eaux souterraines ou se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (Lepeltie, 2005). Dans les eaux, la quantité des nitrates maximales admissibles est fixée de 50 mg/l. (Coulais, 2002).

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

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont d'origine naturelle (gypse, pyrite, volcans), industrielle (industrie pétrolière, tannerie, papeterie, industrie textile) et proviennent aussi des produits de traitement agricole (Gaujous, 1995).

G-Le Sodium (Na^+) :

Le sodium est un élément constant de l'eau, toute fois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques;
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères;
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium. (Aouissi, 2010).

H-Le fer total :

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{+2} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{+3} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'oxydoréduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité et la teneur de l'eau en fer. Les nappes captives isolées des échanges avec la surface sont en conditions réductrices: leur eau est ferrugineuse. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. (Guillemin et Roux, 1992).

I-L'ammonium (NH_4^+):

Dans l'eau, l'azote se trouve sous deux formes : L'ammoniac (NH_3^+) et l'ammonium (NH_4^+). La présence de l'ammonium dans les eaux résulte le plus souvent de la décomposition de matières organique. Il est utilisé comme indicateur de pollution et il est souvent responsable de la mauvaise classe d'une rivière. (Reggam, 2015).

J-Le phosphate (PO_4^{2-}) :

La pollution causée par les phosphates et due en partie à des rejets d'eaux domestiques et industrielles (détergents et industries chimiques) et en partie à l'utilisation des fertilisants et des engrais considérés comme des éléments favorisant l'eutrophisation des masses d'eau stagnantes. (Gaujous, 1997).

K-Pesticides :

D'origine agricole, ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellement. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose. (Alpha, 2005)

L-Éléments traces métalliques (métaux lourds) :

➤ **Plomb Pb**

C'est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau. Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension. (Rodier, 2005).

➤ **Cadmium Cd**

Le cadmium est un métal blanc, mou ductile et flexible. Il est naturellement assez rare dans l'environnement ou on peut le trouver associé au zinc. (Bontoux, 1993).

➤ **Manganèse Mn**

C'est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité, il est donc éliminé par traitement classiques de clarification. (Degrement, 2005).

9-Les paramètres microbiologiques :

Les microorganismes se développant dans l'eau sont d'origine diverse mais lorsque des germes d'origine fécale sont détectés, il y a lieu de suspecter la présence de germes pathogènes qui présentent un risque certain pour la santé humaine. (Vilagines, 2003).

A- Les germes totaux :

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser. (Rodier, 2005).

B- Les Coliformes thermotolérants ou fécaux:

Les bactéries Coliformes thermotolérants existent dans les matières fécales mais peuvent également se développer dans certains milieux naturels. La recherche de ces germes, dont *Escherichia Coli* est spécifique de la recherche des germes tests des contaminations fécales récentes. (Kravitz et al, 2000), (Leclerc et Mossel, 1989).

L'espèce *E. coli* reste dans l'ensemble sensible aux principaux antibiotiques tels que l'ampicilline, les céphalosporines, les aminosides, la colistine, les tétracyclines et le triméthoprime-sulfaméthoxazole. Cependant un certain nombre de souches peuvent acquérir de multiples résistances aux antibiotiques. (Berche et al, 1988).

C- Les streptocoques fécaux :

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chainettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles. (Bourgeois et Mesle, 1996).

D-Les clostridium sulfito-réducteurs :

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considéré comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle. (Armand, 1996).

E- Les salmonelles :

Les Salmonelles sont responsables d'un certain nombre de pathologies dont les plus graves sont: les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. (Berche et al, 1988).

Les Salmonella produisent rarement de bactériocines, mais certains lysotypes de S.typhi élaborent un salmonelline analogue en partie à la clocine B des E. Coli. (Leminor et Veron, 1989).

10- Les maladies à transmission hydriques :

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun et le mode de contamination : l'eau. (Kreisel W, 1991).

➤ **Le choléra :**

Le choléra est une maladie infectieuse strictement humaine, à caractère épidémique, d'origine bactérienne. Maladie de la misère, de la malnutrition et de la surpopulation, elle est caractérisée avant tout par une diarrhée aqueuse qui de traitement de hydratation. (Leclerc, 1994, Prescott et all. 2003).

➤ **Diarrhées infectieuses :**

Maladie causées par divers bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort. (Briere, 2000).

➤ **Les fièvres paratyphoïdes :**

Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible. [5].

*Chapitre II : Aperçu général
Sur la zone d'étude*

1-Description de site :

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 km². Elle se situe au Nord-est du pays. Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud. Elle est limitrophe aux wilayat de :

- Annaba, au Nord ;
- El Taref, au Nord-est ;
- Oum el Bouaghi, au Sud ;
- Constantine, à l'Ouest ; 1 m
- Skikda au Nord-Ouest. (Zouaidia, 2006).

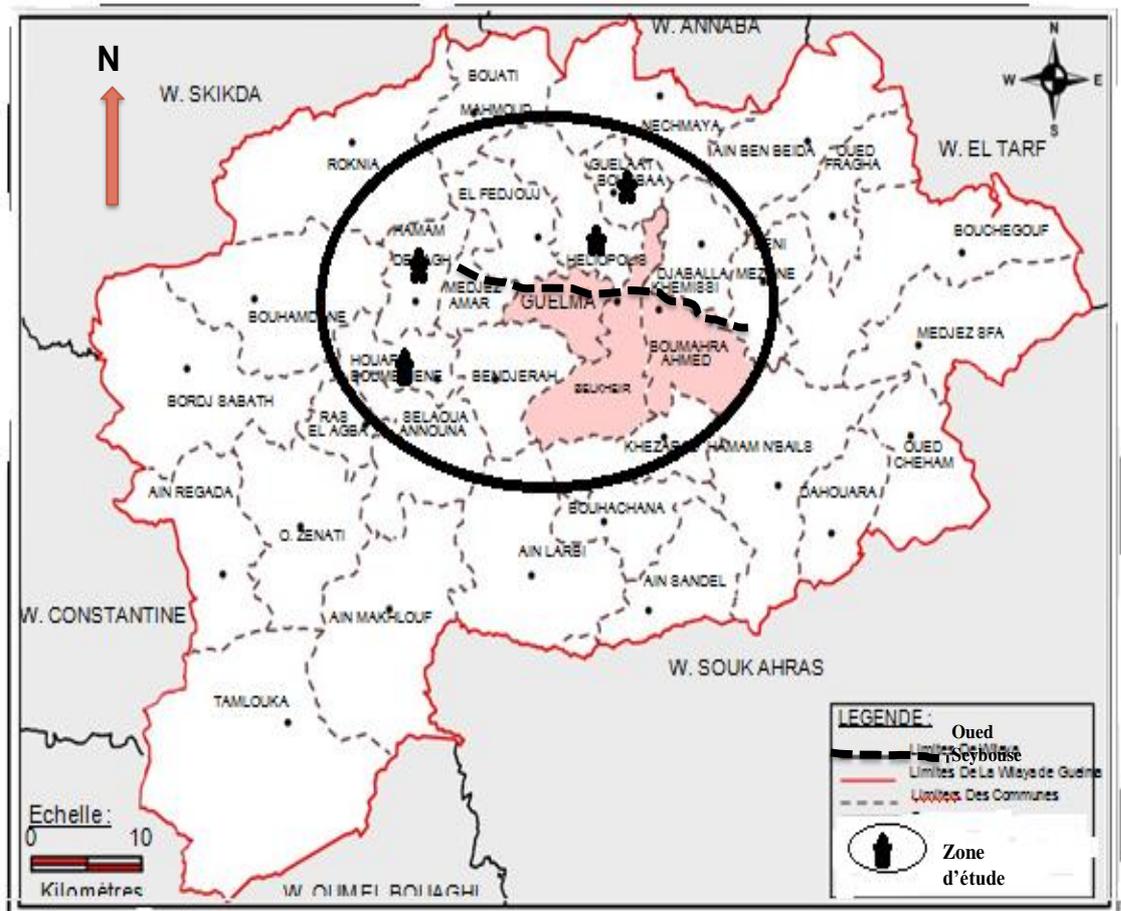


Figure 3 :situation géographique de la zone d'étude. (Aouissi, 2010)

2-Le réseau hydrologique :

Le territoire de Guelma comporte globalement 04 zones hydrogéologiques distinctes. La zone des plaines de Guelma et Bouchegouf, dont les nappes captives s'étendent sur près de 40 km le long de la vallée Seybouse. Elles enregistrent un débit de 385 l/s. Elles constituent les plus importantes nappes de la Wilaya.

Les réserves sont établies au niveau des nappes phréatiques situées sur le plateau de Tamlouka et Sellaoua-Anouna au Sud, le bassin de Guelma et Héliopolis au centre et la vallée de Bouchegouf, Oued H'lia et Oued Cheham au Nord-est.

Ces eaux souterraines sont exploitées à travers 83 forages d'une capacité annuelle de 48 hm³ desservant les réseaux d'AEP (42 hm³) des eaux à usages industriels (4 hm³) et l'irrigation agricole (2 hm³). Ajouté à cela, nous relevons l'existence de 380 sources naturelles (dont celle de Hammam Debagh, Houari Boumedian, Guelaat Bousbaa, Héliopolis) et 539 puits en milieu rural. Les eaux en surface sont estimées à 224,15 millions de mètres cubes stockées en majorité au niveau du barrage de Bouhamdane (220 hm³) les petits barrages de Medjez-El-Bagrat (2,84 hm³) et Hadjar Gafta (0,44 hm³) ainsi que 15 retenues collinaires (0,87 hm³).

En matière d'eau potable les réserves en surface participent dans l'alimentation des populations à hauteur de 30% alors que le reste des besoins est puisé dans les eaux souterraines. Le déséquilibre est relevé comme indicateur négatif dans les normes d'exploitation rationnelle du précieux liquide et les pouvoirs publics ont tenu à inverser la tendance en y consacrant des actions appropriées à une stratégie d'investissement dans le domaine du stockage, du transport et du traitement des eaux. (Alouane, 2012).

3-Reliefs :

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse. Ce relief se décompose comme suit :

- **Montagnes** : elles constituent 37,87% dont les principales sont :

- Mahouna avec une altitude de 1.411 m.
- Haoura : 1.292 m d'altitude.
- Taya: 1.208 m d'altitude.
- D'Bagh : 1.060 m d'altitude.

- **Plaines et plateaux** : Ils constituent 27,22% de la superficie de la wilaya.

- **Collines et Piémonts** : qui constituent 26,29% de la superficie totale, plus autres types de relief

constituant 8,67%. (Zouaidia, 2006).



Figure 4 : Carte du relief de la wilaya de Guelma. (Mouchara, 2009).

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir :

- La région de Guelma ;
- La région de Bouchegouf ;
- La région d'Oued Zénati ;
- La région de Tamlouka.

- **Région de Guelma :**

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'oued (la vallée de la Seybouse). C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous région, et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion.

- **Région de Bouchegouf :**

Elle se caractérise par un relief fortement montagneux (près de 75%). Cette région est traversée par l'oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs

versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma.

- **Région d'Oued Zénati :**

La région d'Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Le paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans un ensemble de montagnes dont la couverture forestière est moins importante que celle de la région de Guelma. Les sols qui s'y localisent sont en grande partie des sols bruns calcaires parfois profonds.

- **Région de Tamlouka :**

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à 800 mètres avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage de hautes plaines traversées par l'Oued M'gaisba, caractérisée par des bas fonds et des glacis alluviaux.

Au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine. (Zouaidia, 2006).

5-Principaux oueds :

Les principaux Oueds dans la région de la wilaya sont :

- **Oued Seybouse :** il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre oued Charef et oued Bouhamdane). Il traverse la plaine de Guelma-Boucheougouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an.
- **Oued Bouhamdane :** il prend sa source dans la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la wilaya. Son apport est de 96 millions m³/an.
- **Oued Mellah :** provenant du Sud-est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³/an.
- **Oued Charef:** Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m³/an. (Zouaidia, 2006).

6-Géologie:

La connaissance de l'hydrogéologie de la région hydrodynamique est très intéressante car elle permet d'envisager les échanges souterrains qui peuvent se produire dans les aquifères.

En se basant sur la description géologique des terrains ainsi que sur les caractéristiques hydrogéologiques de chaque formation, on distingue :

6-1- Identification des nappes :

La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires d'âge Crétacé Oligocène, Mio-Pliocène et Quaternaire. Le fond du bassin est occupé par une plaine alluviale correspondant à un synclinal comblé par des argiles, des conglomérats marno-calcaires, des grés numidiens et des calcaires lacustres.

Les formations numidiennes se développent largement au Sud de Guelma. Ce sont surtout les calcaires Yprésiens qui dominent, viennent en suite les grés numidiens du flanc de Mahouna, les séries marno-calcaires et les argiles.

L'ensemble est fortement tectonisé. Il en résulte des facteurs qui favorisent la présence de plusieurs unités aquifères dans les marno-calcaires (Crétacé supérieur).

L'oued Seybouse a creusé dans la même série et a mis à jour trois petites sources, c'est un indice de la présence d'une nappe à faible ressource.

Les bancs de calcaires Yprésien de la région Sud de Guelma, affleurent largement jusqu'à la région de Sédrata. Ces calcaires sont fortement fissurés. Ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes, mais rapidement restituées. Les formations numidiennes dans la région de Guelma sont constituées d'une alternance d'assises gréseuses et de séries argileuses ou argilo-gréseuses.

Au Nord de Héliopolis, d'El Fedjoudj et de Guelâat bouSbaa, affleurent des formations marneuses et schisteuses pauvres en eaux souterraines, alors qu'à l'Ouest de cette zone s'élèvent les calcaires Sénoniens du Djebel Debagh et Taya où l'infiltration est probablement importante, donc présence d'eau.

Le centre du bassin est occupé par des dépôts quaternaires dont lesquels on peut distinguer plusieurs terrasses.

Quant à la dépression de Boucheghouf, elle est encadrée à l'Ouest et au Nord par des grés, au Sud par des formations triasiques marneuses et gypseuses et au centre elle est comblées par les alluvions déposées par la Seybouse qui forment trois niveaux : la haute, la moyenne et la basse terrasse. Les alluvions de cette dernière peuvent receler des eaux souterraines alimentées par l'Oued Seybouse là où elles ne sont pas trop argileuses.

Le bassin de Guelma présente plusieurs ensembles lithologiques qui impliquent des zones hydrogéologiques différentes. Au Sud, des formations fracturées, indice d'une bonne infiltration donc importante accumulation d'eau souterraine. Sur la rive gauche de la Seybouse, on rencontre des formations pour lesquelles l'infiltration se fait très difficilement.

Enfin, au centre les alluvions quaternaires (poudingues, graviers, galets, limons ...) à forte perméabilité renferment une nappe très importante.

Le couplage des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques des formations de la plaine, a permis de distinguer un ensemble du remplissage Mio-Plio-Quaternaire capable de constituer deux réservoirs d'eau :

- le réservoir de la nappe superficielle, représenté par des alluvions argilo-limoneuses au niveau de la nappe phréatique et par les sables de la nappe du cordon dunaire ;

-Le réservoir de la nappe des graviers, représenté par des galets et des graviers intercalés avec des lentilles de sable et d'argile. (Bechiri, 2011)

7-Les activités anthropiques :

7-1- L'agriculture :

D'une vocation essentiellement agricole, Guelma recèle un important potentiel. Avec 266.000 ha de surface agricole totale, soit 72,15 % de la superficie totale. La surface agricole utile est de près de 186.122.ha.

Une superficie de pacages et parcours de 53.473 ha, soit 14,50 % de la superficie totale de la wilaya et 20,10 % de la SAT. Les terres improductives de 26.405 ha, soit 7,16 % de la superficie totale de la Wilaya et 9,92 % de la SAT. La superficie irrigable est près de 17.343 ha, soit 9,35 % de la SAU. (Alouane, 2012).

8-Cadre biotique :

8-1-La flore :

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107704 hectares avec un pourcentage de 28% de la superficie de la wilaya. Cette étendue de végétation abrite des espèces floristiques représentées essentiellement par : le chêne liège, le chêne vert, l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin d'Alep, le Pin Maritime, le Bruyère, l'Arbousier, le Lentisque, le Filaire, le Myrte, le Genet, le Calicotum, et le Ronce. (DPAT, 2008, in Aouissi, 2010).



Figure 5: Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma. (Zouaidia, 2006).

8-2-La faune :

-Les **mammifères** : loups, sanglier, chacal, renard, lièvre, lapin, gerboise, cerf de barbarie représentant une espèce protégée.

-Les **oiseaux** : Perdixgambara, caille des blés, tourterelle, chardonneret (espèce hyper-protégée), moineau, hibou, palombe, cigogne blanche, héron garde-boues, héron cendré.

-Les **reptiles** : tortue, lézard, couleuvre. (Zouaidia, 2006).

9-Les principaux types et origines de pollution dans la zone d'étude :

La pollution des eaux de surface et souterraines peut avoir diverses origines. Selon les activités des différents secteurs, elle peut être d'origine domestique, industrielle et agricole.

9-1-Pollution urbaines et domestiques:

La pollution urbaine constitue une source de pollution importante, en effet toutes les agglomérations situées le long du cours d'eau déversent leurs eaux usées dans l'oued Seybouse ou ses affluents sans traitement préalable sauf pour la ville de Guelma où on a une station d'épuration récemment mise en service.

Dans le cas d'assainissement, collectif ou individuel défectueux ou un contact hydraulique avec les nappes, les substances indésirables contenues dans les eaux ménagères (matières organiques, solvants, détergents micro-organismes, antibiotiques...), peuvent atteindre la nappe.

Les trois décharges publiques à savoir celles situées respectivement au Nord de Guelaât Bou Sbâa, à l'Est de d'Héliopolis et au Nord de la ville de Guelma du côté de Djebel Hallouf, contribuent eux aussi à la pollution par leur lexiviat.

Notons que d'autres décharges sauvages existent également dans notre zone d'étude

9-2-Pollution industrielle :

L'essor industriel qu'à connu les régions d'Annaba et Guelma a donné naissance à beaucoup de petites et grandes industries les rejets de ces derniers sont constituées d'eaux usées et de déchets solides et se font en général dans les oueds sans traitement préalable.

Les stations de lavage et de carburants au nombre de 33 et les unités industrielles déversent également leurs déchets dans les affluents de l'oued Seybouse (O.Skhouné, O.Maiz, O.Zimba, O.Boussora et O.Meboudja).

Ces rejets peuvent occasionner des modifications aux eaux de surface et souterraine et compromettent la santé de l'homme. Commune Wilaya Lieu de rejet

9-3-Pollution d'origine agricole :

Les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage influencent fortement le régime et la qualité des eaux. L'utilisation massive des engrais et des pesticides dans notre zone d'étude contribuent à la dégradation des eaux de surface et souterraine. Le transfert des engrais et pesticides vers la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans les puits perdus et gouffres.

Les élevages intensifs des bovins (étables, fermes pilotes) et volailles (poulaillers), produisent une grande quantité déjections azotées qui peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines.

Les nitrates sont des engrais azotés les plus utilisés dans l'agriculture, ce sont des sels très solubles qui sont soumis au processus de lessivage dans le sol et s'enfoncent progressivement pour atteindre la nappe. (Bechiri, 2011).

10-Le climat :

Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne. D'après le calcul d'indice d'aridité de Martonne ce climat est caractérisé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral. (Reggam, 2015)

10-1-La température :

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration. (EMSALEM. R, 1986, in Aouissi. A, 2010). La température influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants.

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. (Reggam, 2015)

10-1-1-La température moyenne mensuelles :

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma sur une période de 19 ans. Ces valeurs sont consignées dans le tableau 5, leur répartition est illustrée sur la (Figure 6). (Reggam, 2015)

Tab 5: Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T(°C)	9,76	10,00	12,52	15,00	19,46	24,07	27,22	27,47	23,52	19,51	14,48	10,97

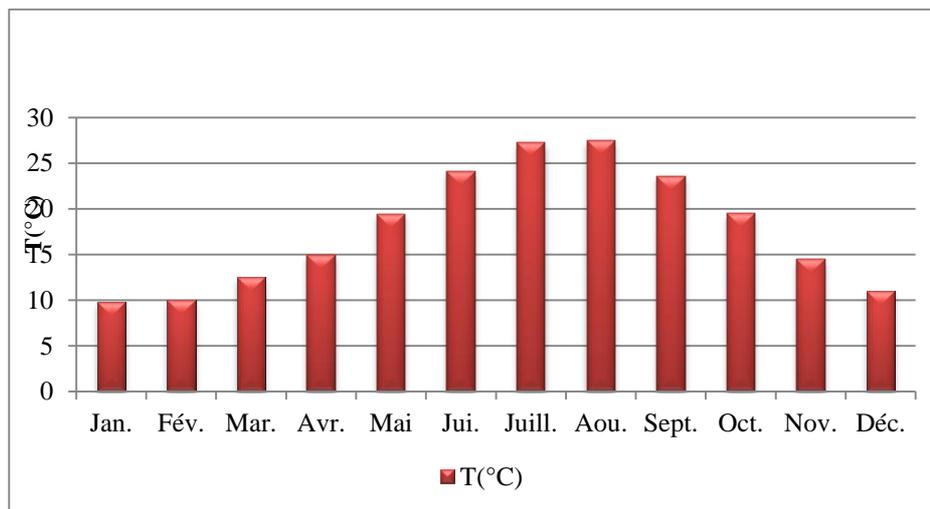


Figure 6 : variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1994-2013). (Reggam, 2015)

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes. Les moyennes des semestres froids (nov.avr.) et chauds (mai.oct.) sont respectivement 12,12 et 23,56°C (Tableau 5).

D'après la figure 6 les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de janvier et février tandis que les plus fortes caractérisent les mois de juillet et août.

La figure 6 donne l'évolution de la température en 1994 à 2013 selon les différents mois de l'année. Cette figure montre que :

La température moyenne annuelle est de 17,84°C. On note que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'août (27,54°C) alors que la température la plus basse est celle du mois de janvier (9,76 °C). (Reggam, 2015)

10-2-Précipitation :

Avec la température, les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat. (Faurie et al, 1983, in Aouissi. A, 2010). Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. Ces divers types de 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. (Dajoz, 2002, in Aouissi. A, 2010).

10-2-1-Pluviométries moyennes mensuelles :

Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 19 ans (1994 - 2013) sont récapitulées dans le tableau 6. Leur répartition est illustrée par la Figure 7. La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de janvier avec 98,85 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de juillet avec 3,09 mm. (Reggam, 2015)

Tab 6 : précipitation moyenne mensuelle à la station de Guelma (1994-2013)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aou.
P (mm)	49,89	41,21	71,91	74,50	98,85	71,68	64,65	66,59	44,97	15,29	3,09	16,02

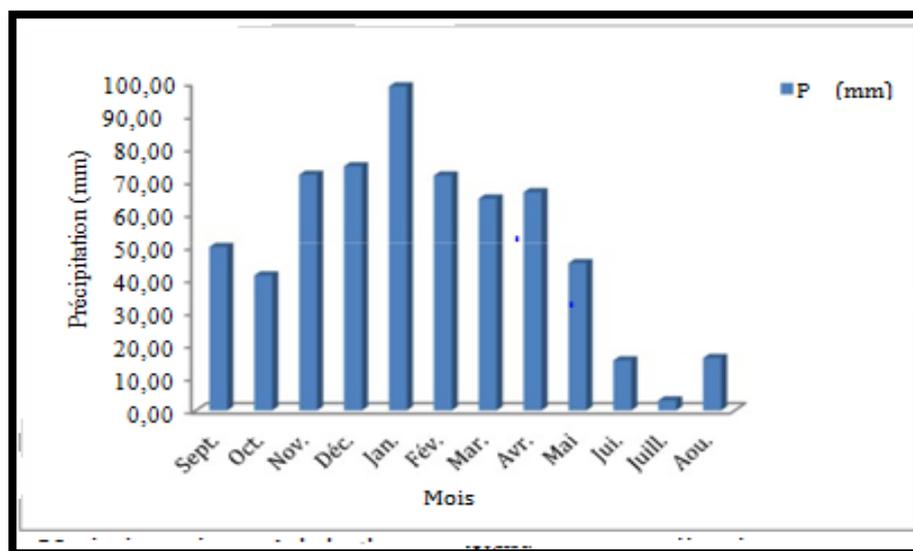


Figure 7 : Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013). (Reggam, 2015)

10-2-2-Pluviométries annuelles :

Cependant, l'analyse des variations interannuelles des précipitations montre une évolution en dents de scie dont les pics sont notés pendant les années 2002-2003 et 2008-2009 (938,5 mm et 894 mm respectivement). (Figure 8). (Reggam, 2015)

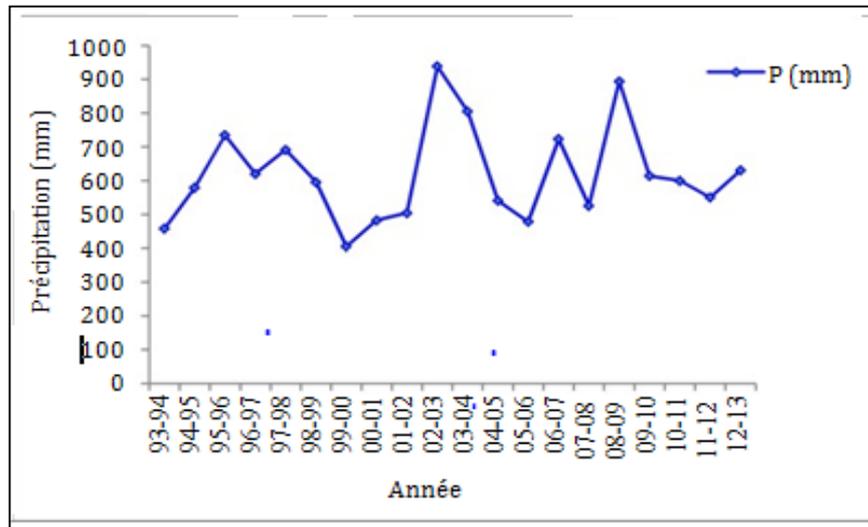


Figure 8 : Variations des précipitations annuelles de la station de Guelma (1994 - 2013). (Reggam, 2015)

10-2-3--Pluviométries moyennes saisonnières :

Le tableau 7 et la figure 9 montrent que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 81,68 mm/mois, ce qui produit une dilution des éléments chimiques, tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 11,47 mm/mois, ce qui produit une évaporation et une concentration des éléments chimiques (augmentation de la conductivité électrique). (Reggam, 2015).

Tab 7 : Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Moy (mm)	54,34	81,68	58,74	11,47

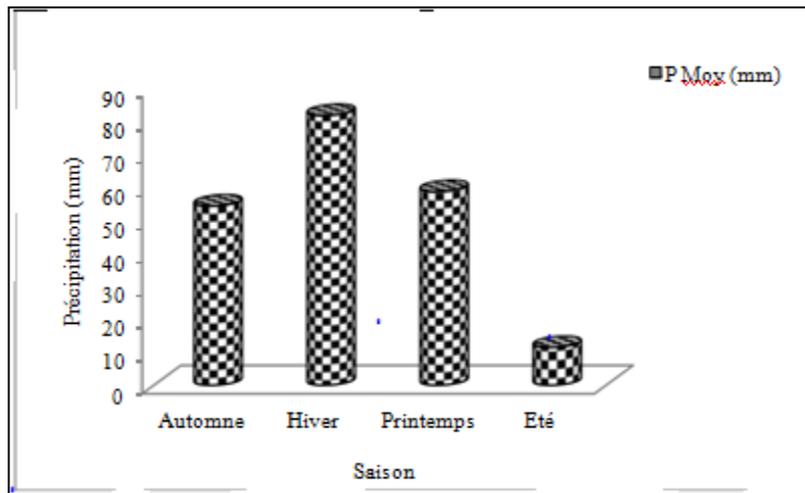


Figure 9 : Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013). (Reggam, 2015)

10-2-4-Variation inter annuelle des précipitations mensuelles:

D’après la figure 10, les variations inter annuelles des précipitations montrent une grande différence entre l’année la plus humide: (2002 /2003) avec 938,5 mm/an et l’année la plus sèche (1999/2000) avec 405,3 mm/an. (Reggam, 2015)

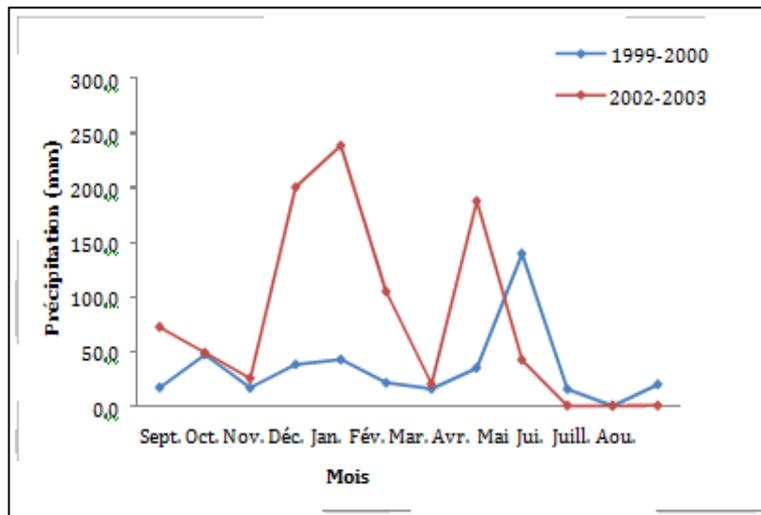


Figure 10 : Variations interannuelles des précipitations mensuelles de la station de Guelma (1994-2013). (Reggam, 2015)

10-3-Humidité relative:

La moyenne de l'humidité relative dans la période allant de l'année 1994 jusqu'à l'année 2013 est de l'ordre de 68,79%. Le maximum est enregistré au mois le plus froid (janvier 76,91%) et le minimum au mois le plus chaud (juillet 55,53%). (Figure 11)

L'humidité semble évoluer en sens inverse de la température et subir l'influence du vent. En effet, plus les températures sont élevées et plus les vents deviennent forts, plus les humidités relatives diminuent de façon marquée. (Gausson et Bagnouls, 1953).

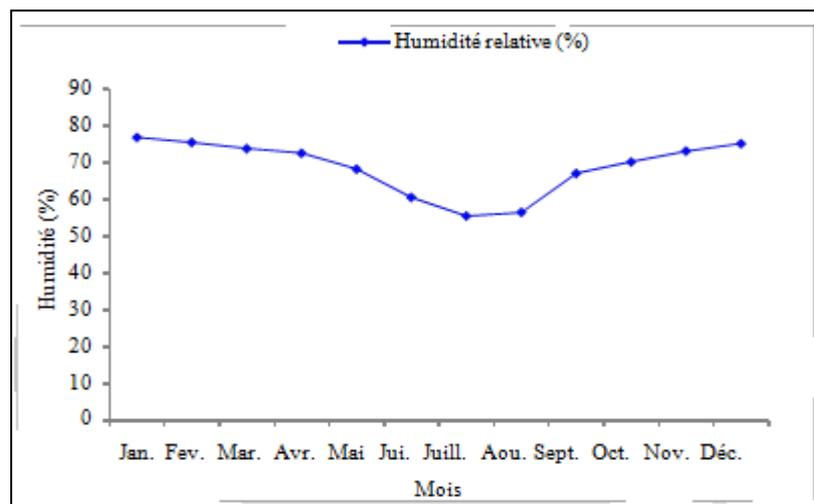


Figure 11 : Evaluation mensuelle des humidités relatives de la station de Guelma (1994-2013). (Reggam, 2015)

Chapitre III: Matériels et Méthode

1- Méthode de travail

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau de quatre sources relativement éloignées les unes des autres. Les analyses physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh (Guelma). Et pour les analyses bactériologiques ont été réalisées au sein de laboratoire de l'université

L'étude de qualité de l'eau des sites échantillonnés comporte trois étapes :

- Prélèvement d'échantillons et collectes des données.
- Analyse au laboratoire.
- Interprétation des résultats.

Les techniques d'analyses adoptées sont celles décrites par Rodier, 2009.

2- Choix des sites et prélèvements

2 -1-Choix des sites de prélèvements

Pour satisfaire les objectifs de la présente étude, quatre sources ont été choisi dans les différents coins de la région de Guelma, dont deux situent au nord d'oued Seybouse dénommées Ain Bouchiha à la ville de Héliopolis et l'autre à la ville de Guellaat Bou Sba dénommées Ain Allaba et deux situent au sud d'oued seybouse dénommées Ain Ghoul dans la commune de Houari Boumediene et l'autre à Hammam Debagh appelée Ain Allaigua.

Les quatre sources ont été repérées par on GPS de type Garmin 72 (fig12.) comme le montre le tableau ci-dessous :

Tab 8 : positions géographiques des sources échantillonnées.

Les sources	Altitude	Agglomération	Cordonnées GPS
Ain allaba	307 m	Guellaat Bou Sba	36° 32'45° N 7° 28' 31° E
Ain Bouchiha	239 m	Héliopolis	36°29'45,49''N 7°22'13 ,93 ''E
Ain Allaigua	287 m	Hammam Debagh	36° ,44 . 304° N 7° ,27 .072°E
Ain Ghoul	423 m	Houari Boumediene	36° 24' 58'' N 7° 17' 10'' E



Figure 12 : represente le GPS de type Garmin 72

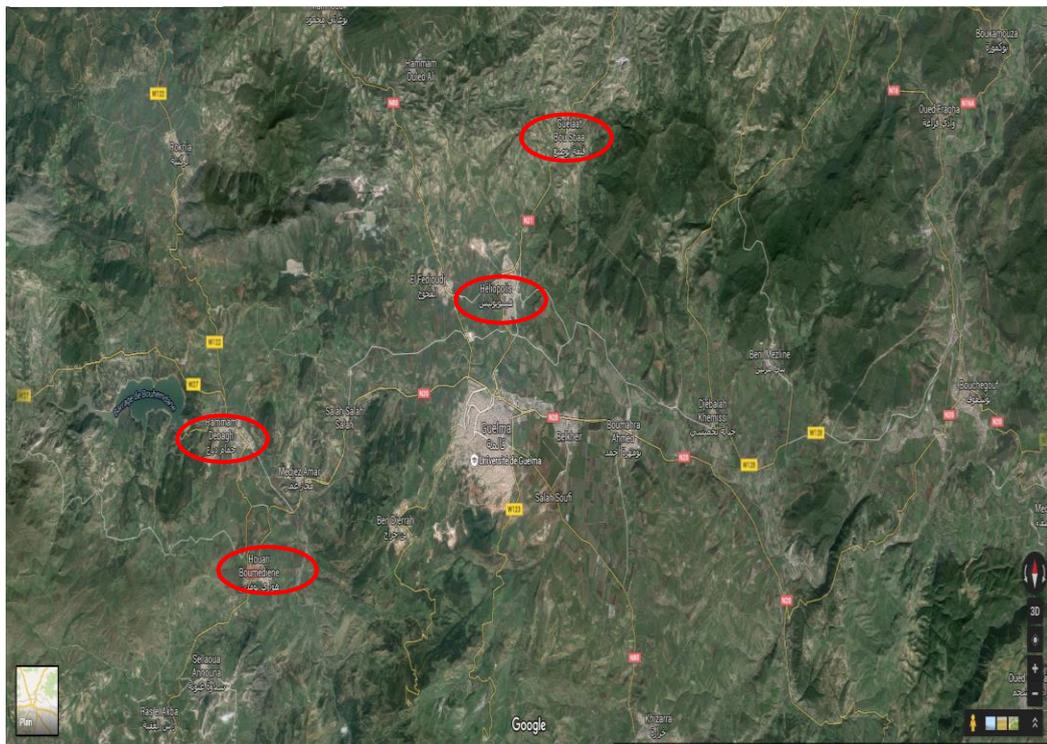


Figure 13 : les zones d'étude (Google earth).



Figure 14 :Ain Bouchiha



Figure 15 : Ain allaba



Figure 16 : Ain Ghoul



Figure 17 :Ain Allaiga

2-2- Prélèvements

Notre étude concerne essentiellement l'exposition de ces points d'eaux aux pollutions liées à l'activité humaine, ainsi l'influence de la nature lithologiques sur la composition chimique de ces eaux. Ces sources sont tout situées sur les principaux axes routiers et dans des agglomérations. Ils sont donc à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivre rigoureux de leur qualité physicochimiques et bacteriologiques. Et leur degré de portabilité ou de pollution.

Pour cette étude on réalise 2 prélèvements (mois Mars-mois Avril) avec 08 échantillons d'eaux de sources distribué dans la région de Guelma.

2-2-1- Prélèvement de l'eau pour d'analyses physicochimiques :

L'échantillonnage destiné à la physico-chimie ne pose pas de problèmes particuliers. des flacons plastiques (polyéthylène) sont suffisants et le volume du prélèvement est de un litre pour une analyse complète. L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est

préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible. Les éléments tel les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation. (Coulibaly, 2005).

- Eau de source :

L'eau à été recueillie directement dans le flacon. Le prélèvement de l'eau de source jaillissante doit se faire le plus près possible de l'émergence de l'eau a un endroit où l'eau n'a pas encore coulé de manière turbulente.

A chaque prélèvement, les flacons sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, ré bouchonnés, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière portative avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C, jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

2-2-2- Prélèvements de l'eau pour d'analyses bactériologiques :

Les prélèvements pour analyse bactériologique nécessitent de nombreuses précautions de façon à ne pas contaminer l'échantillon lors de sa prise. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique. Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau à analyser.

- Eau de source captée :

L'eau est recueillie directement dans le flacon stérile. Il ne doit, en aucun cas, avant le prélèvement, débarrasser le goulot de ses éventuels dépôts de calcaire ou d'algue. Le goulot d'une eau courante ne contamine pas l'échantillon (effet " autonettoyant" du jet).

Tab 9 : Les périodes de prélèvement.

Type de prélèvement	Période de prélèvement
Eau de source	Mars /Avril
Source 1(S1) : Ain Bouchiha	7 /03/2016 07h 10 min 08/04/2016 08h 15min
Source 2(S2) : Ain Allaba	07/03/2016 07h 25 min 08/04/2016 08h 02 min
Source 3(S 3) : Ain Allaigua	07/03/2016 08h 20min 08/04/2016 09h 12min
Source 3(S 4) : Ain Ghoul	07/03/2016 08h 55min 08/03/2016 09h 57min

3- Analyses physicochimiques :

On a pu réaliser l'analyse physique de l'eau sur terrain à l'aide d'un multi paramètre de type WTW 350i qui mesure à la fois la température ,le PH et la conductivité et qui nous a permet aussi de mesure les deux paramètre chimique, l'oxygène dissous et la salinité sur terrain ils permettent une première estimation de la qualité du plan d'eau . La lecture et faire après la stabilisation de la valeur .On réalisé l'analyse physico-chimique de l'eau aux niveaux de laboratoire.



Figure 18 : le multi paramètre de type WTW 350i

3-1- Paramètre physique :

3-1-1- Mesure de pH :

La mesure du PH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé .L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.

3-1-2- Mesure de la température

La température de l'eau est mesurée sur site avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré, la lecture est après une immersion de 10 minutes.

3-1-3-Mesure de la conductivité

Elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre à l'électrode constitué de deux lames carrées de 1cm de côté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser. On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée

- On ajuste l'appareil à zéro.
- On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après mesure.

3-1-4- La mesure de turbidité :

La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélométrie, du type : HACH 2100N. Il s'agit d'un photomètre particulier qui mesure l'intensité de la lumière diffuse par l'échantillon, cette lumière étant mesurée selon un axe orienté en principe à 90° par rapport à la direction de la lumière incidente. Avant d'effectuer une série de mesure, il faut procéder à l'étalonnage de turbidimètre. (Aouissi, 2010).

Mode opératoire :

On remplit une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique et avec l'eau à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Expression des résultats : La mesure est obtenue directement en NTU.

3-2- Paramètres chimiques :

3-2-1- Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

✓ Principe :

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Ethylène Diamintetracétique(EDTA).

➤ Réactif et mode opératoire :

➤ Réactifs

-Indicateur noir l'eriochrome T.

-Solution d'EDTA (0,2N).

-Solution tampon : ammoniacale 34%.

Mode opératoire

- ✓ Prélever 100ml d'eau analyser .Ajouter 2ml de solution tampon (pH=9,5-10) et quelques grains d'indicateur colore.
- ✓ Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu.
- ✓ Soit v le volume de solution d'ETDA verse.

Expression des résultats : $TH \text{ } ^\circ f * 10$

3-2-2- Dosage des ions calcium

✓ Principe

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, au paravent on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers un PH=12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murixide qui répond à cette condition.

➤ Réactifs et mode opératoire

➤ Réactifs

- ✓ Indicateur colore : murixide
- ✓ Solution d'EDTA (N/50) ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) :(0,02N ou 0,01M)
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium à 2N

➤ Mode opératoire

On introduit 50ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer au col large. On ajoute 2ml de solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet soit V le volume de solution d'EDTA Verse.

Expression des résultats

La détermination du mg/l de calcium est donnée par l'expression suivante :

$$100 \times C_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} / E.$$

E = volume en ml de la prise d'essai.

3-2-3- Dosage de l'alcalimétrie(TA)

✓ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCL), dilué en présence la phénophtaléine .Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} .

➤ Réactifs et mode opératoire :

➤ Réactifs

- ✓ Acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- ✓ Solution de phénophtaléine dans l'alcool à 0 ,5%
- ✓ Solution de méthylorange à 0 ,5%
- ✓ Eau permutée exemple d'an hydrique carbonique libre (par ébullition de 15min).

➤ Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser .Ajouté 02 a 03 gouttes de phénophtaléines une coloration rose apparait titre avec l'acide sulfurique n /50 jusqu'à la disparition de couleur.

*Si la couleur n'apparait pas TA=0 (PH< 8,3 donc TA=0).

Expression des résultats : TA0f=V titre

3-2-4-Dosage du titre alcalimétrique complet(TAC)

✓ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (Hcl), dilué en présence de méthyle orange .Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

➤ Réactifs et mode opératoire

➤ Réactifs

- ✓ Acide chlorhydrique Hcl 0 ,02N

- ✓ Solution de méthyle orange

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml : on prélève 100ml à analyser, on ajoute 2à 3 gouttes méthyle orange à 0,5%, titrer par l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

Expression des résultats $TAC^{\circ}f=V \text{ titre} -0,5$

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

Détermination de HCO_3^-

$$(HCO_3^-) \text{ mg /l} = V_A \times N_A \times M_{HCO_3^-} \times 1000 / PE$$

$$(HCO_3^-) \text{ mg /l} = V_A \times (N/50) \times 61 \times 1000 / 100$$

V_A : volume d'acide verse

N_A : normalité d'acide verse.

$M_{HCO_3^-}$: masse des bicarbonates (HCO_3^-)

P.E : prise d'essai.

-Expression des résultants $(HCO_3^-) \text{ mg /l} = V \times 12.2$

3-2-5- Dosage des ions magnésium

✓ **Principe**

Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à PH10 .Le noir érichrome T ,qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur .

➤ **Réactifs et mode opératoire**

➤ **Réactifs**

- ✓ Indicateur colore : noir eriochromeT
- ✓ Solution d'EDTA (N/50) ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) :(0,02N ou0, 01M) .
- ✓ Solution de NH_4OH

➤ Mode opératoire

On introduit 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large. On ajoute 2ml de solution de NH_4OH , on ajoute une pincée de noir euriochrome T, puis Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage de couleur bleu V_2 .

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

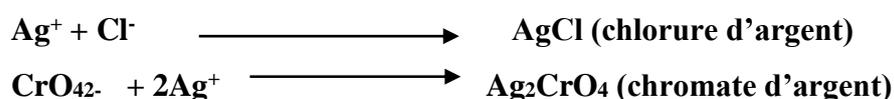
$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/l} = (V_{\text{Mg}} - V_{\text{Ca}}) * F * 4,8$$

3-2-6- Dosage des ions chlorure :

Méthode argentrimétrie :

Les ions de chlorure sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) et précipités à l'état de chlorure d'argent (précipité blanc), l'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4).

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent). Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre.



Expression des résultats :

La concentration de magnésium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] \text{ mg/l} = V (\text{AgNO}_3) * 142$$

3-2-7- Dosage des sulfates:

Les ions sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- On prend 20ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- On ajoute 5ml de la solution stabilisante.
- On ajoute 2ml de chlorure de baryum.
- On agite pendant 1 minute puis passer au spectrophotomètre au 420 nm. (Aouissi, 2010).

3-3- Les paramètres de pollution :

3-3-1- Dosage de l'ammonium:

Les ions d'ammoniums réagissent avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes :

- ✓ On prend 20ml de l'eau à analyser
- ✓ On ajoute 4ml du réactif I
- ✓ On ajoute 4ml du réactif II et ajuste à 50ml avec eau distillée et conserve à l'obscurité pendant 1h30 puis passe au spectrophotomètre au 655 nm.

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence des ions d'ammonium.

3-3-2- Dosage des nitrites:

Les ions nitrites réagissent en milieu acide avec le sulfamide en formant sel de diazonium qui avec le N-(1-naphtyle)-éthylène diamine-dichlorhydrate un colorant azoïque rouge. Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes

- On prend 50 ml de l'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml.
- On ajoute 1 ml du réactif mixte
- On attend 10 minutes puis passe au spectrophotomètre au 543 nm.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions nitrates

3-3-3- Dosage des nitrates:

Le dosage des nitrates s'effectue en présence de salicylate de sodium. Les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune, peuvent être mesurés par colorimétrie.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes:

- On prend 10 ml de l'eau à analyser dans un bécher à 250ml.
- On ajoute 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium 30%
- On ajoute 1 ml de salicylate de sodium.
- On évapore à sec au bain marie à 75-88°C, on laisse refroidir.

3-3-4- Dosage de phosphate :

✓ Principe

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

✓ Mode opératoire

On Prend 50ml d'eau à analyser puis en ajoute 1ml de réactif mixte et en attente 10 min .L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .On effectue la lecture à 543nm.

Expression des résultats : les résultats est donnée directement en mg /L.

3-3-5- Détermination de fer (méthode à l'orthophénanthroline)

✓ Principe

Le complexe fer (II)-phénanthroline-1,10est stable dans l'intervalle de pH de 2,5à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent la relation entre la concentration et l'absorption est linéaire jusqu'à une concentration de 5mg de fer par litre : le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm (coefficient d'adsorption $11 \times 10^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$).

➤ Réactifs et mode opératoire

- ✓ Tampon d'acétate.
- ✓ Chlorhydrate d'hydroxylamine.
- ✓ Solution de phénanthroline1 .10.
- ✓ Solution mère : 1g de fer par litre.

➤ Mode opératoire

- ✓ On prend 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmayer de ajouter à la solution phénanthroline 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement ajouter 2ml de tampon d'acétate pour obtenir un pH compris entre 3 ,5 et 5,5de préférence 4,5.

- ✓ On ajoute enfin 2ml de la solution de phénanthroline 1 ,10 .
- ✓ On Complète à 50ml puis conserver les à l'obscurité pendant 15min .Enfin passer au spectraux pour mesurage à la longueur d'onde de 510nm.

Expression des résultats : les résultats sont données en mg /L.

4- Paramètres Microbiologiques:

Le deuxième volet du suivi de la qualité des eaux de source est la recherche de la charge bactérienne qui s'y est développée.

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en recherche et numération des germes de la flore totale de l'eau. (Reggam ,2015).

4-1-Recherche et dénombrement des germes revivifiabiles :

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiabiles" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

✓ **Mode opératoire :**

✓ **Méthode par incorporation :**

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture. Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. La recherche et le dénombrement des germes revivifiabiles se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C. Les dilutions décimales vont de 10¹ à 10⁻³, en double dans des boites de Pétri. Après ensemencement les boites sont partagées en deux séries distinctes:

- La première série est incubée à 22±2°C pendant 68±4 heures,

- La seconde série est incubée à 36±2°C, pendant 44±4 heures. (Reggem, 2015).

Lecture :

Les germes revivifiable se présentent dans les 2 cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse, pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivant :

-Dénombrer seulement les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

-Les résultats sont exprimés en unités formatrice de colonie(UFC) par ml d'eau à analyser .

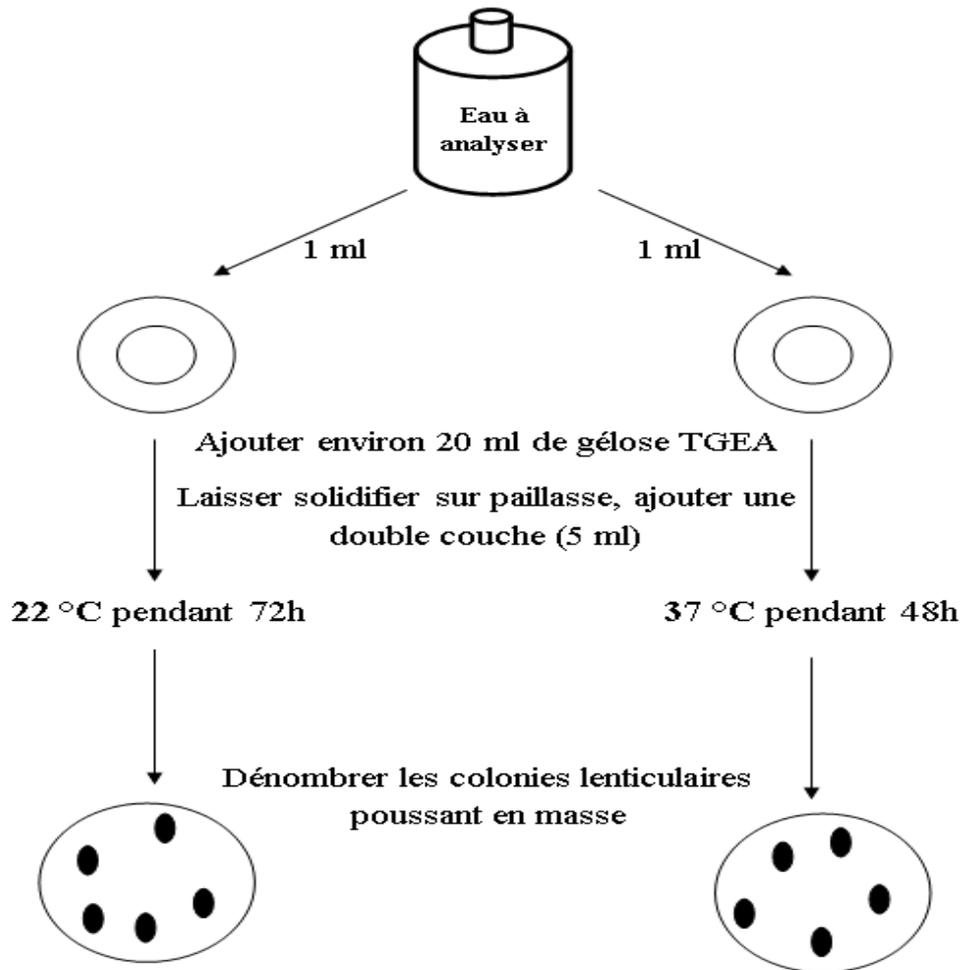


Figure19 : Recherche et dénombrement des germes revivifiables

4-2- Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

4-2-1- Recherche et dénombrement des coliformes :

Elle se fait en deux étapes consécutives :

-Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.

-Le teste de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et Escherichia coli.

Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

-50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

-5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

-Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche)

-Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires écrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation ou test de Mac Kenzie :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérant parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvé positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

-Un dégagement gazeux

-Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

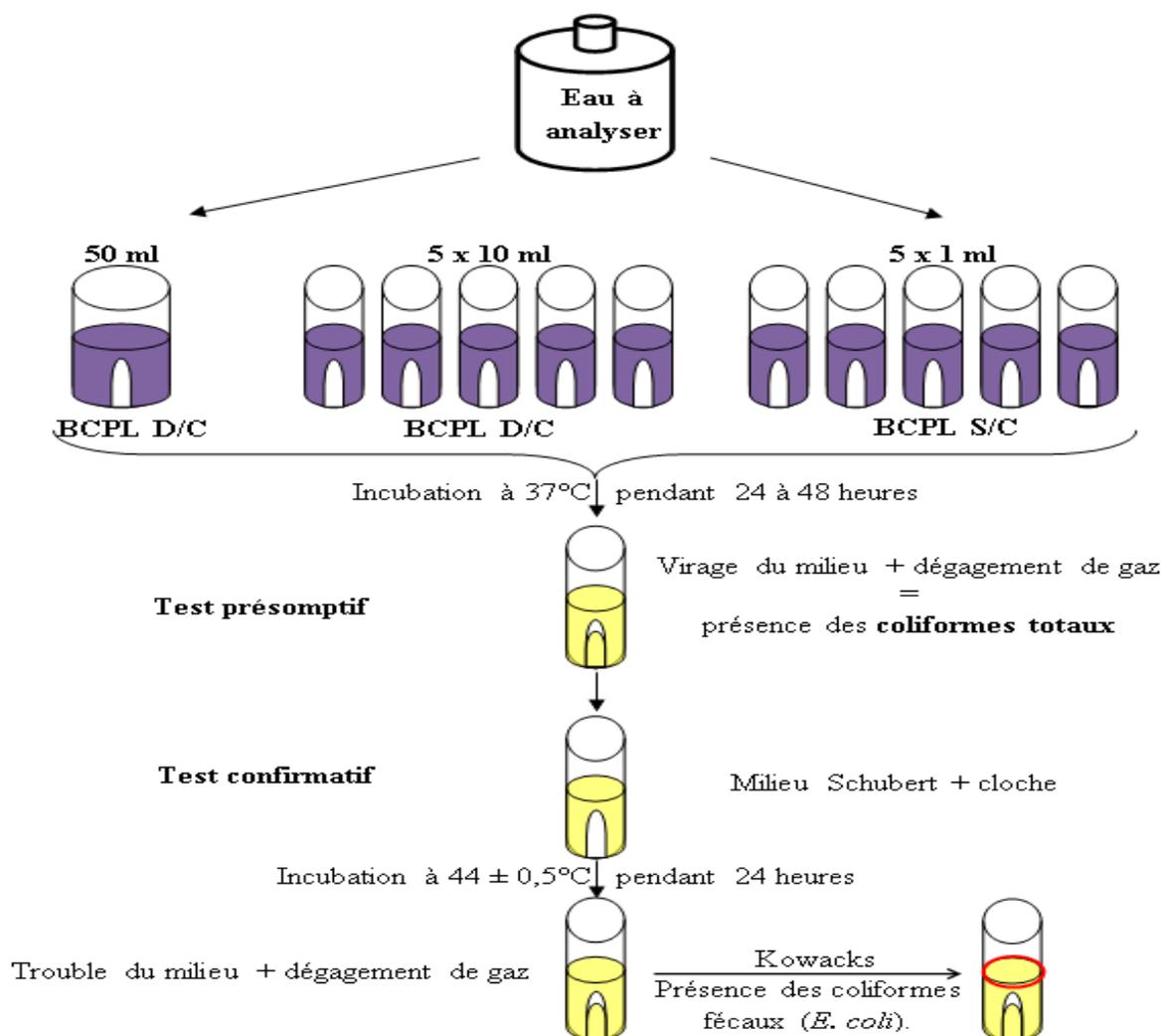


Figure20 : Recherche et dénombrement des coliformes

4-2-2- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupes D de la classification de Landefeld, se présentent sous forme de cocci à Gram+, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

-Le test de présomption

-Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

-50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D|C

-5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D|C

-5 fois 1 ml de milieu ROTHE S|C

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°c pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide des tubes contenant le milieu LITSKY EVA.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 heures.

Lecture :

Sont considéré comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

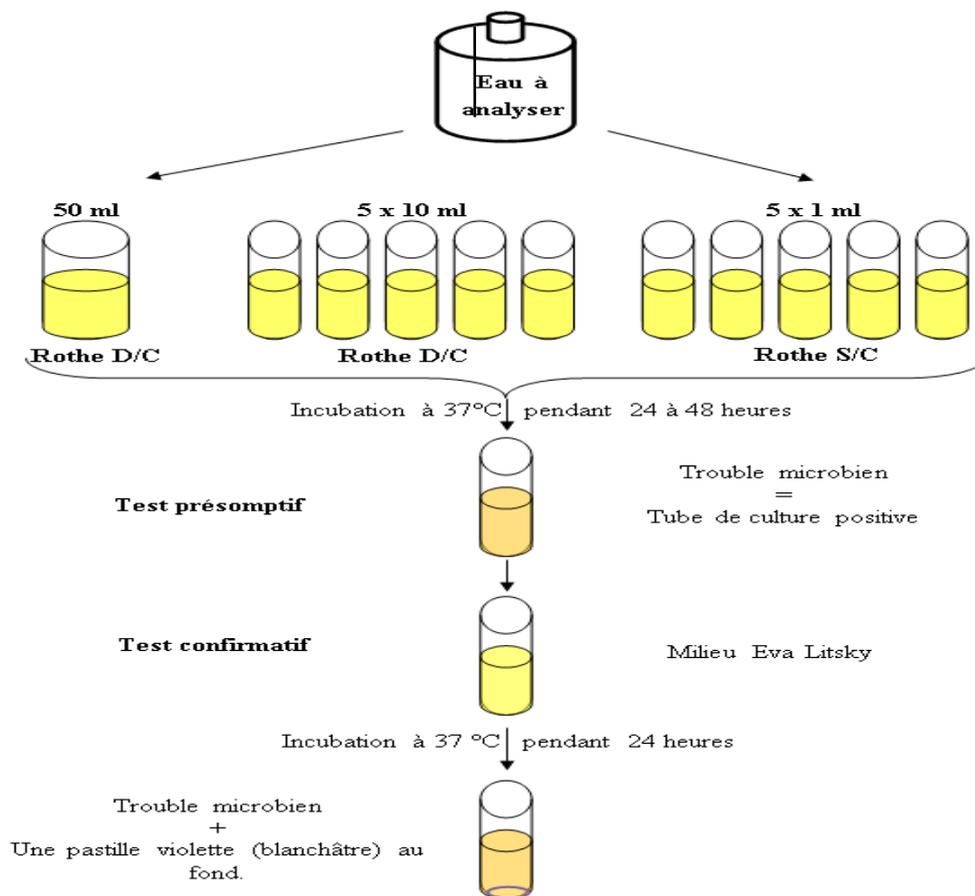


Figure 21 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

4-3- Dénombrement des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs :

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande foie en donnant des colonies typiques

réduisant le sulfite de sodium (NaSO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{+2} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire.

1-Matériel :

-Eau à analyser (eau de source)

-Bec Bunsen

-Tubes à vis vides et stériles

-Bain marie

-Etuve (37°)

-Gélose Viande Foie (VF)

-Ampoule de Sulfite de Sodium

-Ampoule Alun de Fer

2-Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser :

-Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.

-Après chauffage, refroidir immédiatement le tube sous l'eau de robinet.

-Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

-Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose viande foie, fondue puis refroidie à 45°C , additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.

-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air l'introduction d'oxygène.

-Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C , pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

-La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.

-Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

-Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser.

-Certains auteurs préconisent l'identification biochimique de toute colonies suspecte car très souvent il ya développement de colonies de staphylocoques et de Bacillus à coté, qu'on prendrait à tort pour des colonies de Clostridium sulfito-réducteur.

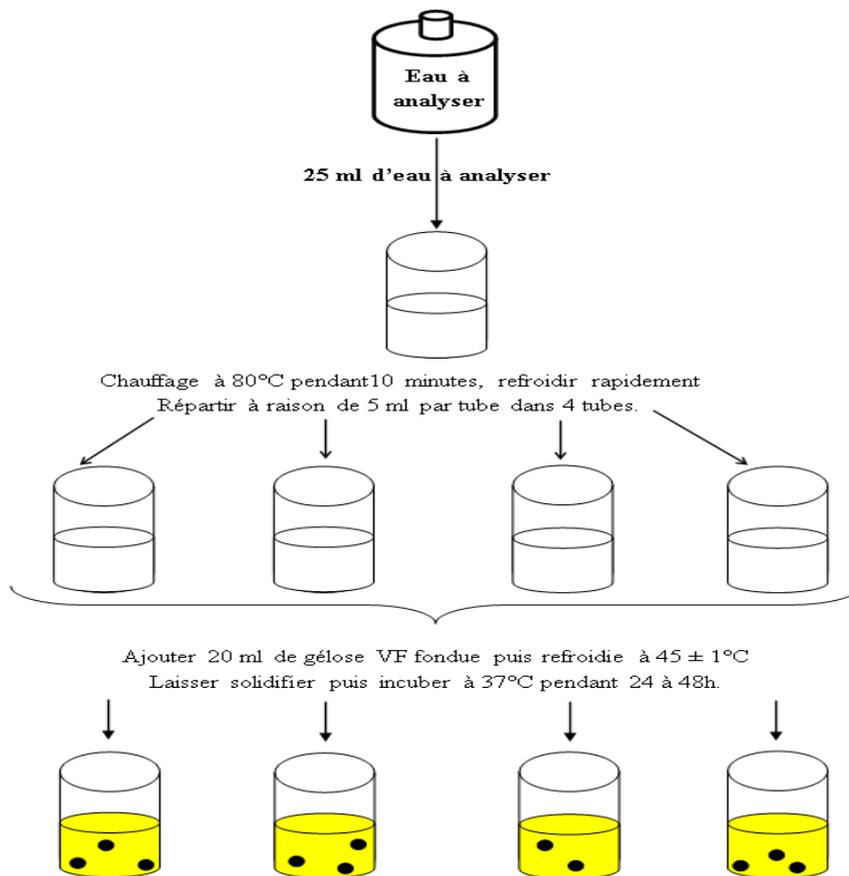


Figure 22 : Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-réducteurs

4-4- Recherche et isolement de *Salmonelle* :

Les Salmonelles sont des entérobactéries qui se présente sous forme de Bacille Gram(-), ne fermente pas le lactose, mais fermente le glucose avec production du gaz et de H₂S.

1-Matériel :

- Eau à analyser (eau de source)
- Pipette graduée stériles
- Pipette Pasteur
- Boites de pétri
- Lame et lamelle
- Microscope optique
- Etuve
- Bouillon Sélénite
- Cysteine D|C
- Gélose (SS) ou Héктоen
- Gélose TSI
- Gélose nutritive inclinée
- Galerie biochimique Api 20 E

2-Mode opératoire :

-Premier enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Sélénite, Cysteine D|C réparti à raison de 100 ml par flacon ce dernier sera doncensemencer à l'aide de 100 ml d'eau à analyser puis incubé à 37°c pendant 18 à 24 heures.

-Deuxième enrichissement et isolement :

Laisse le milieu 2 min sur la paillasse pour se solidifier puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose, l'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures pour la même boîte et à 22°C pendant 72 heures, il faut :

-Une première lecture à 24 h.

-Une deuxième lecture à 48 h

-Une troisième lecture à 72 h.

Chapitre IV : Résultats et discussions

1-Analyses physico-chimiques :

L'appréciation de la qualité des eaux potables issues des sources se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques. L'ensemble des résultats obtenus de ces éléments sont représentés graphiquement et interprétés pour évaluer le degré de potabilité de ces dernières.

En générale, l'interprétation des résultats des paramètres retenus pour analyse se fait de façon relative, en les comparants entre eux et avec les normes d'OMS.

1-1-Analyses des paramètres mesurables sur terrain :

1-1-1-La température de l'eau :

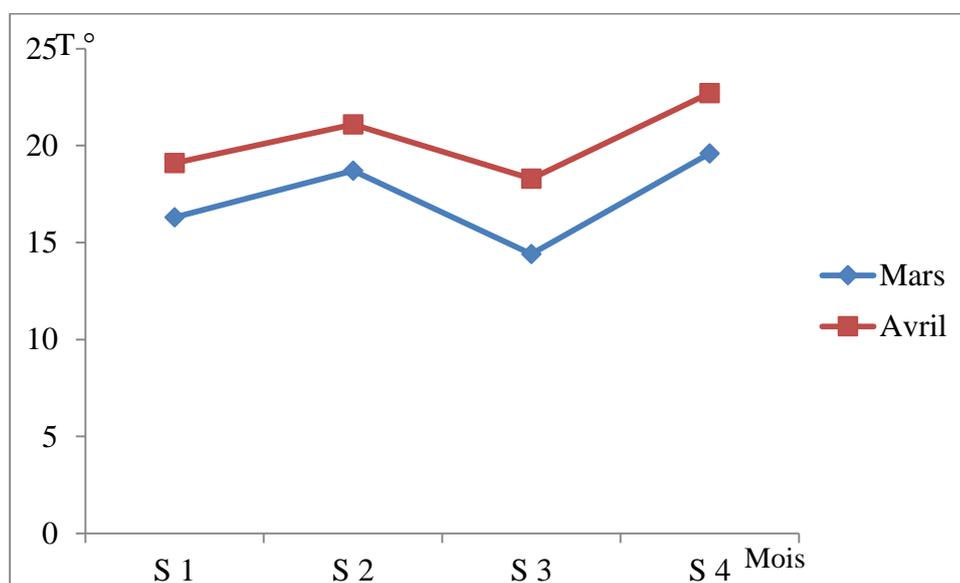


Figure 23 : Evaluation spatio-temporelle de la température dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

La température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau de l'eau par rapport la surface du sol joue un rôle très important dans la variation de la température de l'eau des sources étudiées .Au niveau de toutes les sources, les taux de la température oscillent entre 14,4°C et 22,7°C, ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée.

1-1-2-Le PH :

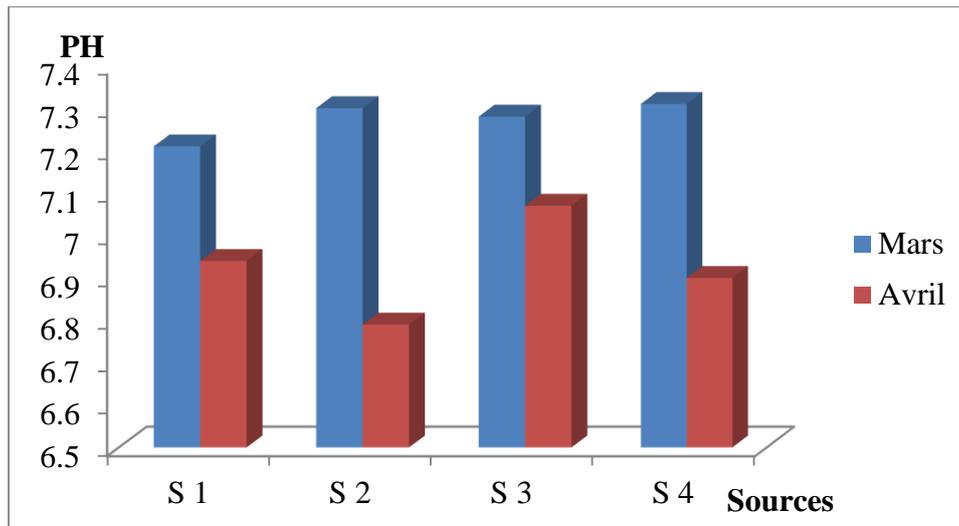


Figure 24 : Evaluation spatio-temporelle du PH dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Les valeurs du PH des eaux des sources ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 6,79 au niveau de la source S₂ du mois d'Avril et un maximum de 7,31 en S₄ du mois de Mars, c'est-à-dire il oscille entre 6,79 et 7,31.

Donc l'eau des 4 sources est généralement neutre, et selon les normes en se référant aux normes de l'OMS (pH compris entre 6,5 et 8,5) pour l'eau potable, on peut classer les eaux des 4 sources en eau de bonne qualité. Les valeurs du PH du mois de Mars sont plus que les valeurs du mois d'Avril à cause de l'augmentation de la température.

1-1-3-L'oxygène dissous :

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs, en particulier : la température car plus l'eau s'échauffe, la pression atmosphérique (donc de l'altitude), et de la saturation donc elle varie 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. Le taux d'oxygène dissous est un indice de pollution d'une eau.

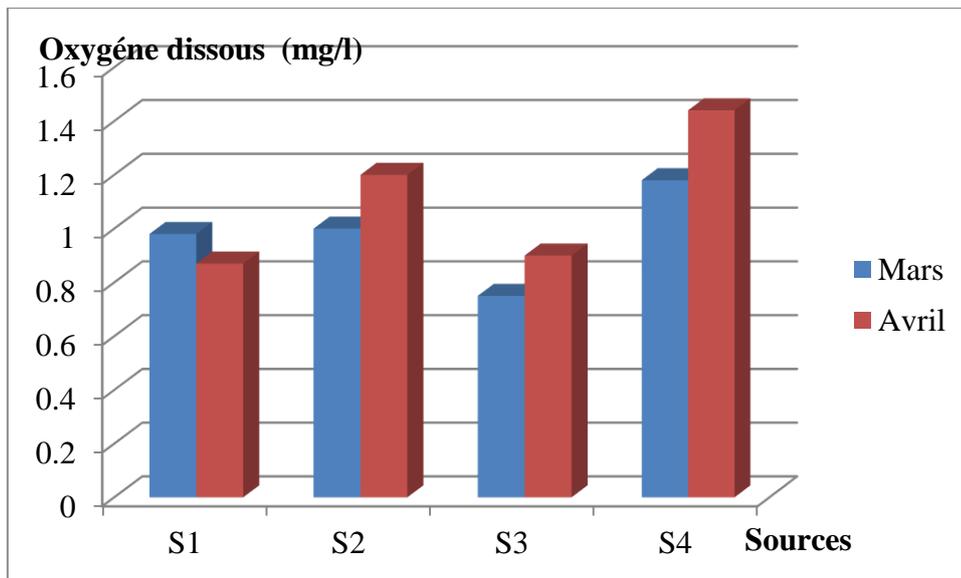


Figure 25: Evaluation spatio-temporelle de l'O₂ dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Selon le graphique, les concentrations d'oxygène dissous ne présentent pas de variation notable (0,87 et 1,44 mg/l) entre les quatre sources étudiées pendant les deux mois. La baisse de la teneur en oxygène d'une eau peut être causée parce que les sources d'eau n'est en contact directe avec l'air (l'intérieur de la terre).

1-1-4-La conductivité électrique :

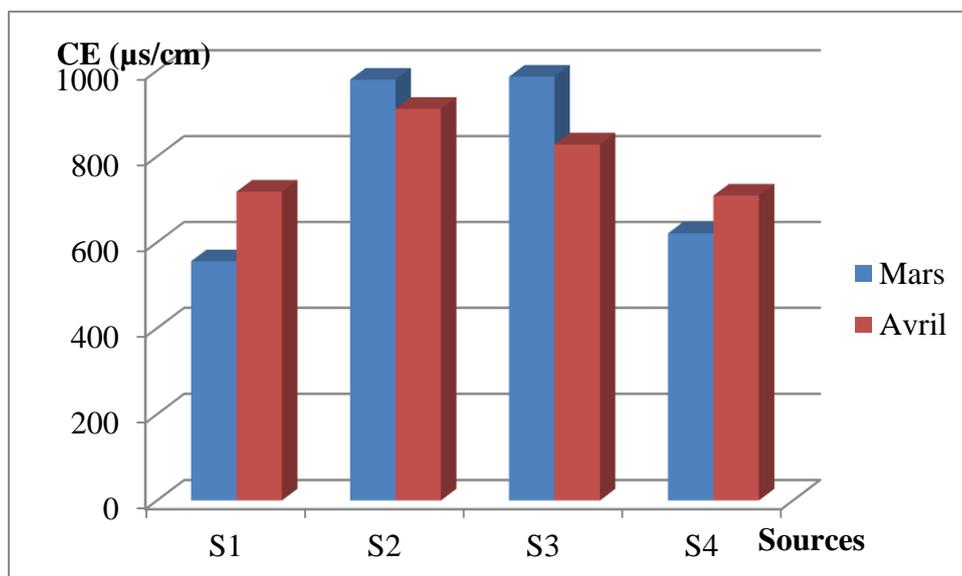


Figure 26: Evaluation spatio-temporelle de la CE dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

La conductivité des eaux de toutes les sources étudiées varie entre 556 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S_1) du mois de Mars et 986 $\mu\text{S}/\text{cm}$ s'observe (S_3) du mois d'Avril. Toutes les sources ne dépassent pas de la norme d'OMS 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

1-1-5-Taux des sels dissous (TDS) :

Taux des sels dissous (TDS) décrivent les sels inorganiques présents en solution dans l'eau qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl_2), etc.

L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{+2}), chlorure (Cl^-),Après dissociation des sels.

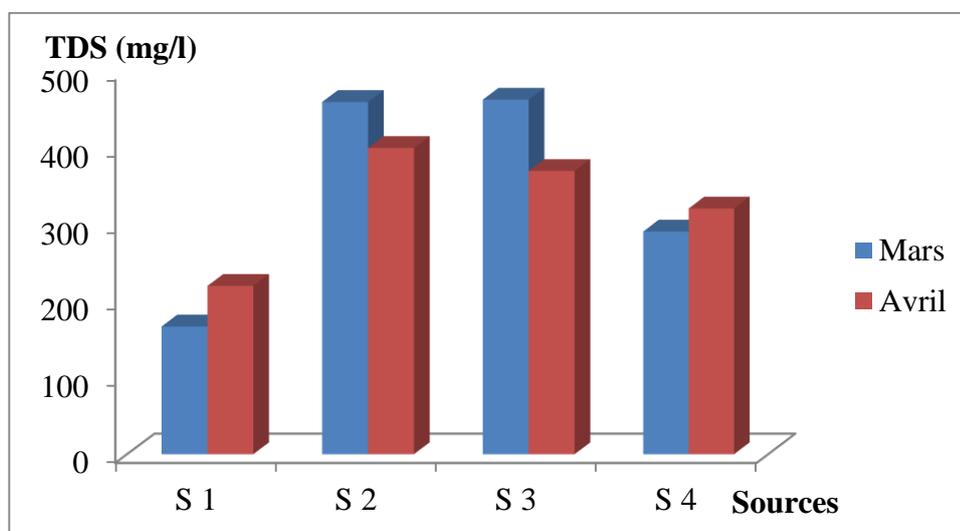


Figure 27: Evaluation spatio-temporelle des sels dissous dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

Le TDS mesuré au niveau des quatre sources d'échantillonnages, révèle des valeurs qui répondent aux exigences de qualité pour les eaux potable destinées à la consommation restant inférieurs à la valeur limite 1000 mg/l (OMS en 2006).

Selon le graphique précédent, les eaux des quatre sources ont été évaluées de bonne et excellente qualité.

1-2-Analyse des paramètres mesurables au laboratoire :

1-2-2-Les composés azotés :

L'azote est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur terre. Il se présente sous deux formes : l'azote organique (protéines, acides aminés,...) et l'azote minéral (azote moléculaire, ammonium, nitrites, nitrates,...)

1-2-2-1-Ammonium (NH₄⁺) :

Constitué le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole.

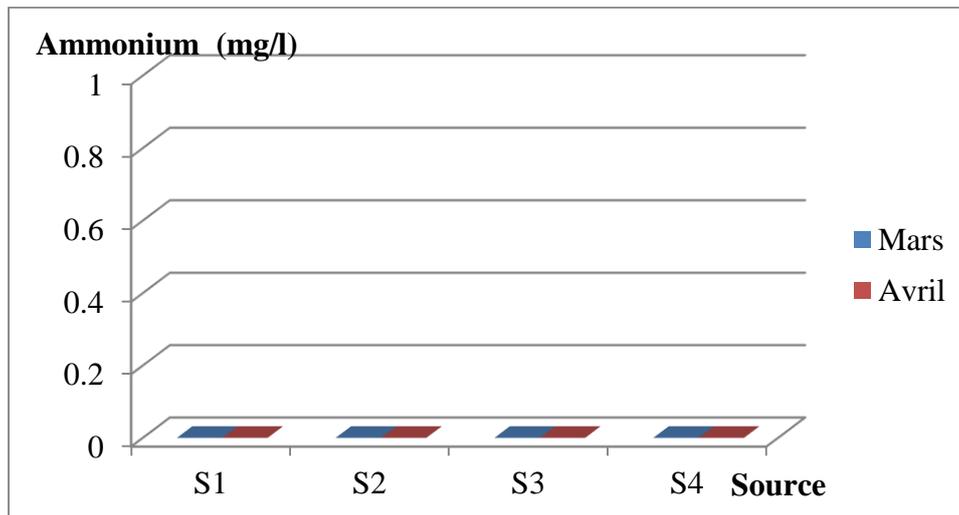


Figure 28: Evaluation spatio-temporelle de l'ammonium dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

Cet élément existe en faible proportion mais toujours inférieure à 0,1 mg/l selon les normes de l'OMS.

Ces teneurs sont nulles, laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de sources étudiées.

1-2-2-2-Nitrites (NO₂⁻) :

Considéré comme un élément toxique, le NO₂⁻ est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH₄⁺. Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains. Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau.

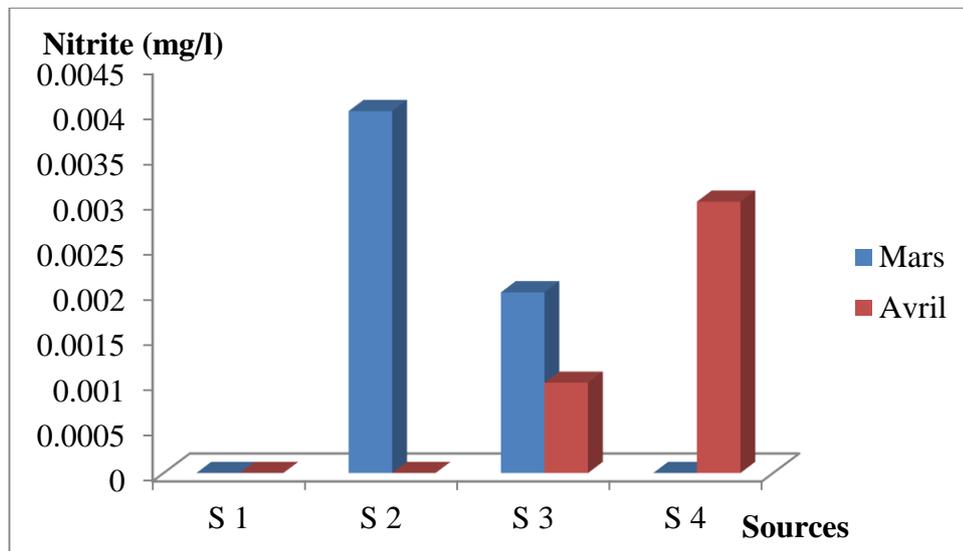


Figure 29: Evaluation spatio-temporelle du nitrite dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

La figure nous montre que les teneurs en nitrites sont faibles. Le maximum enregistré est de 0,004 mg/l au niveau d'échantillon S₂ de moi de Mars.

Les valeurs moyennes de tous les prélèvements effectués à la cour de notre étude ne dépassent pas les normes requises qui est fixé à 3 mg/l selon l'OMS.

1-2-2-3-Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates dans les eaux souterraines sont en général, très faibles, leurs concentrations augmentent avec l'activité humaine, comme par exemple les engrais utilisés en agriculture, fumier animal, d'eaux usées domestiques et industrielles des précipitations ou de formation géologiques renfermant des composés azotés solubles.

En trop grande quantité, les nitrates empêchent le sang de transporter l'oxygène vers les tissus humains.

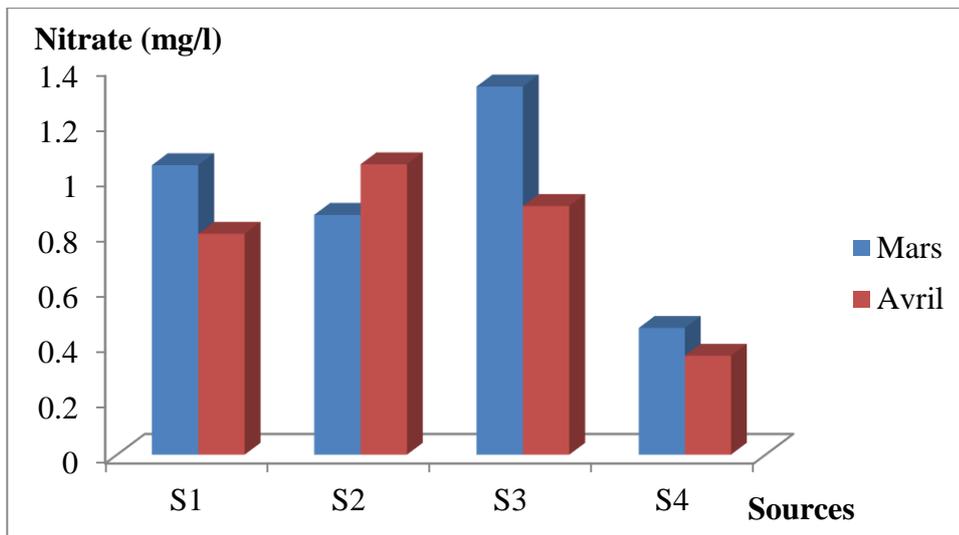


Figure 30: Evaluation spatio-temporelle du nitrate dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

Au niveau des quatre sources, les teneurs en nitrates varient de 0,36 mg/l du mois d'Avril à 1,33 mg/l du mois de Mars comme dans la figure précédente. Ces valeurs restent inférieures au taux normal en nitrates fixé à 50 mg/l selon l'OMS. Bien que les nitrates n'est pas d'effets toxiques directs sauf à des doses élevées.

1-2-3-L'ion phosphate :

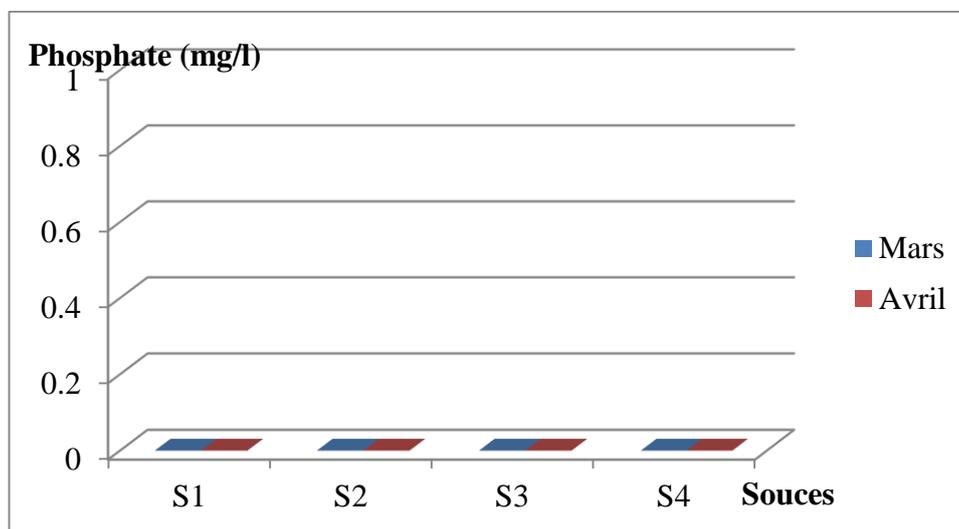


Figure 31: Evaluation spatio-temporelle de phosphate dans les eaux des sources échantillonnées (2016)

L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et la dissolution des engrais chimiques. Les normes d'OMS est fixée à 5 mg/l.

La concentration de l'ortho-phosphate dans les eaux analysée est nulle. Cette absence

d'ortho phosphates est liée à l'absence de l'utilisation des engrais phosphatés en amont du point de captage, de même que les apports de détergents ou lessives phosphatées et des déjections humaines.

1-2-4-Sulfate (SO_3^{2-}) :

Dans la nature, les sulfates sont présents dans de nombreux minéraux. Les teneurs en sulfates dans les eaux souterraines dépendent de la composition minéralogique du sous-sol.

Le sulfate, très soluble, est présent également dans le gypse que l'on retrouve dans les marnes.

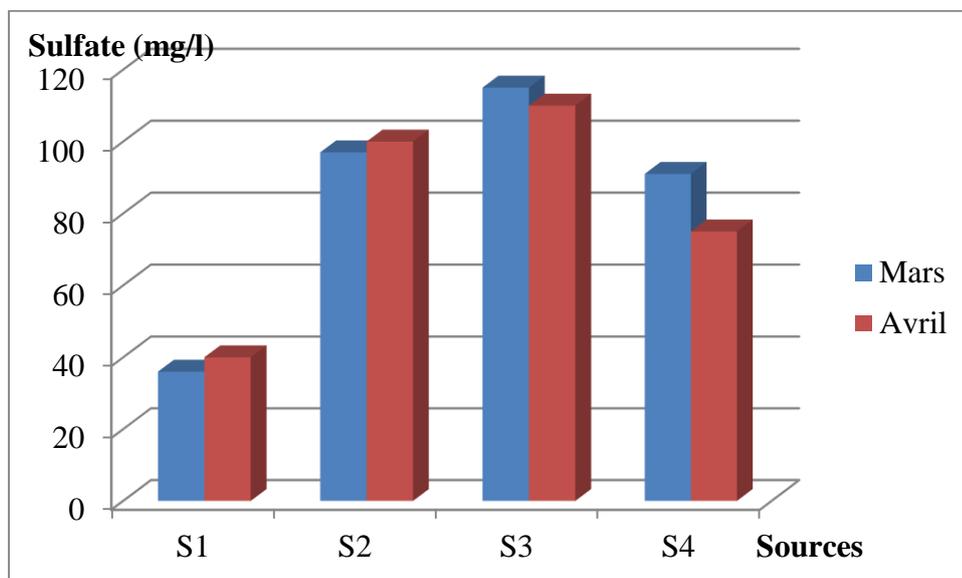


Figure 32: Evaluation spatio-temporelle du sulfate dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Selon la figure les sulfates présents dans les eaux de sources, avec une valeur minimale est de 36 mg/l du S₁ du mois de Mars, et une maximale est de 115 mg/l du S₃ du mois de Mars. Les valeurs de cet élément sont en dessous des normes (250 mg/l), sont liée à la dissolution des formations gypseuses ou aux rejets industriels et agricoles.

1-2-5-Le bicarbonate (HCO_3^-) :

Des teneurs élevées en bicarbonates peuvent être mises en relation avec des phénomènes d'échange ionique qui est en grande partie lié aux zones d'alimentation, là où l'infiltration à travers une couche argileuse peut se produire (les dépôts argileux possèdent la plus grande capacité d'échange ionique). La concentration en HCO_3^- augmente également dans l'eau

d'infiltration par dissolution du calcaire. Ce phénomène se produit jusqu'à ce que la limite de dissolution du CaCO_3 soit atteinte.

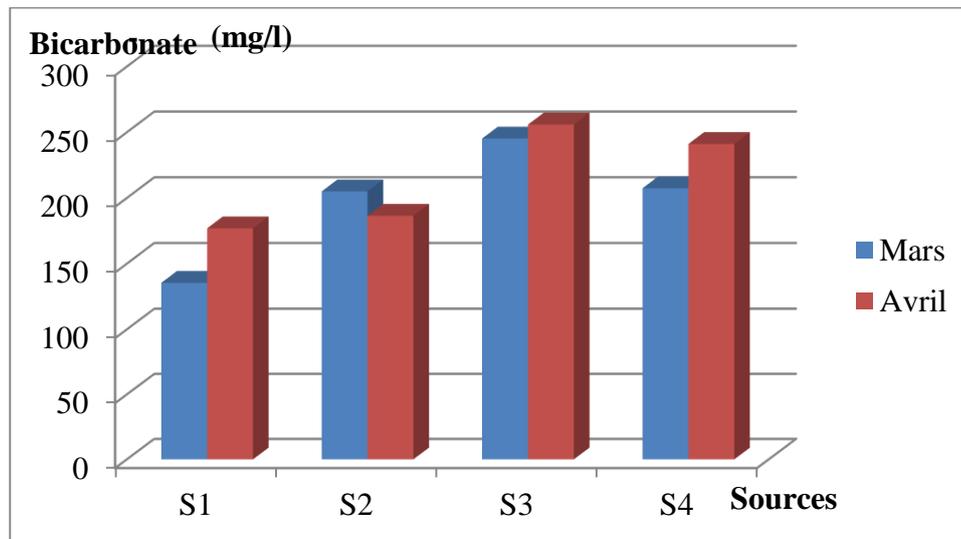


Figure 33: Evaluation spatio-temporelle du bicarbonate dans les eaux de source échantillonnées (2016)

Les valeurs d'analyse obtenues varient d'une valeur minimale de 135,42 mg/l à la source S₁ du mois de Mars et un maximal de 255,83 mg/l à la source S₃ du mois d'Avril. Les deux sources S₃ est supérieure aux normes prescrites par l'OMS (200 mg/l). Cette forte concentration est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique.

1-2-6-Les chlorures :

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution naturelle ou anthropique.

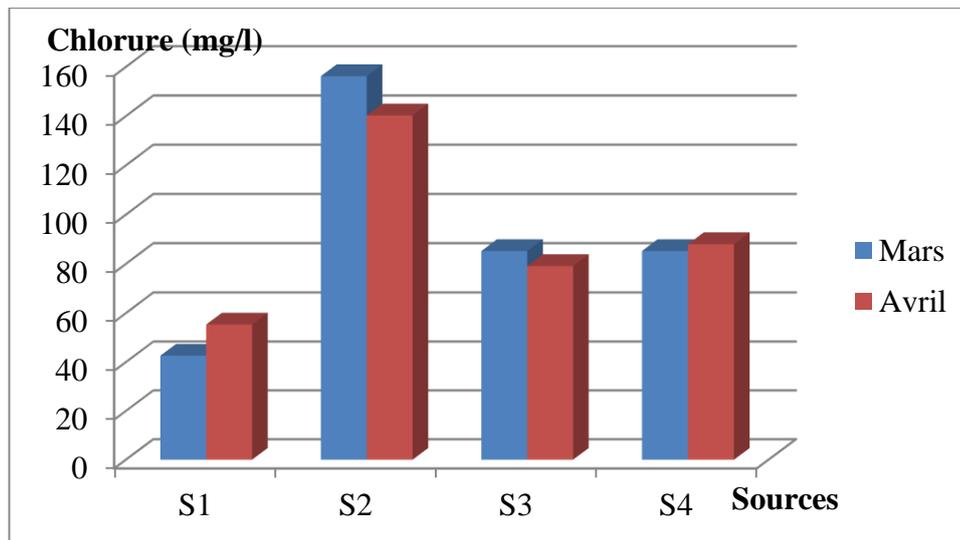


Figure 34: Evaluation spatio-temporelle du chlorure dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Les teneurs enregistrées dans la plupart des eaux de sources analysées, montrent des valeurs inférieures à la norme de potabilité de l’OMS fixée à 250 mg/l.

1-2-7-Le calcium (Ca^{+2}) :

Le calcium, ce paramètre varie comme le Magnésium et sa concentration dans l’eau dépend du substratum géologique traversé, soit de la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), ou la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4) qui sont facilement solubles.

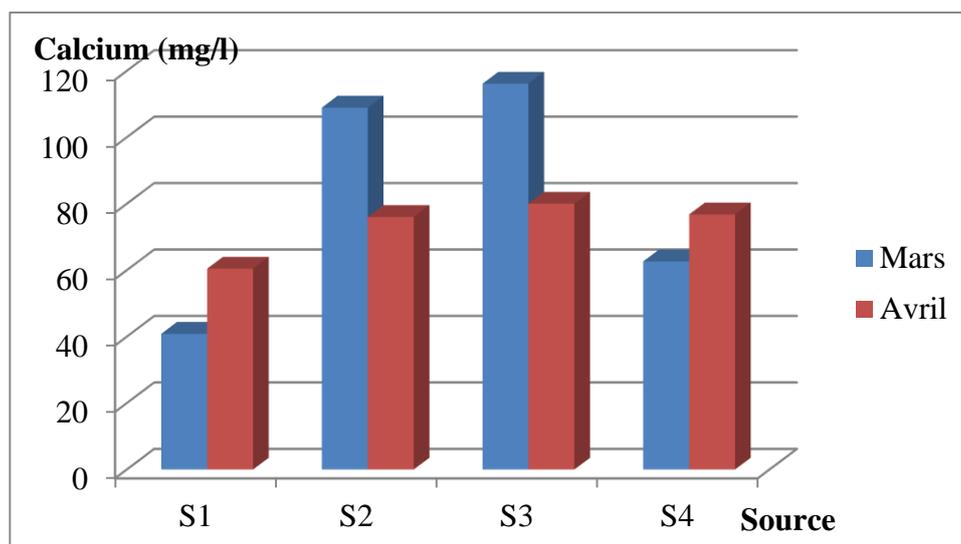


Figure 35: Evaluation spatio-temporelle du calcium dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Sur la base des résultats des analyses effectuées, on remarque que les teneurs en calcium sont très variables, elles varient d'une valeur minimale de 40,85 mg/l dans la source S₁ pendant le mois de Mars à une valeur maximale de 116,14 mg/l de la source de S₃ pendant le mois de Mars.

D'après les normes Algériennes de potabilité pour le calcium fixée à 200 mg/l, les eaux de toutes les sources étudiées ne dépassent pas cette valeur.

1-2-10-L'ion magnésium :

Le magnésium présent dans l'eau peut se trouver à l'état soluble ou en suspension ou se forme complexe, sa solubilité dépend du PH, de l'oxygène dissous et de la présence d'agent complexant.

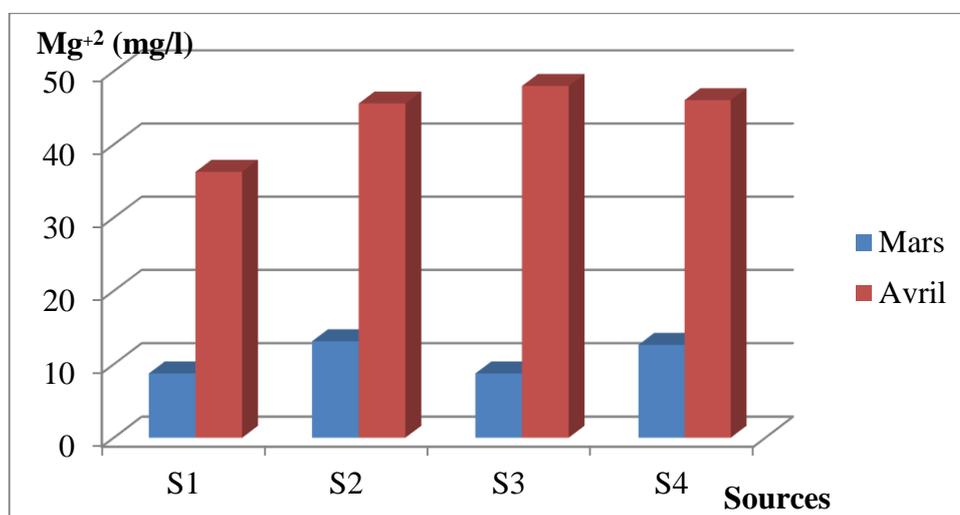


Figure 36: Evaluation spatio-temporelle des magnésiums dans les eaux des sources échantillonnées (2016)

La valeur la plus faible est 8,74 mg/l des deux sources (S₁, S₃) du mois de Mars, et la valeur maximale est enregistré de la source S₃ du mois d'Avril (48 mg/l), elle est bien inférieur à la valeur préconisée par l'OMS qui exige une concentration de 50 mg/l au maximum.

La teneur enregistrée en calcium et en magnésium indique que l'origine de ces deux minéraux est liée directement à la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄). Le magnésium ayant des origines comparables à celle du calcium : la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite). Et d'autre part à la nature géologique des terrains traversés par l'eau.

1-2-1-Le Titre Hydrotimétrique (TH) :

Il exprime globalement la concentration en sels dissous de calcium et de magnésium. La dureté est mesurée par le litre hydrotimétrique exprimé en milligrammes par litre (mg/l) ou en degré français (°F). 1°F correspond à 10 mg de carbonate de calcium dans 1 litre d'eau. Une eau à TH élevé est dite « dure » alors que dans le cas contraire elle est dite « douce ». Selon les normes Algériennes de l'eau potable, le TH est fixé à 50 °F c'est -à-dire la réglementation ne prévoit pas de seuil maximale, les eaux très dure (au-delà de 25 °F) favorise la formation de tarte alors que les eaux très douce (moins de 5°F) peuvent provoquer des phénomènes de corrosion. Il admit donc qu'une dureté comprise entre 5 et 12°F est idéal.

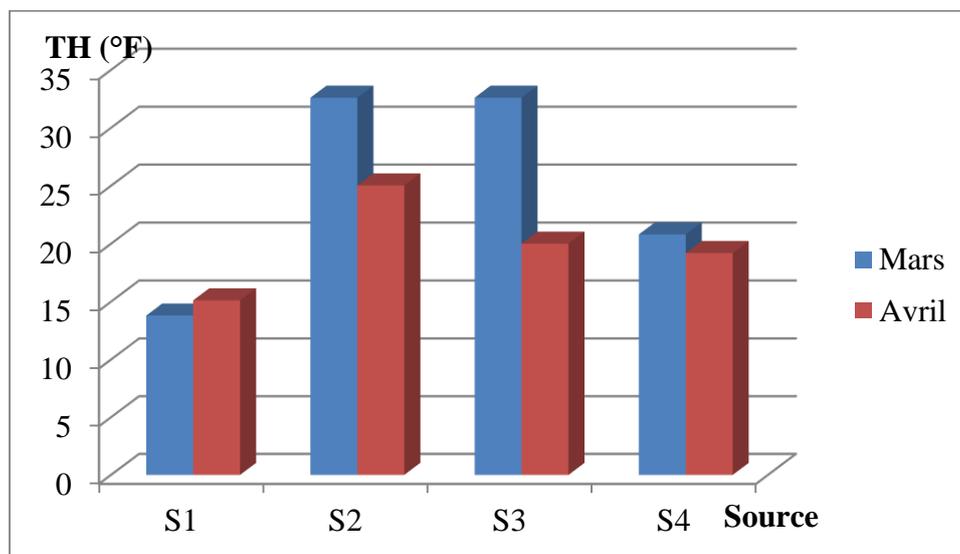


Figure 37: Evaluation spatio-temporelle de TH dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

Les eaux de source sont assez dures puisque les valeurs de TH enregistrées dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux sont comprises entre 13,8°F et 32,6°F.

Ces valeurs obtenues indiquent que les eaux des quatre sources étudiées sont très dures selon la grille de classification de l'OMS.

1-2-8-Le fer :

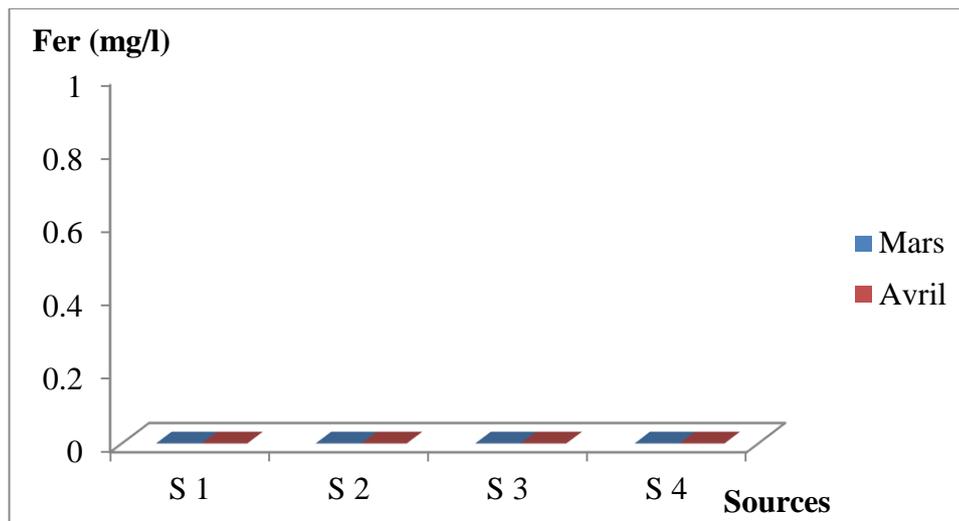


Figure 38: Evaluation spatio-temporelle du Fer dans les eaux de sources échantillonnées

(2016)

La valeur limite donnée par l'OMS est de 0,2 mg/l. Les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites. La concentration en fer dans les quatre sources analysées est nulle pour les deux mois (Mars, Avril).

1-2-9-Taux alcalinité (TA) et taux alcalinité complet (TAC) :

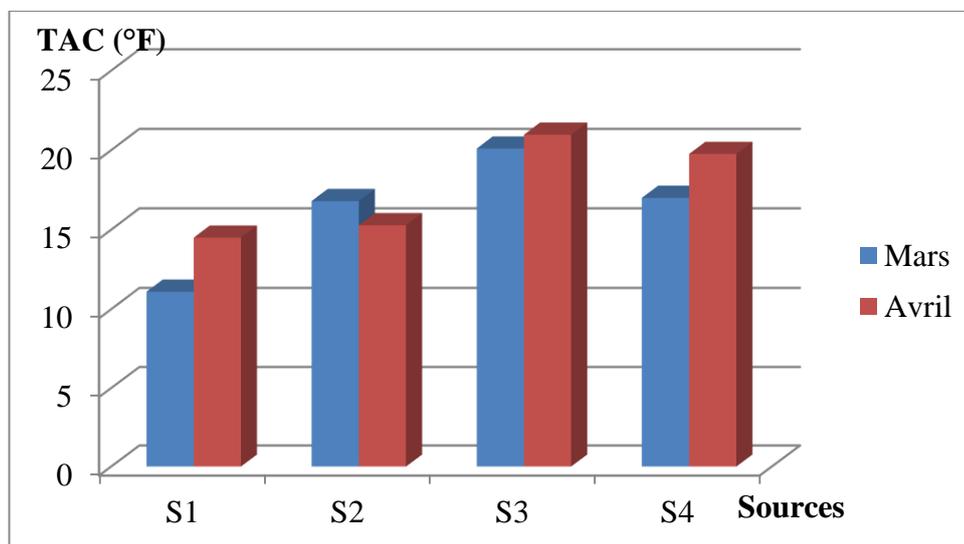


Figure 39: Evaluation spatio-temporelle du titre alcalimétrique complet dans les eaux des sources échantillonnées (2016)

Si le PH est compris entre 4,5 et 8,3 ce que le cas des eaux naturelles, on remarque l'absence de TA, dans les eaux des sources échantillonnées nous avons obtenue des valeurs nulles de ce dernier.

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en de l'eau en alcalis libre, carbonate et hydrocarbonate.

La concentration du TAC au niveau de quatre sources est inférieure par rapport à la norme OMS (50°F) des eaux destinées à la consommation humaine et oscillent entre (11,1 et 20,97).

2-Analyses bactériologiques :

2-1-Dénombrement des germes revivifiables:

Les résultats obtenus reflètent la variation de la charge bactérienne, qui oscille de 2 UFC/ml dans la source S1 à plus de 300 UFC/ml dans la source S3 pour la flore totale à 22 °C, et à plus de 300 UFC/ml pour toutes les sources pour la flore totale 37 °C.

2-2-Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux parmi lesquels E. coli, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

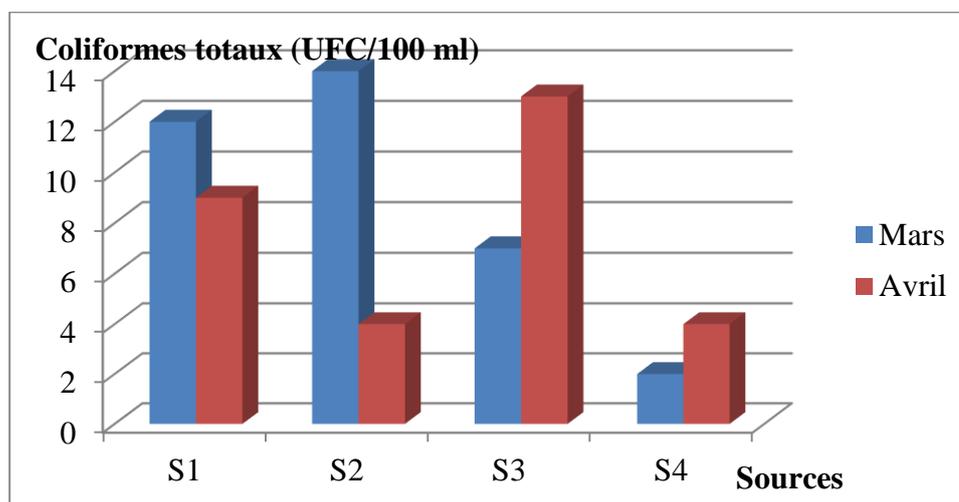


Figure 40: Evaluation spatio-temporelle de coliformes totaux dans les eaux de sources échantillonnées (2016)

La valeur maximale du nombre de coliforme totaux est de 14 (UFC/100 ml) dans la source S2 du mois de Mars, et la valeur minimale est 2 (UFC/100 ml) à la source S4 du mois d'Avril.

On remarque que les sources (S_1 et S_2) qui enregistre la valeur 12 et 14 (UFC/100 ml) respectivement du mois de Mars et S_3 qui enregistre 13(UFC/100 ml) du mois d'Avril ont supérieur à 10 (UFC/100 ml), ce dernier est la valeur maximale prescrite par l'OMS concernant les Coliformes Totaux dans les eaux potable. Cette charge en coliforme Totaux est du à leur localisation au bord de la route, l'exposant au trafic routier des personnes et des passages (déchet domestique et la pollution fécale) qui menace cette source d'eau.

2-3-Les coliformes fécaux :

Bien que la présence des coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale. C'est pourquoi il serait approprié d'utiliser le terme génétique (coliformes thermo tolérants) plutôt que celui de (coliformes fécaux). (OMS. 1994, Robertson, 1995)

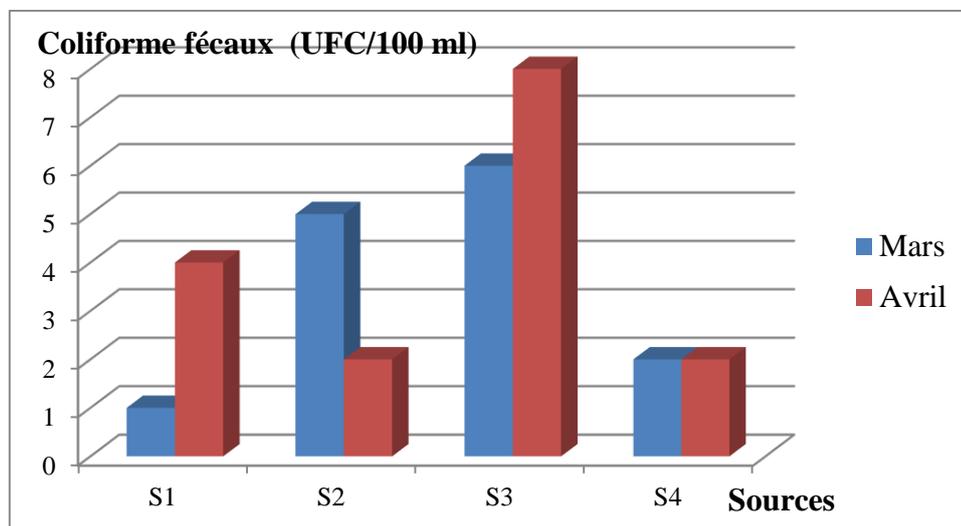


Figure 41: Evaluation spatio-temporelle de coliformes fécaux dans les eaux de sources échantillonnées (2016).

L'OMS fixe une valeur de 0 UFC/100 ml de coliforme fécaux dans les eaux de consommations. Nous montre que le nombre de coliforme fécaux dans les eaux analysées dépasse le nombre de l'OMS parce qu'il varie entre 1(UFC/100 ml) et 8 (UFC/100 ml) ce qui montre une contamination d'origine fécale des eaux de notre étude. Cette contamination fécale est cause par la présence du fumier ou autre matière fécales, l'élevage.....

2-4-Les streptocoques fécaux :

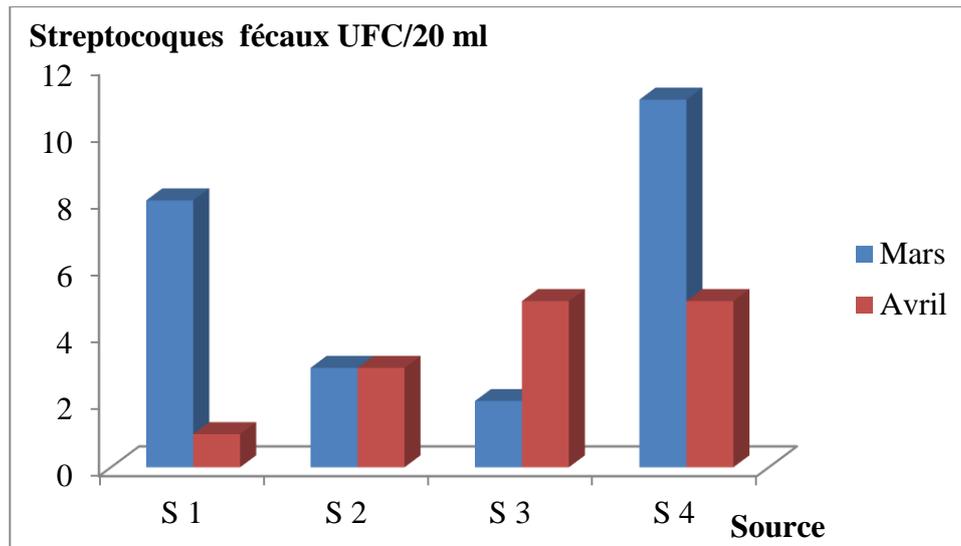


Figure 42: Evaluation spatio-temporelle des streptocoques fécaux dans les eaux des sources échantillonnées (2016).

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouve dans l'eau. L'examen des graphes illustrés dans la figure nous montre que le maximum de concentrations des streptocoques fécaux 11 SF/ 100 ml pour le prélèvement réalisé pendant le mois de Mars de la source S1, ce dernier est supérieur à la norme prescrite par l'OMS qui fixe un nombre nulle pour les streptocoques fécaux. Donc le nombre des streptocoques fécaux est faible. Cette présence est principalement du au lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'énormes quantités de fumier, aux rejets domestiques des agglomérations rurales, et à l'élevage d'ovin et bovin.

- **Détermination de l'origine de la contamination fécale**

Pour déterminer l'origine de la contamination fécale, on fait un calcul mathématique du rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF).

Expression de résultats lorsque ce rapport :

- $CF/SF < 0.7$: l'origine de la pollution principalement ou entièrement animale ;
- CF/SF compris entre 0.7 et 1 : l'origine est mixte à prédominance animale ;
- CF/SF compris entre 1 et 2 : l'origine incertaine ;
- CF/SF compris entre 2 et 4: l'origine est mixte à prédominance humaine ;

- $CF/SF > 4$: source exclusivement humaine. (Borrego & Romero, 1982).

	Mars	Avril
S₁	0,125	4
S₂	1,67	0,67
S₃	3	1,6
S₄	0,18	0,4

Pour les deux sources (S₁, S₄) du mois de Mars et les deux sources (S₂, S₄) du mois d'Avril on observe que l'origine de la pollution principalement ou entièrement est animale parce qu'on trouve : $CF/SF < 0,7$.

Pour la source S₂ du mois de Mars et la source S₃ du mois d'Avril on observe que la pollution est d'origine incertaine parce que la relation : CF/SF compris entre 1 et 2.

Pour la source S₃ du mois de Mars et S₁ du mois d'Avril on obtient : CF/SF compris entre 2 et 4 donc la pollution est d'origine est mixte à prédominance humaine.

2-5-Les anaérobies Sulfito-réducteurs (ASR) :

Les spores des ARS constituent généralement des indices de contamination ancienne.

Les résultats sont positifs au cours des quatre sources du mois de Mars déduisent la présence de genre sulfito-réducteurs *Clostridium* sp. Responsables de botulisme et de tétanos

Mais au mois d'Avril les résultats sont positifs au cours des sources (S₁ et S₂), et négatifs au cours des sources (S₃ et S₄). Ces résultats restent conformes aux normes prescrites par l'OMS qui fixe une valeur nulle.

Tab 10: Dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

Mois	Mars	Avril
Station		
S ₁	4	1
S ₂	9	2
S ₃	Abc	Abc
S ₄	abc	Abc

2-6-Les salmonella :

Les résultats sont positifs au coure des deux sources (S₁, S₃) parce qu'ils présentent des colonies noir. Et négatifs des deux sources (S₂, S₄) du mois d'Avril et des quatre sources du mois de Mars déduisent l'absence de salmonella.

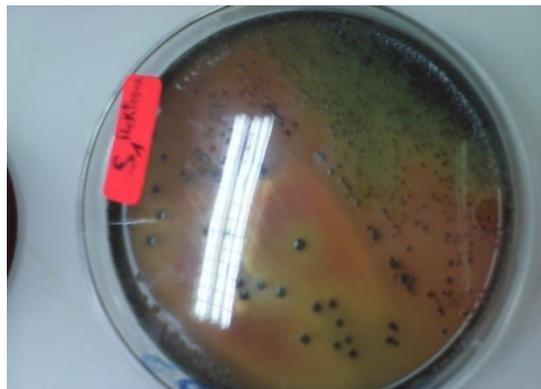


Figure 4 3: Le résultat positif de la source S1 du mois d'Avril 2016.



Figure 44: Galerie biochimique Api 20 E de la source S1 du mois d'Avril 2016.

Après l'ensemencement d'une galerie biochimique Api 20 E on trouve l'espèce suivant :

SalmonellacholeraesuisSppArizona

Conclusion général :

Le présent travail a fait l'objet d'un suivi régulier de deux mois de la qualité de l'eau de sources destinée à l'approvisionnement en eau potable.

Les données climatiques fournies par la station météorologique de Guelma révèlent que la région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec un hiver froid et pluvieux, de type humide et subhumide et un été très chaud et sec. Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes. Les moyennes des semestres froids (nov.avr.) et chauds (mai.oct.) sont respectivement 12,12 et 23,56°C.

L'analyse de la carte géologique montre que la région d'étude est constituée de terrains sédimentaires d'âge Crétacé Oligocène, Mio-Pliocène et Quaternaire constituent la roche réservoir de la nappe aquifère de Guelma. Le bassin de Guelma présente plusieurs ensembles lithologiques qui impliquent des zones hydrogéologiques différentes.

L'ensemble des paramètres physico-chimiques pris en compte sont compatibles avec les normes de l'OMS, à l'exception de la concentration sensiblement élevée, de le bicarbonate pour la source (S₃), La présence remarquable de cet élément dans l'eau de cette source est liée fort probablement à la dissolution des formations calcaires existant dans la zone d'étude.

S'agissant des analyses bactériologiques, la présence des coliformes Totaux, les coliformes Fécaux, et les streptocoques Fécaux a été constatée pour les quatre sources après analyse au laboratoire est du à leur localisation au bord de la route, les résultats obtenus ont montré l'existence d'une sérieuse pollution fécale qui menace cette source d'eau.

Au terme de ce travail, il apparait que l'eau des sources étudiées sont qualifiées impropre à la consommation vis –à-vis du bicarbonate (S₃).

La prévention des problèmes de santé associés à la contamination de l'eau potable doit reposer sur les recommandations suivantes :

- la protection des sources d'eau de la contamination par les engrais azotés, les rejets domestiques et industriels.....
- la surveillance régulière de la qualité de l'eau, particulièrement pour les sources vulnérables.
- Au champ, les épandages de fumier et d'engrais doivent être dosés en fonction des exigences des cultures et avoir lieu au moment de l'année où l'utilisation des éléments

nutritifs sera maximale, à défaut de quoi les éléments précieux nutritifs pourraient s'infiltrer vers la nappe phréatique.

- L'information de la population, qui considère qu'une eau de source est une garantie suffisante de potabilité.
- Etablir les normes nationales de la qualité des eaux de consommation.

Résumé :

Si l'eau souterraine est la première ressource minérale prélevée par l'homme, elle est la seule qui se renouvelle grâce au cycle de l'eau.

L'appréciation de la qualité des eaux se base (entre autre) sur la mesure des paramètres physico-chimiques indicateurs et des analyses bactériologiques d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

Quatre (4) sources captées dans la région de Guelma d'usage quotidien ont fait l'objet d'analyses pour la détermination des différents paramètres physiques et pour le dosage des éléments chimiques majeurs. Les procédures d'analyses ont été déduites de la méthode standard d'analyses et les résultats ont été comparés à l'ensemble des paramètres faisant l'objet de normes ou de références.

Les résultats des analyses obtenus des eaux de nos sources affichent des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS, à l'exception de deux paramètres le bicarbonate et la conductivité électrique dont la teneur a considérablement dépassés les normes, mais la qualité bactériologique est plus au moins acceptable.

Mots clés : Eau souterraine, paramètres physico-chimiques, analyses bactériologiques, source, Guelma, l'OMS.

Abstract:

If groundwater is the first mineral resource sampled by man, it is the only one that renews itself through the water cycle.

The estimation of the water quality is based on the measuring of the physico-chemical parameters and the bacteriological analysis indicators of more or less of good water quality.

For (4) springs captured in the area of Guelma of daily use were the subject of analyses for the determination of the different physical parameters and for the dosage of the major chemical elements. The procedures of analyses have been deduced from the standard methods of analyses and the results have been compared to the set of parameters being the subject of norms or references.

The results of analyses obtained from our water sources post concentrations lower than the standards recommended by the WHO, with the exception of two parameters bicarbonate and electrical conductivity whose content significantly exceeded the standards, but are at least acceptable bacteriological quality.

Key words: Ground water, physico-chemical parameters, bacteriological analysis, source, Guelma, the WHO.

ملخص:

إذا كانت المياه الجوفية هي أول الموارد المعدنية المستغلة من طرف الإنسان فإنها، هي الوحيدة التي تجدد نفسها من خلال دورة المياه.

من بين الأشياء التي تساعدنا على الحكم على نوعية المياه هو قياس المعايير الفيزيوكيميائية والتحليل البكتريولوجية التي تميز نوعية مياه قد تكون جيدة الى حد ما.

وقد تم وضع اربعة يناييع ملتقطة موجهة للاستهلاك البشري قيد الدراسة قصد تحديد مختلف العناصر الفيزيائية، وكذا معايرة العناصر الكيميائية الأساسية لقد تم استنباط اساليب التحاليل من الطرق الموحدة، و النتائج تم مقارنتها مع كل العناصر الخاضعة للمقاييس او المراجع.

نتائج تحاليل منابعنا المتحصل عليها بينت انخفاض في التركيز بالنسبة للمقاييس الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية، ما عدا عنصري البكربونات و الناقلية الكهربائية ولكن النوعية البكتريولوجية نوعا ما مقبولة.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، تحاليل فيزيولوجية، تحاليل بكتريولوجية، منبع، قامة، منظمة الصحة العالمية.

A

Alouane .,H, 2012. *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 eaux destinées à la consommation humaine.* Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 49 p.

Alpha.,S, 2005. *Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière.* Thèse de doctorat en pharmacie, Mali, université de Bamako, 20 p.

Anonyme, 2002. *Traitement des eaux de surface,* édition ade.

Anonyme, 1996. *Manuel de qualité des eaux traitées,* édition :ade.

Aouissi., A, 2010. *Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie).* Mémoire de Magister en Hydro-écologie, université de Guelma, 129 p.

Armand .,L, 1996. *Mémento technique de l'eau,* édition Tec et Doc, 37 p.

B

Bechiri., N, 2011. *Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-est Algérien).* Mémoire de magister, université badji mokhtar-annaba, 97 p.

Benmars., K, 2007. *Caractéristiques physico-chimique et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma (NE algérien).* Mémoire de magister, université Badji Mokhtar-Annaba, 126 p.

Berche .,P et Gaillard .,J-L et Simouet .,M 1988. *Bactériologie, les bactéries, des infections humaines.* Flammarion Médecine sciences, 660 p.

Bontoux .,J, 1993. *Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons,* 2^{eme} édition Cebedoc, 120 p.

Boubidi., W, Fardjallah .,S, Saidia.,n, 2007. *Traitement et critères de potabilité de l'eau (les normes).* Mémoire de l'ingénierie, université de 8 mai 1945, 37 p

Bourgeois .,C M, Mescle .,J F, 1996. *Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments,* édition Lavoisier, 55 p.

Briere .,G, 2000. *Distribution et collecte des eaux.* 2^{eme} édition école polytechnique de Montréal, 300 p.

C

Cardot .,C, 1999. *Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolues*, édition Ellpispes, 37 p.

Chena .,B, Grara .,N, 2015. *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelques sources dans le bassin de Guelma*. Mémoire de Master, université 8 Mai 1945, 83 p.

Chibani .,S, 2008. *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologiques des eaux de surface et souterraines de la région de Ain Makhoulf (wilaya de Guelma)*. Mémoire de Magister en Hydro-écologie, université de Guelma, 97 p.

Codex, Coin, 1981. *La pratique de l'eau : usages domestiques*. Collectif et industriel, édition Moniteur, Paris, 65 p.

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, 69 p.

Coulais .,J M, 2002. *Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves*. Edition des ateliers, 36 p.

Cosandey, Claude et al, 2003. *Les eaux courantes: Géographie et environnement*. Édition Belin, Paris, 239

D

Dardar ., F et Bouchelaghem., I, 2010. *Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la Grotte Osman Hammam Debagh*. Mémoire de Mastère, université de 8 mai 1945 Guelma, 73 p.

Degrement .,G, 2005. *Mémento technique de l'eau*. Tome 1, 10^{eme} édition Tec et doc, 38 p.

F

Fetouhi., I et Bourenane., G, 2013. *Suivi de l'évolution temporelle de la dureté totale de l'eau traitée par la station de Hammam Debagh*. Mémoire de Master, université 8 Mai 1945, 45 p.

G

Gaujous .,D, 1995. *La pollution des milieux aquatiques.* Aide mémoire 2^{ème} édition Lavoisier, 49 p.

K

Khemis .,M , 2013. *Etude de la qualité de quelques eaux de source de la région de Guelma.* Mémoire de Master, université de 8 mai 1945 Guelma,43 p.

Kravitz .,J et Nyaphisi .,M et Mandel .,R et Petersen .,E, 2000. *Examen bactériologique quantitative des reserves d'eau à usage domestique.* Edition OMS, 44 p.

Kreisel .,W, 1991. *Water quality and health.* Dunod, 209 p.

L

Ladjel .,S, 2007. *Control des paramètres physicochimique et bactériologique d'une eau de boisson.* ADE, Zone de Tiziouzo, 54 p.

Leclerc .,H, 1994. *Microbiologie des eaux d'alimentation.* TEC, DOC, 495 p.

Lectlerc, Mossel, 1989. *Microbiologie, le tube digestif. L'eau et les aliments.* Paris.

Leminor .,L , Veron .,M, 1989. *Bactériologie médicale.* Flammarion Médecin science, 845 p.

M

Monod .,I, 1989. *Mémonto technique de l'eau.* Tome 1, 2, 9^{ème} édition de cinquantenaire, 89 p.

Mouchara .,N, 2009. *Impacts des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-est Algérien).* Mémoire de Magister en Hydrogéologie, université Badji Mokhtar, Annaba, 123 p.

P

Prescott .,L- M , Harly .,J-P, Kelin .,D-A, 2003. *Microbiologie,* 2^{ème} édition De Boeck et Larcier, Paris, 253 p.

R

Raggam .,A, 2015. *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse.* Thèse de Doctorat, université 8 Mai 1945, 37 p.

Rodier, 2005. *L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaires, Eau de mer.* 8 édition : Dunod, Paris.

T

Terkmani .,A, 2006. *Normes de qualité d'une eau de besoin.* B2. ADE.

V

Vilagines .,R, 2003. *Eau, environnement et santé publique.* 2^{eme} édition introduction à l'hydrologie, édition Tec et doc, 198 p.

Z

Zouaidia .,H, 2006. *Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien cas de Mila, Constantine, Guelma, Souk Ahras.* Mémoire de Magister, Constantine, Université Mentouri, 153 p.

Sites web :

[1] : http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/eau_5715/ (consultation 10/02/2016).

[2] : <http://water.usgs.gov/edu/watercyclefrench.html>. (Consultation 04/04/2016).

[3] : Web: <http://www.ramsar.org> (consultation 11/02/2016).

[4] : <http://environnement.ecoles.free.fr/pollution-eau.htm>. (Consultation 15/03/2016).

[5] : <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/typhoide/maladiehydrique/typhoide.htm#ixzz2yevA07qr>. (Consultation 11/03/2016).

[6] : Environnement Canada. Sd. En ligne. <www.ec.gc.ca>. (Consultation 08/02/2016).

[7] : [http://www.universalis.fr/encyclopedie/hydrogéologie/7-exploitation-rationnelle-des-eaux-souterraines/Ministère de l'agriculture de l'alimentation et des affaires rurales](http://www.universalis.fr/encyclopedie/hydrogéologie/7-exploitation-rationnelle-des-eaux-souterraines/Ministère_de_l%27agriculture_de_l%27alimentation_et_des_affaires_rurales). (Consultation 4/04/2016).

Anneses

Annexe 1 : Composition des milieux de culture

1- Milieux liquides :

1-1-BCPL (Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol) :

Double concentration (D/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	2 g
-Peptone	14 g
-Lactose	10 g
-Pourpre de bromocrésol	0,06 g
-Eau distillée	1000 ml
-PH = 6,9	

Autoclavage pendant 15 à 20 min à 120 °C

Simple concentration (S/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	1 g
-Peptone de caseïne	7 g
-Lactose	5 g
-Pourpre de bromocrésol	0,03 g
-Eau distillée	1000 ml
-PH= 6,9	

Autoclavage pendant 15 à 20 min à 120 °C

1-2-Milieu de Rothe :

Double concentration (D/C) :

-Peptone de caséine	40 g
-Extrait de viande	3 g
-Glucose	8 g
-Chlorure de sodium	8 g
-Phosphate mono potassique	5,4 g
-Phosphate dipotassique	5,4 g
-Azide de sodium	0,4 g

-Eau distillée 1000 ml

-PH= 6,9

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

Simple concentration (S/C) :

-Peptone de caséine 20 g

-Extrait de viande 1,5 g

-Glucose 4 g

-Chlorure de sodium 4 g

-Phosphate dipotassique 2,7 g

-Phosphate mono potassique 2,7 g

-Azide de sodium 0,2 g

-Eau distillé 1000 ml

-PH= 6,9

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1-3-Milieu d'Eva Litsky :

-Tryptone 20 g

-Glucose 5 g

-Chlorure de sodium 5 g

-Phosphate mono potassique 2,7 g

-Phosphate dipotassique 2,7 g

-Azide de sodium 0,3 g

-Solution d'éthyle violet 5 g

-Eau distillée 1000 ml

-Ph= 6,8 à 7

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1-4-Milieu de Schubert :

-Tryptone 10 g

-Peptone 10 g

-Acide glutanique	0,2
-Tryptophane	0,2 g
-Sulfate de magnésium	0,7 g
-Sulfate d'ammonium	0,4 g
-Chlorure de sodiu	2 g
-Citrates de sodium	0,5 g
-Mannitol	7,5 g
-Eau distillée	1000 l
-PH= 7,6	

2- Milieu solide :

2-1- Gélose Viande foie (VF) :

-Base de viande foie	20 g
-Glucose	0,75 g
-Amidon	0,75 g
-Sulfite de sodium	1,2 g
-Carbonate de sodium	0,67 g
-Agar-agar	11g
-Eau distillée	1000 l

Au moment de l'emploi :

Ajouter à 20 ml de milieu de base fondé, 0,5 ml d'une solution de sulfite de sodium à 5%

4 gouttes d'alun de fer

Préparation de sulfite de sodium

-eau distillée	20 ml
- Sulfite de sodium	1 g

Mode de préparation : On prend 1 g de sulfite de sodium et on met dans un 20 ml d'eau distillée.

Annexe 2 : Evolution spatio-temporelle de la salinité dans les eaux de Sources échantillonnées

Point de prélèvement	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Mars	0,1	0,2	0,3	0,1
Avril	0,1	0,4	0,2	0,2

Annexe 3 : Evolution spatio-temporelle de la salinité dans les eaux de sources échantillonnées

Point de prélèvement	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Mars	2,09	0,07	0,01	0,02
Avril	1,01	0,05	0,01	0,04

Annexe 4 : Normes de l'OMS de potabilité des eaux de consommation des paramètres

physico-chimiques

Paramètres	Unité	Normes
PH	-	6,5- 8,5
T	°c	25
CE	µs/cm	1000
TH	°F	-
Mg ⁺²	mg/l	50
Ca ⁺²	mg/l	200
TAC	°F	50
HCO ₃ ⁻	mg/l	200
Cl ⁻	mg/l	200
Fe	mg/l	0,2
SO ₃ ²⁻	mg/l	250
PO ₄ ³⁻	mg/l	5
NO ₃ ⁻	mg/l	50
NO ₂ ⁻	mg/l	3
NH ₄ ⁺	mg/l	0,1

TDS	mg/l	1000
------------	------	------

Annexe 5: Les normes bactériologiques de l'eau de consommation

Paramètres	Unité	Normes
Les coliformes totaux	UFC	10/100 ml
Les coliformes fécaux	UFC	0 UFC/100
Les streptocoques fécaux	UFC	0
Les anaérobies sulfito-réducteurs	-	0