



N° Ref :

**Centre Universitaire
Abdelhafid Boussouf Mila**

**Institut des sciences et de la technologie
Département des sciences de la nature et de la vie**

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master
En domaine : Science de la nature et de la vie**

**Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Protection des Ecosystèmes**

Thème

***Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique
des eaux de source de la wilaya de Mila (Ain Gamra, Ain
Sedra, Ain Keskas et Ain Village)***

Préparé par :

- Bendjamaa Rawnak
- Bendridi Ismahan
- Chermat Safa

Soutenu devant le jury :

Président :	M. ELAICHAR Mehdi	MCB Centre Universitaire de Mila
Examineur :	M. TABET Slimane	MAA Centre Universitaire de Mila
Promoteur :	M. MERZOUG Seyf Eddine	MCB Centre Universitaire de Mila

Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant, de nous avoir accordé la patience, la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nos plus vifs remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail :

Monsieur El Aïchar M. maître de conférence en biologie au centre universitaire de Mila d'avoir accepté de présider le jury.

Monsieur Tabet S. maître de conférence en Biologie au centre universitaire de Mila d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Monsieur Merzoug S. maître de conférence en biologie au centre universitaire de Mila d'avoir accepté de nous encadrer et les conseils qu'il nous a prodigué
Nous adressons aussi nos remerciements les plus respectueux à tous les enseignants qui nous ont transmis leurs savoirs.

Nous tenons également à remercier monsieur Taloub A. chef de département d'exploitation et maintenance à L'ONA de Mila pour l'aide qui nous a fournie à la réalisation de ce travail.

Enfin, nos vifs remerciements à toute personne ayant contribué de près la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie cet modeste travail :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir . A toi mon père Ammar

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; Maman que j'adore Barakat.

*À mes très chers parents, pour leurs amour et sacrifices,
À mes adorables frères, sœur pour leur patience,*

*Yasser – Ishak – Youssra - Chaima
À ma chère / Coucou (Osmahan) mon binôme qui partage avec moi les bons et les mauvais moments*

À toutes les personnes de près ou de loin.

Rawnak

Dédicace

*Grâce à Dieu nous avons achevé ce modeste travail que je dédie
particulièrement à mes chers parents,*

A ma mère "Fahima",

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir tout ce que je
peux t'offrir.*

A mon père "Dauraid",

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime
et de mon respect.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve
et te procure santé et longue vie.*

A mes frères Anis et Abd rahmane pour ses soutien moral.

A toute ma famille (mes cousin et cousine)

A tout(e)s mes ami(e)s

*A ma chère Coucou - Raunak - qui partage avec moi, les bons et les
mauvais moments.*

*A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près
ou de loin*

Une spéciale dédicace à une personne qui compte beaucoup pour moi.

Ismahan

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Avant tout, nous remercions le mon ﷻ tout puissant qui nous a donné la santé, la force, le courage et la volonté pour réaliser ce travail,

Que je dédie :

Mon chère père Azzedine, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, ce travail est le fruit de ces sacrifices qu'il a consentis pour ma formation.

Ma chère mère Fadia, qui représente pour moi la source de tendresse et qu'na pas cessé de n'encourager et de prier pour moi.

Mes sœurs : Wafa et Wissem ,

Mes frères :Bassem, Adel et Nassim

A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines.

A mes meilleurs amis A mes chères nièces.

A tous mes collègues de promotion de master et spécialement A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

Safa

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
ملخص	
Abstract	
Introduction	01
Partie Bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur l'eau et la pollution	
1. Généralité sur l'eau	03
1.1. Les ressources d'eau	03
1.2. Les types d'eau	03
1.3. Classification des eaux	04
1.3.1. Les eaux de consommation	04
1.3.2. Les eaux non destinées à la consommation	04
2. La pollution de l'eau	05
2.1. Les sources de la pollution	05
2.1.1. La Pollution d'origine domestique et urbaine	05
2.1.2. La pollution d'origine agricole	05
2.1.3. La pollution d'origine industrielle	06
2.1.4. La pollution naturelle ou accidentelle	07
2.2. Les principaux polluants	07
2.2.1. La pollution biologique	07
2.2.2. La pollution physique	08
2.2.3. La pollution chimique	09
2.3. L'impact de la pollution	09
2.3.1. Sur le milieu naturel	09
2.3.2. Sur l'économie	09
2.3.3. Sur la santé	10
Chapitre II : Les maladies à transmission hydrique	
1. Les maladies à transmission hydrique	11
2. Les principaux facteurs générateurs de MTH	11
3. L'origine des maladies à transmission hydrique	12
3.1. Les maladies d'origine bactériennes	12
3.1.1. La fièvre Typhoïde	12
3.1.2. Choléra	13
3.1.3. Dysenteries	13

3.1.4. La gastro-entérite	14
3.2. Les maladies d'origine virales	14
3.2.1. Hépatites virales A et E	14
3.2.2. La poliomyélite	15
3.3 Les maladies d'origine parasitaires	16
3.3.1. Amibiase	16
3.3.2. La bilharziose	16
3.3.3. L'onchocercose	16
4. Les solutions à mettre en œuvre	16
5. Les principaux axes du Programme national de lutte contre les MTH	17

Chapitre III : Description De la zone d'étude

1. Présentation de la wilaya de Mila	18
1.1. La situation géographique	18
1.2. Les caractéristiques géologiques	19
1.2.1. La géologie	19
1.2.2. La pédologie	20
2. Le réseau hydrologique	20
3. L'étude climatique	21
3.1. Les précipitations	21
3.2. Température	22
4. La synthèse climatique	23
4.1. Le diagramme Ombro-thermique de Bagnlous et Gaussien	23
4.2. L'indice pluviométrique d'Emberger	24

Partie Expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthode

1. Objectif	26
2. La description des stations de prélèvement	26
3. Nature et période de prélèvement	29
4. Prélèvement de l'eau à analyser	29
5. Echantillonnage	29
6. Transport des échantillons	30
7. Les analyses physico-chimiques	30
7.1. La température	30
7.2. Le pH	31
7.3. Conductivité électrique	32
7.4. Turbidité (transparence)	33
7.5. Ammonium (NH ₄)	33
7.6. Nitrates (NO ₃ ⁻)	34
7.7. Nitrite (NO ₂ ⁻)	35
7.8. Phosphates (PO ₄ ²⁻)	36
7.9. Sulfates (SO ₄ ²⁻)	36
7.10. Fer (Fe ⁺²)	37
7.11. Chlorure (Cl ⁻)	37

7.12.	Alcalinité (HCO ₃ ⁻)	38
7.13.	Calcium (Ca ⁺²) et Magnésium (Mg ⁺²)	39
7.14.	Résidus secs	40
8.	Analyses bactériologiques	40
8.1.	Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37°C	41
8.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec	44
8.3.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	48
8.4.	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies	50
8.5.	Recherche des germes pathogènes	54
8.5.1.	Recherche des staphylocoques	54
8.5.2.	Recherche de <i>Shigella</i>	55
8.5.3.	Recherche de <i>Salmonella</i>	56
8.5.4.	Recherche de <i>Vibrio cholérique</i>	57
9.	L'identification	58
9.1.	Examen macroscopique des caractères cultureux	58
9.2.	Examen microscopique	59
9.3.	Examens liés aux caractères biochimiques	60
9.3.1.	Caractères enzymatiques	60
9.3.2.	Caractères biochimiques	61
Chapitre II : Résultat et discussion		
1.	Les paramètres physico-chimiques	64
1.1.	La température	64
1.2.	Le pH :	65
1.3.	La turbidité et les résidus secs	66
1.4.	La conductivité électrique, Magnésium, Calcium et chlorure	68
1.5.	Nitrate, Nitrite, Ammonium et Phosphate	70
1.6.	Sulfate	73
1.7.	Alcalinité	74
1.8.	Le fer	75
2.	Les paramètres bactériologiques	76
2.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux	76
2.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	76
2.3.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	78
2.4.	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies	78
2.5.	Résultats des germes pathogènes	79
2.5.1.	Caractère macroscopique et microscopique	80
2.5.2.	Résultats de l'identification biochimique :	82
3.	Etude statistique	84
3.1.	Paramètres physico-chimiques	84

3.1.1. Comparaison des paramètres physico-chimiques	84
3.1.2. Comparaison des paramètres physico-chimiques	85
3.1.3. Classification des stations selon les paramètres physico-chimiques	86
3.2. Paramètres bactériologiques	87
3.2.1. Comparaison des paramètres bactériologiques entre les stations	87
3.2.2. Comparaison des paramètres bactériologiques (moyenne/norme)	87
3.2.3. Classification des stations selon les paramètres bactériologiques	88
Conclusion	89
Références bibliographiques	
Annexe (01)	
Annexe (02)	

N°	Titre	Page
01	Situation géographique de Mila	18
02	Carte de représentation des différentes formes des reliefs de la wilaya de Mila	19
03	Variation de la précipitation moyenne mensuelle dans la région de Mila	22
04	Variation de la température moyenne mensuelle dans la région de Mila	23
05	Diagramme Omro-thermique de Bagnouls et Gausсен de région de Mila	24
06	Courbe d'Emberger de la région de Mila	25
07	Localisation d'Ain Gamra	27
08	Ain Gamra	27
09	Localisation d'Ain Sedra	27
10	Ain Sedra	27
11	Localisation d'Ain Keskas	28
12	Ain keskas	28
13	Localisation d'Ain village	28
14	Ain Village	28
15	Thermomètre digital	31
16	Multi paramètre de marque Hach	32
17	Turbidimètre de marque Hach	33
18	Spectrophotomètre de marque Hach	35
19	Protocole de recherche et dénombrement des micro-organismes	43
20	Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>E.coli</i> dans les eaux	45
21	Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux	50
22	Protocole de la recherche et du dénombrement des <i>Clostridium</i> s.Sulfito-réducteurs	53
23	Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux	58
24	Procédure de la coloration de Gram	60

25	Teste catalase	60
26	Teste oxydase	61
27	Présentation de la galerie API 20E	63
28	Variation de la température des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	64
29	Variation du pH des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	65
30	Variation de la turbidité dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	66
31	Variation de R.S dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	67
32	Variation de la conductivité électrique des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	68
33	Variation de Mg ²⁺ (Nov2018-Fév2019).	69
34	Variation de Ca ²⁺ (Nov2018-Fév2019).	63
35	Variation de Cl ⁻ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	70
36	Variation de NO ⁻³ eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	71
37	Variation de NO ₂ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	71
38	Variation de NH ₄ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	72
39	Variation de PO ₄ ⁻³ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	73
40	Variation de SO ₄ ⁻² dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	74
41	Variation de TAC dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	74
42	Variation de Fe ²⁺ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)	75
43	Estimation des coliformes totaux/ml dans l'eau de nos sources (Nov 2018-	77
44	Estimation des Streptocoque fécaux /ml dans l'eau des sources (Nov2018-Jun2019)	78
45	Milieu de culture négatif des ASR dans un tube de VF	79
46	Profil biochimique de la souche <i>Stinotrphomonasmattopholia</i>	82
47	Profil biochimique de la souche <i>Serratiaficaria</i>	83
48	Profil biochimique de la souche <i>Myiod/ Chryseobacteriumiddogenes</i>	83
49	Dendogramme de classification de nos sources selon la similarité des paramètres physico-chimiques	86
50	Dendogramme de calcification de nos sources selon la similarité des paramètres bactériologiques	88

N°	Titre	Page
01	Nombre et qualité mobilisée des eaux de source	26
02	Nature et période de prélèvement	29
03	La couleur des colonies isolées à partir des géloses SS et Hèktoen	56
04	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	65
05	Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH	66
06	Classes des eaux selon la turbidité usuelles (NTU, néphélogéométrie turbidité unit)	67
07	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	68
08	les normes des paramètres physico-chimiques	76
09	Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude	80
10	Les espèces identifiées par l'API 20 E	82
11	Tableau personnalisé des paramètres physico- chimiques entre les stations	84
12	Comparaison des paramètres physico- chimiques (moyenne/ norme) de chaque station	85
13	Tableau personnalisé des paramètres bactériologiques entre les stations	87

14	Comparaison des paramètres bactériologiques (moyenne/ norme) de chaque station	87
15	Table de Mac Grady	V
16	La lecture des API 20 E	V

ADE : Algérienne des eaux

AEP : Alimentation en eau potable

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

ADH : Arginine Di Hydrolase

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

BaCl₂ : Chlorure de baryum

BGN : Bacilles Gram négatifs

CIT : Citrate

cm : Centimètre

°C : Degré Celsius

CE : Conductivité électrique

Cl : Chlorure

[Cl] : la concentration en clore exprimé en mg/l

C₁₂H₈N₂H₂O : Phénantroline

CO₃²⁻ : Carbonate

Ca²⁺ : Calcium

DPSB: Direction de la proqramation et du suivie budgétaires

E. coli : *Escherichia coli*

Eva Litsky : Bouillon glucosé à l'éthyle violet et de sodium

Fig : Figure

Fe²⁺, Fe³⁺ : Fer

Fe S : Sulfate de fer

GNAB : Gélose nutritif Alcaline Bilée

GEL : Gélatine

Gram + : Gram positive

g : gramme

hm³ : hectomètre cube

hg : hectogramme

h : heure

H : Hydrogène

H₂O : Eau

HCO₃ : Alcalinité

HCl : Chlorure d'hydrogène

H₂SO₄ : Acide sulfurique

H₂S : Thiosulfate de Sodium

IND : Indole

km : kilomètre

K₂SO₄ : Sulfate de potassium

K₂Cr₄ : Chromate de potassium

°K : Kelvin

l : litre

MTH : Maladies à transmission hydrique

m : mètre

m³ : mètre cube

ml : millilitre

mm : millimètre

mm³ : millimètre cube

mg : milligramme

min : minute

Mg²⁺ : Magnésium

NPP : Nombre le plus probable

nm : nanomètre

NH₄ : Ammonium

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

NaCl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

Na₂SO₃ : Sulfite de sodium

NTU : Unité turbidité Néphélométrique

ODC: Ornithine Décarboxylase

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : précipitation

pH : Potentiel d'Hydrogène

PO₄²⁻ : Phosphates

ROTH : Bouillon à l'azide de sodium

R.S : Résidus sec

SO₄²⁻ : Sulfates

s : seconde

S/C : Simple concentration

SS: Salmonella-Shigella

Tab : Tableau

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

T : Température

TDA: Tryptophane Décarboxylase

TGEA : Tryptone Glucose Extract Agar

UV : Ultra violet

URE : Urée

UFC : Unité Faisant Colonie

µs/cm : Microsimens par centimètre

VHA : virus hépatite A

VHE : virus hépatite E

V : Volume

VP : Pyruvate de sodium

VF : Viande Foie

% : Pourcent

(+) : Positive

(-) : Négative

± : plus ou moins

> : Supérieure

< : Inférieure

Résumé

Notre travail consiste à étudier et évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mila (Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Keskas et Ain Village). Afin de réaliser cette étude, nous avons effectué quatre prélèvements durant une période de huit mois, l'analyse de ces échantillons se base sur des paramètres physico-chimiques : (T°, le pH, la turbidité, la conductivité électrique, les résidus secs, l'alcalinité, le nitrate, le nitrite, l'ammonium, le sulfate, le phosphore, le magnésium, le calcium, le chlorure et le fer), et bactériologiques (les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, les clostridium sulfite-réducteurs et les germes pathogènes). Nos résultats démontrent que, la qualité physico-chimique et bactériologique de nos sources est acceptable. Cette qualité résulte du fait que les eaux de source sont loin d'être polluées avec les rejets directs soit industriels ou par des eaux usées domestiques.

Mots clés :

Eaux de source, Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Village et Ain Keskas, prélèvement, analyse, physico-chimique, bactériologique, qualité.

يتمثل عملنا هذا في دراسة وتقييم نوعية مياه ينابيع ولاية ميلة (عين قمر، عين سدر، عين كسكاس، عين فيلاج) من الناحية الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية . حيث قمنا بأخذ أربع عينات خلال مرحلة قدرها ثمانية أشهر. تحاليل هذه العينات تستند إلى عوامل فيزيائية وكيميائية : (درجة الحرارة، درجة الحموضة، التعكر، الناقلية الكهربائية البقايا الجافة، النترات، النيتريت، الأمونيوم الكبريت، الفوسفات، المغنيزيوم، الكالسيوم، الكلوريد والحديد) والبكتريولوجية (القولونيات، القولونية البرازية، العقديات البرازية و كلوستريديا الحد من سلفيت ، الجراثيم الممرضة).

النتائج المتحصل عليها تبين أن النوعية الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الينابيع المذكورة سابقا ذات جودة مقبولة، وهذه النوعية ناتجة عن حقيقة أن مياه الينابيع بعيدة عن التلوث من خلال تصريف مياه الصرف الصناعي أو الاستعمال المنزلي المباشر

الكلمات المفتاحية :

مياه الينابيع، عين قمر، عين سدر، عين فيلاج و عين كسكاس، أخذ العينات ، الفيزيائية ، البكتريولوجية الجودة، معالجة .

Our work tends to study and evaluate the physiochemical and bacteriological quality of water sources located in the wilaya of Mila (Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Kescas, and Ain Village); In order to achieve this study, we have taken a total of four samples during a period of 8 months, the analysis of these samples is based on some physiochemical factors: (T°, the PH, the turbidity, the electric conductivity, the dry residues, the nitrates, the nitrite, the ammonium, the sulfur, the phosphorus, the magnesium, the calcium, the chloride and the iron) and bacteriological ones (the coliforms, the fecal coliforms, the streptococcus faecalis, the clostridia reduction of sulfate, and the pathogenic bacteria). The results of our fore mentioned study demonstrates that the physiochemical and bacteriological quality of our water sources is acceptable, and this is due to them being far away from any industrial pollution or household wastes.

Key words:

Water sources, Ain Gamra, Ain Sedra, Ain village, Ain Kescas, taking samples, analysis, physiochemical, bacteriological, quality.

INTRODUCTION

Introduction :

Une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène et à la prévention des maladies d'origine hydrique. Elle constitue aussi le patrimoine d'une nation. L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux (**Gartet *et al.*, 2001**).

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont préservées pour être destinées à la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie (**Guessoum *et al.*, 2014**).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lors qu'elle est exemptée d'élément chimique et/ou biologique susceptible, à plus ou moins long terme de nuire à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place des traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique (**John et Donald, 2010**).

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (**Reggam *et al.*, 2015**).

En Algérie, l'exploitation des ressources d'eau est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigation et en industrie (**Mohammedi *et al.*, 2015**).

Les maladies à transmission hydrique (MTH), sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les microorganismes est une source d'infections très importante (**Madigan et Martink, 2007**).

Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou

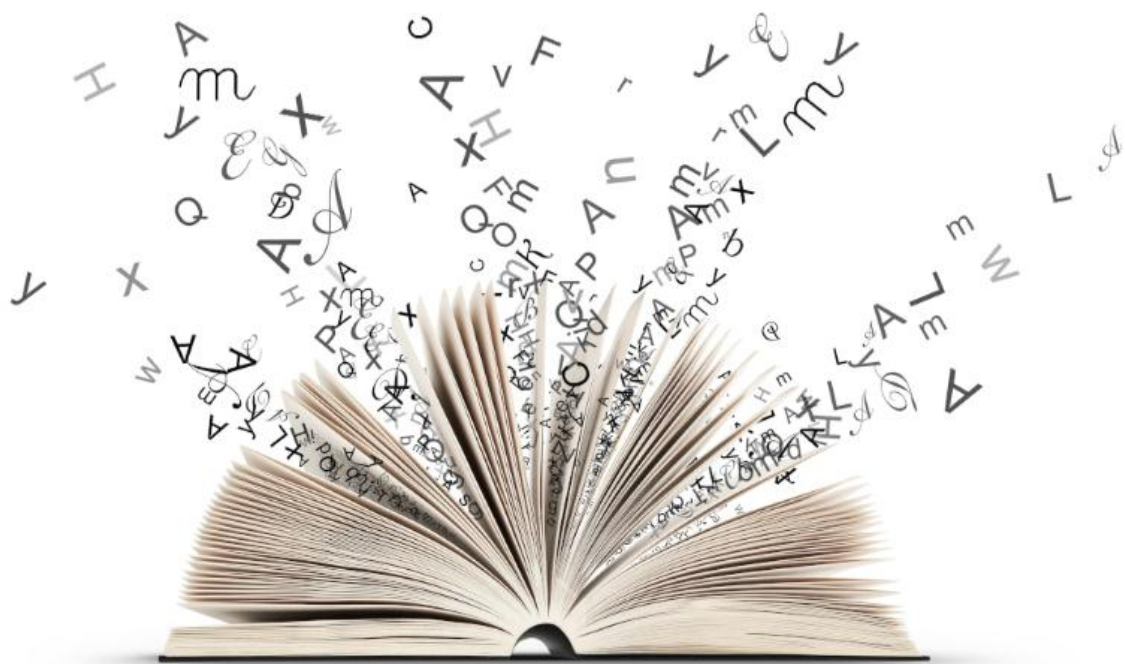
l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle. Pour cette raison dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mila.

Cette analyse est importante car la qualité de l'eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire c'est un sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents. Cette étude est répartie comme suit :

- Après une introduction, une première partie (partie bibliographique) divisée en trois chapitres. Le premier est un rappel sur les généralités d'eau et la pollution, le deuxième sur les maladies à transmission hydrique comme le Choléra, fièvre typhoïde, l'hépatite A etc.... Et le troisième chapitre c'est pour la présentation et la description de la zone d'étude.
- La deuxième partie (partie expérimentale) divisée en deux chapitres. Le premier est consacré pour les différentes méthodes d'analyses ainsi que le matériel utilisé pour effectuer ces analyses physico-chimiques et bactériologiques des sources étudiées, le deuxième où nous présentons les résultats d'analyses de l'eau sous forme d'histogramme avec une discussion sur ces résultats obtenus. Et on va finir par une conclusion.

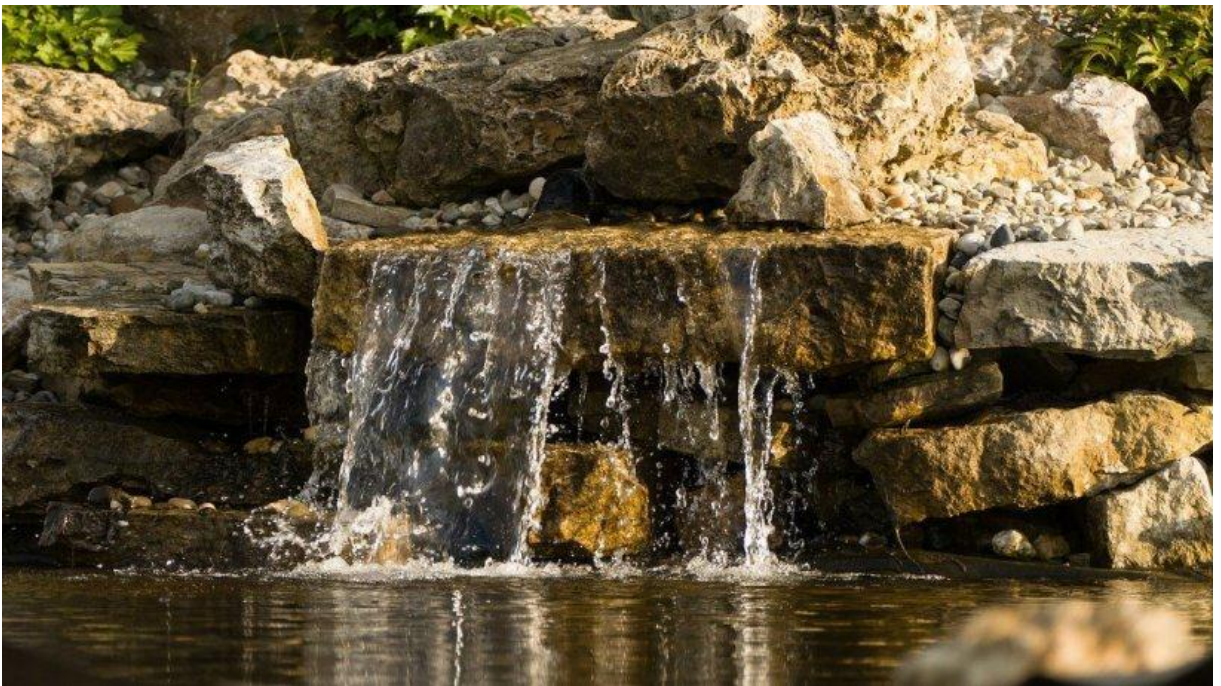
PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I

Généralités sur l'eau et la pollution



1. Généralités sur l'eau

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants (**Gerard, 1999**).

1.1. Les ressources d'eau

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées des eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrages, lacs, rivières), des eaux de surface et des eaux de mer.

1.2. Les types d'eau

▪ Les eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Merouani et Bouguedah, 2013**).

▪ Les eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents, elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (mers, océans, étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile (**Sari, 2014**).

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète (**Salghi, 2009**).

1.3. Classification des eaux

Les eaux sont classées en plusieurs volets :

1.3.1. Les eaux de consommation

- Eaux des réseaux d'adduction publique (Robinets) : Elles doivent être potables, elles proviennent de captages des eaux superficielles (cours d'eau, barrage) ou de celui des nappes ou des sources souterraines (Eaux en général mieux protégées). Avant leur distribution, ces eaux subissent plusieurs traitements épurateurs (filtration, floculation, décantation et désinfection).
- Les eaux de captage individuel (Puits) : Ces captages des sources ou gisements souterrains sont destinées à l'alimentation d'une maison, un hameau ou une industrie, principalement en zone rurale non desservie, par l'eau de distribution. Cette eau ne subit aucun traitement avant utilisation.
- Les eaux embouteillées : (Eaux de source prenables, eaux minérales naturelles), ces eaux doivent provenir des nappes souterraines naturellement protégées et mises à l'abri de toute souillure. Ces eaux ne subissent pas de traitements désinfectants, elles sont mises en bouteilles dans des conditions d'hygiène bien précises.

1.3.2. Les eaux non destinées à la consommation

- Les eaux industrielles : Qu'elles soient utilisées pour la préparation ou l'entretien (lavage), les utilisateurs doivent s'assurer qu'elles répondent à des critères bactériologiques précis car elles peuvent véhiculer des germes dangereux pour la santé.
- Les eaux usées industrielles ou domestiques : Doivent être correctement traitées pour éviter les contaminations de l'environnement (usines de traitement).
- Les eaux destinées à des activités d'aquaculture : Soit en eaux de mer, soit en eaux douce doivent présenter une qualité bactériologique satisfaisante.
- Il existe aussi des eaux médicales, des eaux dites stériles et des eaux pour hémodialyse (Mouffok, 2016).

2. La pollution de l'eau

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak, 2008).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles. La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite :

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines) ;
- Les eaux de surface: les fleuves, les rivières et les oueds ;
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau (Bouziani, 2000).

2.1. Les sources de la pollution

La pollution des eaux provient essentiellement des activités urbaine (activités domestiques, eaux d'égout, eaux de cuisine...), industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...) et agricoles (engrais, pesticides) (Henaut, 2011).

2.1.1. La Pollution d'origine domestique et urbaine

Elle provient des habitations et elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux, et détergents. Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (Aissaoui, 2013).

2.1.2. La pollution d'origine agricole

Le régime et la qualité des eaux sont fortement influencés par les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage (Faurie *et al.*, 2003).

L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès

vont contaminer en période de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djabri, 1996).

2.1.3. La pollution d'origine industrielle

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, des eaux résiduaires industrielles qui sont des eaux en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur et qui sont responsables des plusieurs types de pollution (Koller, 2004) :

❖ Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries,..) ; ont une température de l'ordre de 70 °C à 80 °C. Elle diminue jusqu'à 40 °C à 45 °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'Oxygène (Koller, 2004).

❖ Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories : organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...) et minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) (Koller, 2004).

❖ Pollution mécanique

Elle résulte des décharges des déchets et des particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension (Mekhalfa, 2009).

❖ Pollution organique

C'est les effluents chargés des matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'Oxygène dissous de ces eaux, en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des

rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices des nuisances olfactives (Donnier, 2007).

2.1.4. La pollution naturelle ou accidentelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution (éruption volcanique, inondation...etc) (Aissaoui, 2013).

2.2. Les principaux polluants

Les principaux polluants des eaux se divisent en quatre groupes : les polluants biologiques, les polluants chimiques, les polluants organiques toxiques et les polluants radioactifs (Aissaoui, 2013).

2.2.1. La pollution biologique

Un grand nombre des micro-organismes peuvent proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces micro-organismes (Bennana, 2013). Ils sont peu nombreux dans les eaux de nappe du fait des conditions habituellement anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de matière organique dans la nappe favorise leur prolifération (Kankou, 2004).

On distingue deux catégories de pollution de nature biologique : les micro-organismes et la matière organique.

➤ Les micro-organismes

Les micro-organismes comprennent par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales; on distingue alors la flore entérique normale et les micro-organismes pathogènes (Boutin *et al.*, 2009).

Cette pollution soulève dans la plupart des cas d'hygiène publique et d'épidémiologie car ces rejets non traités contiennent des micro-organismes pathogènes viables qui sont alors transportés par les eaux et disséminés sur leurs parcours (Madoui et Sahraoui, 2011).

Il existe trois grandes classes d'organismes pathogènes, (Brouillett *et al.*, 2003) soit:

- **Les bactéries** : Les eaux polluées peuvent contenir des très nombreuses bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus

et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*,...etc) (Bennana., 2013).

- **Les virus** : Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques (Schwartzbrod, 2003). Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine par les selles, plus rarement par les urines. On connaît plus de 100 types des virus pathogènes regroupés sous le nom des virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres (*Hépatite A*, *Norovirus*, *Rotavirus*,...etc) (Bouziani, 2000). Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel (Gantzer *et al.*, 1998).
- **Les parasites** : Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : des œufs, des kystes ou des vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*... etc) (Bouziani, 2000).

➤ **La matière organique**

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale. Les principaux composés organiques polluants sont : des lipides, des glucides, des savons, des détergents, des huiles minérales et des débris celluloses, auxquels s'ajoute leur produit de décomposition (Rabia et Djamaa, 2014).

2.2.2. La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermiques dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure des nombreux pays (Djilani, 2006).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (Mizi, 2006).

2.2.3. La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) élément indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis (**Djilani, 2006**).

Cette pollution chimique affecte tout le cycle de l'eau, depuis la pluie jusqu'aux eaux souterraines par exemple : 7,8 % des eaux souterraines dépassent 40 mg de nitrates contre 1,6% pour les eaux de surface (**Henaut, 2011**).

On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux ;
- Les métaux lourds (**Henaut, 2011**).

2.3. L'impact de la pollution

2.3.1. Sur le milieu naturel

Les modifications de la température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'Oxygène par les microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes (**Moletta, 2002**).

2.3.2. Sur l'économie

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches. Personne ne peut nier la nécessité de prendre en compte notre environnement.

La prolifération d'algues qui viennent dans certaines périodes de l'année s'échouer et pourrir sur les côtes conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions. Cette prolifération est attribuée aux rejets des polluants azotés et phosphorés. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important (**Moletta, 2002**).

2.3.3. Sur la santé

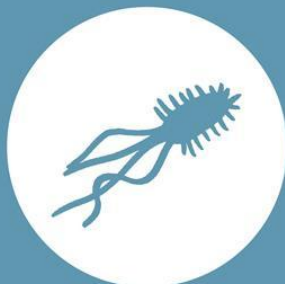
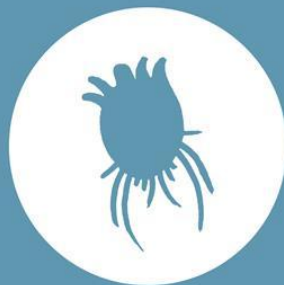
Les maladies liées à la présence des éléments pathogènes ou des molécules toxiques sont très répandues :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions des cas annuels dont 90 % en Afrique, et 300 millions des porteurs des parasites) ;
- Filaires (maladie due à un ver injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

Les métaux lourds comme le Mercure, le Plomb, le Cadmium, le Cuivre... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles (**Moletta, 2002**).

Chapitre II

Les maladies à transmission hydrique



1. Les maladies à transmission hydrique

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau.

Ce sont des maladies du péril fécal à allure épidémique dont la symptomatologie est la plus souvent digestive (diarrhée, vomissements...etc) qui restent encore très répandues et constituent toujours une menace dans les pays pauvres et dont la mortalité est très élevée surtout pour les enfants en bas âge, donc c'est une maladie à déclaration obligatoire.

Les MTH ont connus une véritable évolution liée à la situation climatique du pays aggravée par une sous exploitation des réserves (**Bouziati, 2012**).

2. Les principaux facteurs générateurs de MTH

- Une urbanisation rapide et désordonnée le mode de vie urbain ont entraîné une augmentation de la production des déchets solides et liquides ;
- Un contexte géographique favorable : La population algérienne est répartie de façon très inégale sur l'ensemble du territoire 94% de la population est concentrée dans le nord sur une superficie de 13 % du territoire ;
- une situation de l'habitant très préoccupante avec absence de réseau d'AEP ;
- Une absence de conformité du réseau d'AEP favorisée par l'insuffisance des contrôles techniques des services de l'hydraulique à toutes les étapes et l'inter connexions entre réseaux d'AEP et réseau d'assainissement ;
- Approvisionnement en eau potable insuffisant ;
- Les procédés de désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine obsolètes les techniques de désinfection anciennes occupent encore une place importante ;
- un traitement et une surveillance de l'eau destinée à la consommation humaine peu ou mal connus la surveillance et le contrôle bactériologique de l'eau est basée sur le dosage du chlore résiduel (0,5mg/l) et la colimétrie (dénombrer les coliformes fécaux) ;
- un système d'assainissement existe de grandes inégalités dans le taux d'accès à un assainissement correcte entre population résident dans les zones : urbaines (58%) et rurales (62%) [1].

3. L'origine des maladies à transmission hydrique

Les MTH recouvrent un large éventail des manifestations pathologiques d'origine :

- ✓ Bactérienne: fièvre typhoïde, choléra, gastro-entérite, dysenteries...
- ✓ Virale: Hépatite A et E, poliomyélite....
- ✓ Parasitaire: amibiase, bilharziose, onchocercose...

Elles se transmettent par : eau de boisson, le lait, les mains, les légumes qui se mangent crus (salades, radis, carottes...etc. arrosés avec des eaux usées), les coquillages ramassés à proximité du point de déversement des égouts, les sources d'eau (puits) qui sont à proximité d'un cabinet d'hygiène défectueux (**Bouziati, 2012**).

3.1. Les maladies d'origine bactériennes

3.1.1. La fièvre Typhoïde

C'est une maladie infectieuse aigue spécifique à l'homme, elle représente actuellement 47% de l'ensemble des MTH déclarées.

➤ Agent pathogène

- Salmonelles majeurs ;
- *Salmonella typhi* (bacille d'Eberth) ;
- *Salmonella paratyphi* A, B, C ;
- Entérobactérie gram négatif ;
- Munie d'une endotoxine. Résistante dans le milieu extérieur, particulièrement dans l'eau.

➤ Clinique

Elle se manifeste par une symptomatologie digestive et générale secondaire à la multiplication de la bactérie dans l'intestin et son passage après dans le sang.

➤ **Diagnostic**

Hémoculture, coproculture, sérodiagnostic de (Widal et Félix).

➤ **Transmission**

- Direct : inter humaine (selles, linges souillés mains sales) ;
- Indirect: eaux et aliments contaminés (**Bouziani, 2012**).

3.1.2. Choléra

Infection intestinale diarrhéique sévère due aux vibrions cholériques.

➤ **Agent pathogène**

- *Vibrio cholerae*;
- Bacille gram négatif ;
- deux agents occasionnent le choléra : vibrion classique et le *Vibrio cholerae* El Tor.

• **Réservoir**

- En période d'épidémie: homme (malades, porteurs sains) ;
- En période inter épidémique: environnement milieu hydrique (eau douce, milieu marin).

➤ **Transmission**

- Direct: inter humaine par manipulation de produits contaminés ou de cadavres : maladie des mains sales ;
- Indirect: eaux et aliments souillés.

➤ **Clinique**

- L'aspect purement hydrique des selles, la déshydratation ;
- Diagnostic positif : coproculture et sérologie (**Bouziani, 2012**).

3.1.3. Dysenteries

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de colique, des nausées et de vomissement. Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20% des cas (**Briere, 2000**).

✓ **Shigelloses**

- Recto-colite aiguë fébrile, due à des bactéries du genre *Schigella*.

➤ **Agent pathogène**

- Entérobactérie : gram négatif ;
- Quatre sous-groupes des bacilles dysentériques A, B, C et D.

➤ **Clinique**

- Syndrome dysentérique (diarrhées liquides glaireuses et sanglantes).

➤ **Transmission**

- Direct: Infection manu portée ;
- Indirect: Aliments souillés et consommés crus (irrigation par des eaux usées), les mouches (**Bouziari, 2012**).

3.1.4. La gastro-entérite

Appelée familièrement (gastro) est une inflammation intestinale faisant suite à une infection touchant les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Cette pathologie est due dans la majorité des cas à un virus ou plus rarement à des bactéries.

➤ **Transmission**

- Par l'eau ou par les aliments souillés et causée par des salmonelles, des staphylocoques et des shigelles ;
- Elle se manifeste essentiellement par les symptômes suivants : des nausées, des vomissements, des crampes abdominales et de la diarrhée (**Masschelein, 1996**).

3.2. Les maladies d'origine virales**3.2.1. Hépatites virales A et E**

L'hépatite est une inflammation du foie secondaire à l'infection des hépatocytes par plusieurs types de virus dont le VHA et le VHE ;

- Hépatite A: maladie infantile bénigne ;
- Hépatite E: touche les adulte, la mortalité est importante (80%) surtout chez la femme enceinte.

➤ Agent pathogène

- VHA: picornavirus, résistant aux antiseptiques et à la chaleur ;
- VHE: moins résistant dans le milieu extérieur, plus sensible aux désinfectants et au chlore ;
- VHA et VHE sont éliminés dans les selles.

➤ Transmission

- L'eau polluée est la principale source de contamination pour ces hépatites épidémiques.

➤ Clinique

- L'Hépatite A : fièvre, signes gastro-intestinaux, ictère ;
- Hépatite E : risque d'hépatite fulminante.

➤ Diagnostic positif

- Hépatite A : sérologie (Acanti-VHA) ;
- Hépatite E : coproculture (**Bouziani, 2012**).

3.2.2. La poliomyélite

- Une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique.

➤ Agent pathogène

- Causée par des poliovirus sauvages (3 séro-types différents 1, 2 et 3).

➤ Transmission

- Par voie oro-pharyngée dans les pays développés ;
- Par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux).
- L'infection est inapparente dans l'immense majorité des cas ;

➤ Clinique

- Patente pour 200 formes inapparentes ;
- Cette maladie est apparue dans les pays à mauvaise hygiène : l'endémie y est permanente avec une recrudescence saisonnière estivo-automnale, elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralysie infantile) (**OMS, 2000 ; Zoungrana, 2009 ; Gaüzere, 2012**).

3.3 Les maladies d'origine parasitaires

3.3.1. Amibiase

- Affection parasitaire colique extrêmement fréquente en Algérie ;
- Due à l'amibe *Entamoebahistolytica*.

➤ Agent pathogène

- Protozoaire, fragile dans le milieu extérieur ;
- La forme kystique plus résistante, représente l'agent de dissémination de la maladie.

➤ Transmission

- Eau et aliments souillés par les kystes, éliminés dans les selles des malades et les porteurs sains.

3.3.2. La bilharziose

- Une maladie parasitaire.

➤ Transmission

- Par la douve *Schistosomemansoni* qui vit dans les veines abdominales de l'homme et expulse ses œufs dans l'urine et les fèces ;
- La maladie est répandue dans les régions tropicales et 2 millions de personnes seraient touchées ;
- La victime succombe généralement après des années d'affaiblissement mental (**Masschelein, 1996**).

3.3.3. L'onchocercose

Est une maladie parasitaire que l'on trouve particulièrement en Afrique et qui engendre la cécité. Le parasite responsable est un ver véhiculé par une mouche c'est la simulie, dont les larves vivent dans les eaux courantes. Pour tuer cette larve et éradiquer la maladie, les eaux des rivières doivent être traitées aux insecticides pendant parfois plusieurs années (**Boussinesq, 1997**).

4. Les solutions à mettre en œuvre

- Promotion de l'hygiène et la salubrité publique par amélioration des conditions de vie du citoyen (promotion de l'habitat, alimentation en eau potable, et assainissement du milieu.) ;
- Collaboration intersectorielle ;
- Lutte contre l'habitat précaire ;

- Unification et standardisation des méthodes de contrôle techniques des services de l'hydraulique [1].

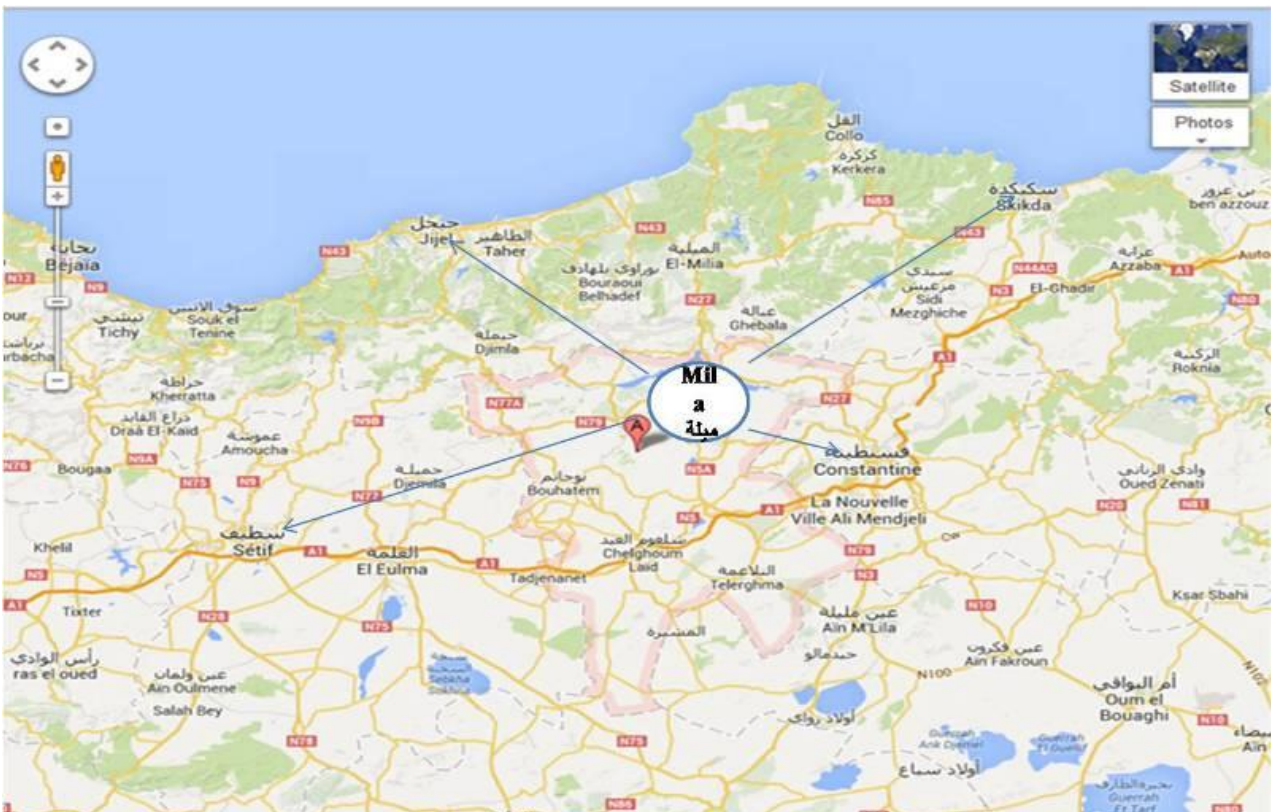
5. Les principaux axes du Programme national de lutte contre les MTH

La lutte contre les MTH ne relève pas du seul secteur de la santé mais d'une coordination étroite et suivi de tous les secteurs concernés. Une comité interministérielle a été institué en date du 02 mars 1987 est chargé de la mise en œuvre du suivi et d'évaluation du programme national de lutte contre les MTH. Les principaux axes du programme de lutte contre les MTH sont :

- Les actions relevant menées par les services de santé : surveillance épidémiologique des MTH et contrôle systématique des points de vente des aliments et de l'eau de boisson ;
- Des actions menées par les communes : l'entretien et la protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le control des puits ;
- Du secteur de l'hydraulique : la prise en charge des réseaux de distribution d'eau, l'assainissement (l'évacuation et le traitement des eaux usées) [1].

Chapitre III

Description De la zone d'étude



1. Présentation de la wilaya de Mila

1.1. La situation géographique

La wilaya de Mila se situe au Nord-est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 73 km de la mer Méditerranée. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien, par une chaîne de montagne qui s'étend d'Ouest en Est sur l'ensemble du territoire Nord du pays (ANDI, 2013). Elle occupe une superficie de 0,14% de la superficie totale du pays. Une wilaya de 3481 km² où vivent aujourd'hui 911765 habitants en 2018 (DPSB). C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (Chaalal, 2012). La wilaya de Mila est limitée par 6 wilayas (Fig.01) :

- Au Nord-ouest par la wilaya de Jijel ;
- Au Nord-est par la wilaya de Constantine et Skikda ;
- À l'Ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au Sud-est par la wilaya D'Oum-El Bouaghi et Batna.

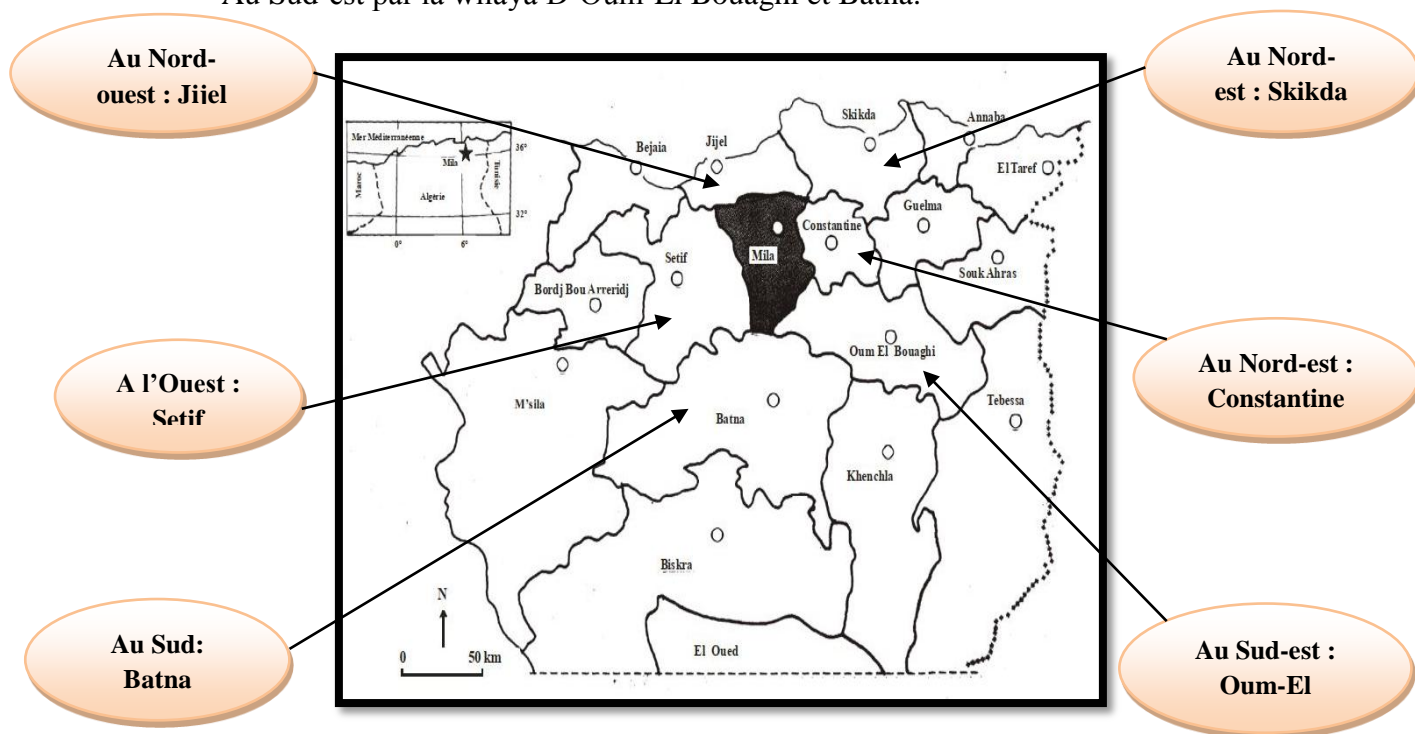


Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Mila (Service du cadastre de la wilaya de Mila, 2013).

1.2. Les caractéristiques géologiques

1.2.1. La géologie

Le bassin de Mila appartient au domaine externe de la chaîne Alpine d'Algérie Nord orientale qui est rattachée à la branche Sud des maghrébines entre le détroit de Gibraltar à l'Ouest et la Sicile et la Calabre à l'Est (Atmania, 2010).

La partie Nord orientale de cette branche est généralement subdivisée en deux grands domaines qui sont : Un domaine interne regroupant le socle kabyle et les formations des flysch et un domaine externe correspondant aux formations telliennes et de l'avant pays (Atmania, 2010).

➤ Les reliefs

Selon l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (2013) les reliefs de la wilaya de Mila sont structurés en trois ensembles morphologiques:

- Au Nord, un ensemble des hautes montagnes caractérisées par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées ;
- Au centre, un ensemble associant vallées collines et piémonts voire même quelques hauts versants ;
- Au Sud, un ensemble des hautes plaines (plaines et collines) (Fig.02) :

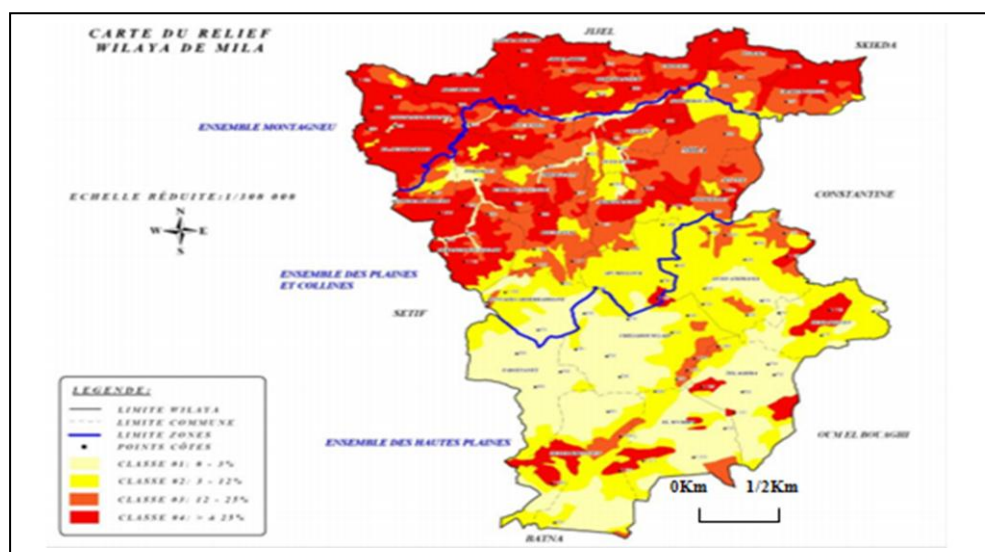


Figure 02 : Représentation des différentes formes des reliefs de la wilaya de Mila (ANDI, 2013).

1.2.2. La pédologie

Du point de vue pédologique on peut dire que :

- Presque la totalité des sols de la wilaya de Mila sont des sols bruns forestiers (Sols brunifiés) ;
- La majorité des sols observés sont acides ;
- Forte rétention en eau avec une capacité maximale ;
- Apparition de fente de retrait en période sèche (**Berkal et Elouaere, 2014**).

2. Le réseau hydrologique

Gérer la pénurie d'eau à Mila n'est pas une tâche aisée car celle-ci est un frein pour l'activité économique et la qualité de vie des ménages. Les disparités intercommunales existent également malgré la présence d'un grand ouvrage hydraulique qui est le barrage de Béni-Haroun. En outre il existe une rivalité et une concurrence intersectorielle pour l'utilisation de l'eau (**Soukehal et cherrad, 2011**).

La wilaya de Mila dispose de :

➤ Les barrages :

- Le barrage de Béni Haroun est un projet à caractère national qui doit assurer l'irrigation et la mise en valeur des terres des hautes plaines Constantinoises ainsi que l'alimentation en eau potable des villes et agglomérations urbaines de la région. Sa capacité de stockage est de 998hm^3 ;
- Sidi Khelifa est un barrage de transfert des eaux, situé au Sud de la wilaya de Mila. Il fait partie du grand transfert de barrage de Béni Haroun par lequel transitent annuellement les 504mm^3 , Il servira à alimenter 05 wilayas de l'Est algérien. À environ 25 km au Sud du chef-lieu, près de la ville de Sidi Khelifa. Il possède une capacité de $33\,600\,000\text{m}^3$ et une longueur de digue de 600 m (**ANBT, 2015**).
- Le barrage d'Oud Athemania d'une capacité de stockage de 33hm^3 ;
- Le barrage de Hammam Ghrouz d'une capacité de stockage de 41hm^3 .

➤ **Les puits :**

- Le nombre de puits recensé est de 57 avec un débit mobilisé de $6.685.632\text{m}^3/\text{an}$. Ils se situent plutôt dans la partie méridionale de la wilaya.

➤ **Les forages :**

- 127 forages publics d'un taux de remplissage de $40\text{ hm}^3/\text{an}$;
- 950 forages privés d'un taux de remplissage de $6.7\text{ hm}^3/\text{an}$.

➤ **Les retenues collinaires**

- Au nombre de 4 d'un taux de remplissage de 1.5 hm^3 (**Hydraulique Mila, 2019**).

3. L'étude climatique

La région de Mila est caractérisée par son appartenance au climat méditerranéen à l'étage de végétation subhumide.

Le Nord s'avère être une zone humide et pluvieuse et le Sud avec un climat semi-aride à aride.

Cette opposition trouve son origine dans des multiples causes :

- Le Nord influencé par un climat méditerranéen, le Sud par un climat de type continental ;
- La répartition des ensembles montagneux, les contrastes renforçant cette disparité géographique. Donc le climat est un facteur très important, Il a une influence directe sur la faune et la flore (**Metallaoui et al., 2013**).

3.1. Les précipitations

La précipitation est un paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement de sa localisation et de sa violence (**Kerdoud, 2006**).

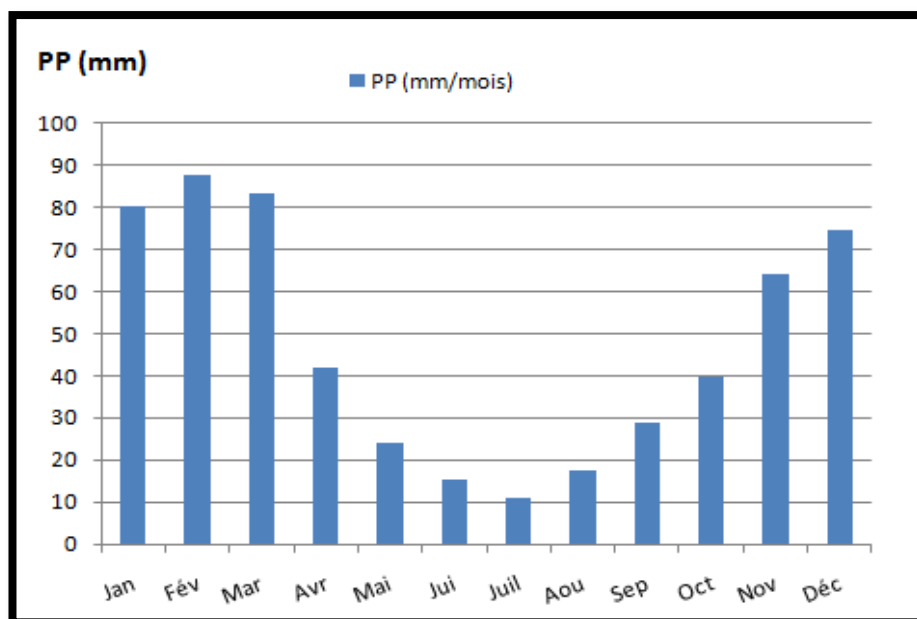


Figure 03: Variation de la précipitation moyenne mensuelle dans la région de Mila (2009-2019).

L'interprétation de l'histogramme (**Fig.03**) a révélé, que d'une manière générale les précipitations se caractérisent par leur irrégularité interannuelle. La moyenne annuelle des pluies précipitées pour la période 2009/2019, est de 591,76mm. Le mois de février, est le mois le plus abondant en pluie, il a connu un excédent de 87.90 mm, À l'inverse, le mois de juillet, a connu un déficit de 11 mm c'est le mois le plus sèche (**Station Météorologique d'Aïn Tine, 2019**).

3.2. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle les phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 1982**).

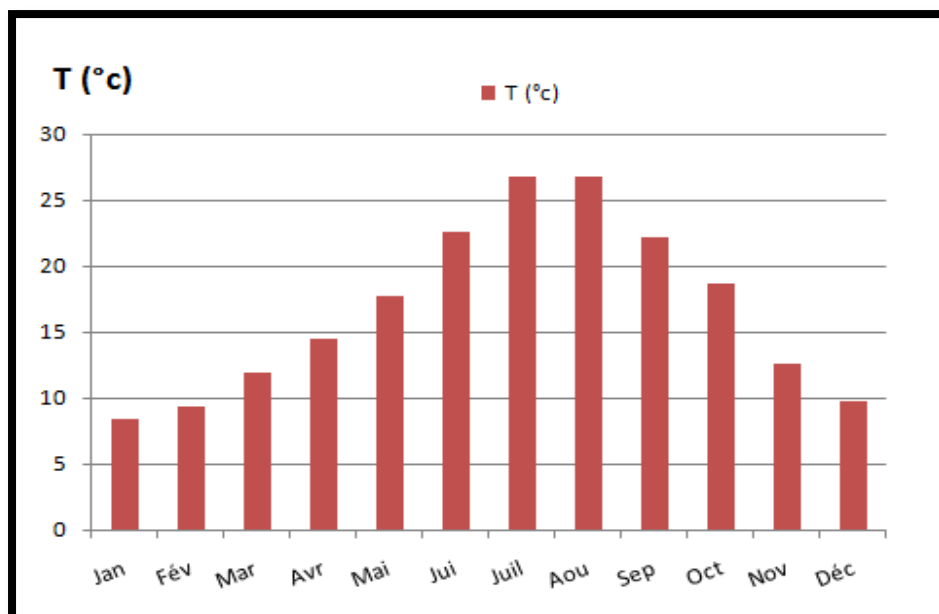


Figure 04 : Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région de Mila (2009-2019).

D'après l'histogramme (**Fig.04**), nous constatons que la température maximale est enregistrée durant le mois de juillet où elle atteint 26.80°C, tandis que le mois de janvier est marqué par des degrés du froid, avec une température minimale de 8,40°C (**Station Météorologique d'Aïn Tine, 2019**).

4. La synthèse climatique

4.1. Le diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussien

Le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussien est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations moyennes (P) exprimées en millimètres et les températures (T) en degrés Celsius, avec $P = 2T$.

Une période peut être considérer sèche si $P < 2T$, c'est-à-dire si le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne. Quand la courbe ombrique (de ombros = pluie) passe sous la courbe thermique on est précisément dans cette situation où $P < 2T$ (**Bagnouls et Gaussien, 1957**).

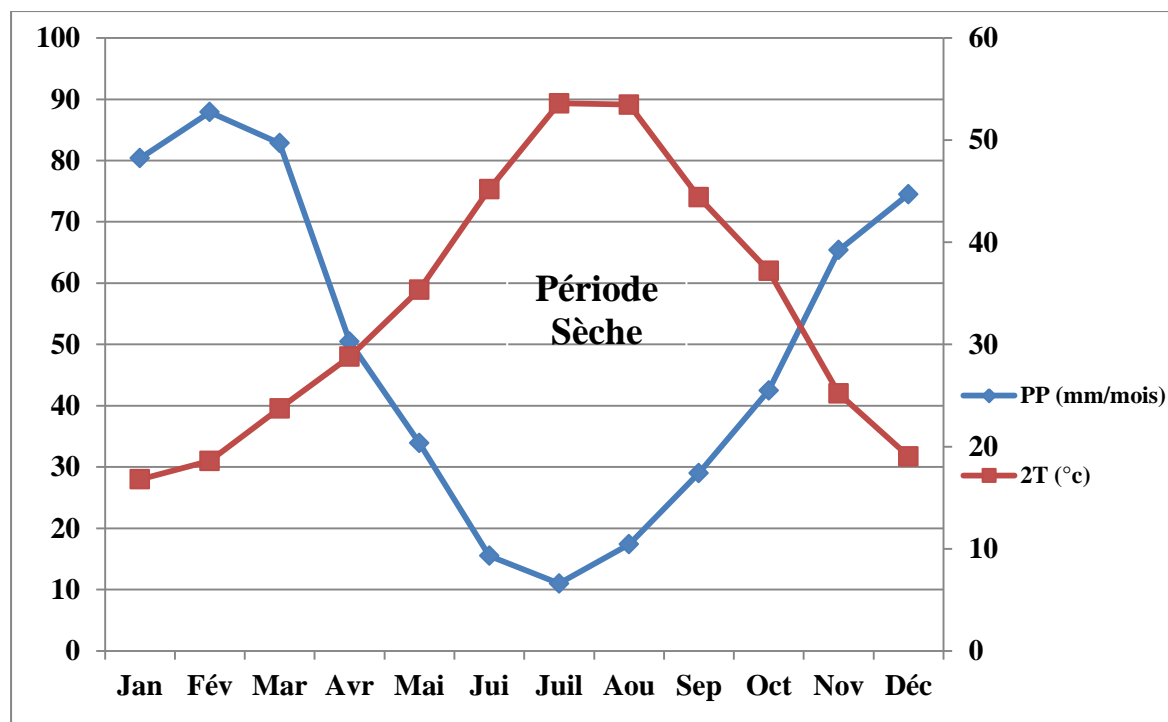


Figure 05 : Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila (2009-2019).

D'après la (Fig.05), la wilaya de Mila, se caractérise par une période sèche de six mois qui s'étale du mois de mai jusqu'au mois d'octobre et une autre période humide s'étend sur six mois du début de janvier jusqu'à le mois du mai et la deuxième sur deux mois du début de novembre jusqu'à le mois de décembre (Station Météorologique d'Aïn Tine, 2019).

4.2. L'indice pluviométrique d'Emberger :

L'indice pluviométrique d'Emberger nous aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haut montage (Emberger, 1955).

Son principe se base sur le régime des précipitations et des températures qui s'exprime selon la formule suivante:

$$Q_2 = \frac{1\,000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Q_2 = Quotient pluviométrique d'Emberger.

P = Précipitation annuelle moyenne (Mm).

M = Température des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}K$).

m = Température des minima du mois le plus froid ($^{\circ}K$).

✓ Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273,2$];

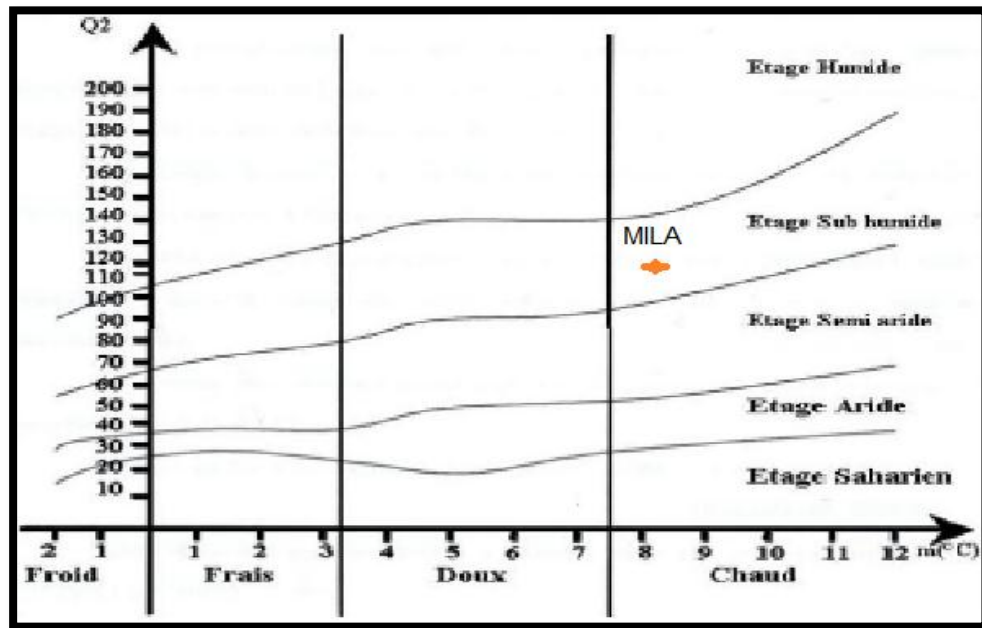


Figure 06: Courbe d'Emberger de la région étude Mila (2009-2019).

D'après les données climatiques de la région de Mila pendant la période 2009-2019 (**Fig.06**) le Q_2 (Quotient pluviométrique d'Emberger) calculé est de 110.59 indique que la région de Mila appartient à l'étage climatique sub-humide à hiver chaud.

PARTIE EXPERIMENTALE



Chapitre I

Matériel et méthodes



L'objectif de notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mila, pour mettre en place des mécanismes de surveillance et parer à d'éventuelles changements.

Cette étude a été réalisée par des analyses effectuées au niveau du laboratoire des eaux de source de la wilaya de Mila (ADE) ainsi que le laboratoire du centre universitaire de Mila durant une période de huit mois.

1. La description des stations de prélèvement

Les eaux de source de Mila ne jouent pas un grand rôle car leur débit est trop faible et les risques de leurs pollutions sont trop grands. On dénombre au niveau de la wilaya 415 sources recensées avec un débit mobilisé de 11.633.315m³/an (**Tab.01**) (**Soukehal et cherrad, 2011**).

Tableau01 : Nombre et qualité mobilisée des eaux de source de la wilaya de Mila (Hydraulique Mila, 2019)

Commune	Source	
	Nombre de source	Débit (l/s)
Mila	11	5.9
Grarem	2	3.47
Hamala	8	12.3
Azaba	1	2

- **Station 01 :** La source d'Ain Gamra qui alimente Hamala, Cheghlibi Makhlouf et Grarem qui coule de la montagne de M'sid Aicha jusqu'au moment a été capté par les français en 1891 (Fig. 07) (Fig. 08) (Mairie Hamala, 2019).



Figure 07 : Localisation d'Ain Gamra (Google Earth, 2019).

Figure 08 : Ain Gamra (Cliché personnel, 2019).

- **Station 02 :** La source d'Ain Sedra se situe au Nord-est de ville de Grarem limitrophe d'un récent lotissement, elle date de la période colonial. Les colons l'utilisaient pour l'irrigation des jardins. Actuellement elle est utilisée comme une eau potable par les riverains (Fig. 09) (Fig. 10) (Mairie Grarem, 2019).

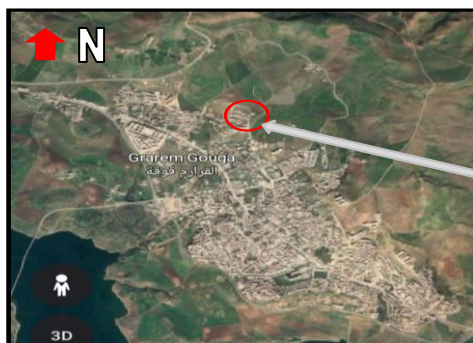


Figure 09 : Localisation d'Ain sedra (Google Earth, 2019).

Figure 10 : Ain sedra (Cliché personnel, 2019).

- **Station 03 :** Cette source d'Ain Keskas est située au Nord de Mila dans les alentours de Marachou, datant d'avant l'ère coloniale. Actuellement elle est utilisée comme une eau potable par la population environnante (**Fig.11**) (**Fig.12**) (**Mairie Mila, 2019**).



Figure 11 : Localisation d'Ain Keskas (Google Earth) 2019).



Figure 12 : Ain Keskas (Cliché personnel, 2019).

- **Station04 :** La source d'Ain village se situe à la sortie Est de Mila au village de Azzaba, datant de 1988, son origine provient de la montagne d'Ain Tine. Maintenant la population utilise cette source pour leurs besoins (**Fig.13**) (**Fig.14**) (**Mairie Azzaba, 2019**).



Figure13 : Localisation d'Ain village (Google Earth, 2019).

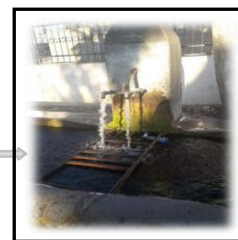


Figure14 : Ain village (Cliché personnel, 2019).

2. Nature et période de prélèvement

Tableau 02: Nature et période de prélèvement.

Nature de prélèvement	Période de prélèvement	Type d'analyse effectuée
Eaux de source	09 décembre 2018	Physico-chimiques et bactériologiques
	27 janvier 2019	
	18 mars 2019	
	05 mai 2019	

3. Prélèvement de l'eau à analyser

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité des préleveurs ;
- Date et heure de prélèvement ;
- Point de prélèvement d'eau ;
- Origine de l'eau : eau de source de la wilaya de Mila (Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Keskas et Ain Village.) (**Rodier, 1996**).

4. Échantillonnage

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des bouteilles en plastique propre, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse au laboratoire de l'ADE de Mila.

Et pour les analyses bactériologiques, les échantillons sont prélevés à l'aide des flacons en verre pyrex munis d'un bouchons à visse métallique, d'une contenance de 250 ml, stériles pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination (**Derwich et al., 2008 ; Merzoug, 2009**).

Pour éviter les risques de contamination, les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (**Rejsek, 2002 ; Merzoug, 2009 ; Rodier et al., 2009**). Rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, le remplissage des flacons se fait à partir du robinet qui sort directement de la source, ensuite le bouchon

est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**Rodier et al., 1996**).

Les récipients ne seront jamais remplis complètement. Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire.

5. Transport des échantillons

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace pour maintenir une température inférieure à 4°C, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire. Avant de commencer les analyses physico-chimiques et bactériologiques qui doivent être commencés au moins 2 heures après avoir pris le prélèvement (**Rodier, 1996**).

6. Les analyses physico-chimiques

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres physiques et chimiques [2].

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherché, ainsi que la possibilité d'effectuer cette analyse.

6.1.La température

La température de l'eau dépend d'une série des facteurs tels que : latitude, la saison, l'insolation, la profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface), la couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur), le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température), l'origine des eaux (les eaux venant de la montagne sont plus froides que les eaux de ruissellement), les rejets industriels, domestiques qui généralement élèvent la température de l'eau (**Angelier, 2000**).

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision (**Rodier et al., 1996**). En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (**De Villers et al., 2005**), dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité

électrique et dans la détermination de pH pour la connaissance de l'origine de l'eau (Leclerc, 1996).

A l'aide d'un thermomètre digital, nous avons procédé un prélèvement de la température au niveau de la source.



Figure 15 : Thermomètre digital (cliché personnel).

6.2. Le pH

Le pH (potentiel d'Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples, dont l'origine de l'eau [3].

➤ Mode opératoire

• Etalonnage de l'appareil

- Allumer le pH mètre (de marque Hach) (Fig.16);
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH=7 ;
- Régler l'agitation à faible vitesse ;
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH=7 ;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à l'affichage du standard ;
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

- **Dosage de l'échantillon**
 - Prendre environ =100ml d'eau à analyser ;
 - Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
 - Tremper l'électrode dans le bêcher ;
 - Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation (**Coulibaly, 2005**).



Figure16: Multi paramètre de marque Hach (cliché personnel).

6.3.La conductivité électrique

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est à dire sa capacité à transporter et à favoriser le passage du courant électrique (**Wilke et Boutiere, 1999 ; Rejsek, 2002**).

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau (**Rodier et al., 1996 ; Rejsek, 2002**). La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs (**De Villers et al., 2005**).

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, et dépend de leur nature et leurs concentrations (**Rejsek, 2002**). Donc, Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**Rodier et al., 1996**).

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmentent avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. Elle s'exprime en siemens par mètre (**Rejsek, 2002**).

6.4. La turbidité (Transparence)

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes,...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur (**Fig.17**) [3].

➤ Mode opératoire

- Les échantillons d'eau prélevés sont placés dans des cuves stériles ;
- Une agitation manuelle est faite pour homogénéiser l'échantillon et éliminer de tous les bulles d'air ;
- Après avoir placé la cuve dans le turbidimètre et choisir le programme de lecture spécifique à la turbidité, le résultat est directement lu sur un écran d'affichage (**Glaude et Robert, 2001**).



Figure 17 : Turbidimètre de marque Hach (**Cliché personnel**).

6.5. Ammonium (NH₄)

➤ Principe

Mesure spectrométrique du composé coloré formé par réaction de l'Ammonium avec les ions Salicylate et Hypochlorite de Sodium qui forme un complexe vert dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'Azote Ammoniacal vers 655nm (**ADE, 2019**).

➤ Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau analysé ;
- Ajouter 4 ml de réactif I (**Annexe 01**) ;

- Ajouter 4 ml de réactif II (**Annexe 01**) et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée ;
- Attendre 1h30 min ;
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH₄⁺ ;
- Effectuer la lecture à 655 nm.

➤ **Expression de résultats**

- Le résultat est lu directement en mg/l (**ADE, 2019**).

6.6. Nitrates (NO₃⁻)

➤ **Principe**

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

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyse ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % ;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C ;
- (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄ laisser reposer 10 min ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre UV-Visible aux 415 nm (**Fig.18**) (**ADE, 2019**).



Figure 18 : Spectrophotomètre de marque Hach (cliché personnel).

➤ **Expression des résultats**

- la teneur Le résultat est lu directement en mg/l d'azote nitrique à une longueur d'onde 415 nm ;
- Pour obtenir en nitrates multiplier le résultat x 4.43 (ADE ,2019).

6.7. Nitrite (NO₂)

➤ **Principe**

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec la N-1-Naphtylène (Annexe 01) diamine Dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543 nm.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte (Annexe 01) ;
- Attendre 10min ;
- Effectuer la lecture à 543nm.

➤ **Expression des résultats**

- Le résultat est lu directement en mg/l sur le Spectrophotomètre UV-Visible (ADE, 2019).

6.8. Phosphates (PO_4^{2-})

- Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ADE, 2019).

➤ **Mode opératoire**

- 40 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml acide ascorbique (Annexe 01) ;
- 2 ml du réactif mixte (Annexe 01) ;
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue ;
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

➤ **Expression des résultats**

- Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l (ADE, 2019).

6.9. Sulfates (SO_4^{2-})

➤ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum. En présence de BaCl_2 .

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante (Annexe 01) ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum (Annexe 01) ;
- Agiter énergiquement pendant 1 min ;
- Passer au spectrophotomètre = 420 nm.

➤ **Expression des résultats**

- Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l (ADE, 2019).

6.10. Fer (Fe^{+2})

➤ **Principe**

Addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage, photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{+3} en Fe^{+2} .

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml ;
- Ajouter 1 ml solution de chlorhydrate d'hydroxylamine (Annexe 01) ;
- Mélanger soigneusement ;
- Ajouter 2 ml tampon acétate (Annexe 01) ;
- Ajouter 2 ml de la solution 1.10 de phénantroline (Annexe 01) et conserve l'obscurité pendant 15 min ;
- Enfin passer au spectrophotomètre et mesurer à la longueur d'onde de 510nm.

➤ **Expression des résultats**

- Le résultat est lu en mg/l (ADE, 2019).

6.11. Chlorure (Cl^-)

➤ **Principe**

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

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec $AgNO_3$ (**Annexe 01**) à 0.02N jusqu'à coloration brun rougeâtre ;
- Soit : V_E le nombre de ml de la solution $AgNO_3$ utilisée pour obtenir le virage d'échantillon;
- Soit: V_0 le nombre de ml de la solution $AgNO_3$ utilisée pour obtenir le virage du blanc.

➤ **Expression des résultats**

- La concentration en chlorure exprimée en mg/l et donnée par la formule (**ADE, 2019**) :

$$[Cl] = \frac{(V_E - V_0) \times 0.02 \times 35453}{100}$$

6.12. Alcalinité (HCO_3^-)

➤ **Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates, carbonate et hydroxydes. Leurs déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

➤ **Mode opératoire**

✓ TA

- Prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de la solution alcoolique de phénolphthaléine (**Annexe 01**) ;
- Développement d'une coloration rose, dans le cas contraire le TA= 0 et $pH < 8.3$;
- Titrer avec l'acide jusqu'à décoloration complète de la solution ;
- Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

✓ TAC

- Prendre l'échantillon traité précédemment ;
- Ajouter 2 gouttes de Méthylorange (**Annexe 01**) ;
- Développement d'une coloration jaune ;
- Titre avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé $pH=4.3$;

- Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés depuis le début du dosage.
- **Expression des résultats**
 - ✓ TA
 - $V/5$ exprime le titre alcali métrique en milliéquivalents par litre ;
 - V exprime le titre alcali métrique en degrés français ;
 - $12 V$ exprime le titre alcali métrique en milligrammes de CO_3^{-2} par litre.
 - ✓ TAC
 - $(V'-0.5)/5$ exprime le titre alcali métrique complet en milliéquivalents par litre ;
 - $V'-05$ exprime le titre alcali métrique complet en degrés français ;
 - $12.2 (V'-0.5)$ exprime le titre alcali métrique en milligrammes de HCO_3^- par litre (ADE, 2019).

6.13. Calcium (Ca^{+2}) et Magnésium (Mg^{+2})

➤ Principe

Le Calcium et le Magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'E.D.T.A a un pH de dosage se fait en présence d'un indicateur coloré. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de Calcium et de Magnésium libres, l'indicateur varie de couleur rouge à la couleur violette, puis d'équivalence avec les ions Calcium et Magnésium combinés la couleur passe du violet au bleu.

➤ Mode opératoire

(V₁) Ca^{+2} :

- prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N ;
- Ajouter du Murex ide ;
- Et titre avec l'E.D.T.A (**Annexe 01**) jusqu'au virage (violet).

(V₂) Ca^{+2} Mg^{+2} :

- prendre 50 ml d'eau à analyse ;
- Ajouter 2 ml de NH_2OH (**Annexe 01**) ;
- Ajouter noir érichrome ;
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage.

➤ **Expression des résultats**

- Les résultats sont lus en mg/l (ADE, 2019).

6.14. Résidus secs

➤ **Principe**

La déamination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer teneur en matières dissoutes et en suspension. C'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu dessèche ensuite pesé.

➤ **Matériel**

- Capsule en porcelaine ;
- Balance analytique ;
- Etuve réglable.

➤ **Mode opératoire**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée l'eau distillée et desséchée ;
- Prélever cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24h ;
- Laisser refroidir pendant 1/4 d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement et rapidement.

➤ **Expression des résultats**

- Les résultats sont lus en mg/l (ADE, 2019).

7. Analyses bactériologiques

La population microbienne qui se trouve dans l'eau peut avoir plusieurs origines ; soit elle est purement aquatique, terrestre (vient du sol, des végétaux au voisinage du cours d'eau ...), ou bien d'origine humaine ou animale (contamination fécale) (Rodier *et al.*, 2009).

Il faut signalé qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Leyral *et al.*, 2002).

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- ✓ Recherche et dénombrement des germes totaux ;
- ✓ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux ;
- ✓ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux ;
- ✓ Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs ;
- ✓ Recherche et dénombrement des germes pathogène (**Rodier et al., 2009**).

7.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37°C (germes totaux à 37°C).

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture. Quel que soit le milieu utilisé, le développement de l'ensemble des bactéries présentes n'est jamais obtenu : certaines espèces demandent des apports nutritifs et des conditions de milieu qui sont défavorables à la prolifération d'autres espèces (**Lebres, 2002**).

- **Définition des germes totaux :**

Microorganismes revivifiables nommés également mésophile aérobies sont toute bactérie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans un milieu spécifié à des températures optimales de croissance (après 24 h à 37 °C et 72 h à 22 °C). Ce dénombrement est souvent considéré comme accessoire par rapport aux autres dénombrements réalisés dans le contrôle bactériologique des eaux. Il est en effet difficile de définir le degré de pureté microbiologique d'une eau sur la base de son contenu en microorganismes revivifiables du fait du nombre important de microorganismes qui peuvent être présents (**Rejsek, 2002**).

- **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser, porter 20 gouttes dans une boîtes de Pétrie vides, numérotées et préparées à cet usage.

Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45 °C ± 1 °C (**Lebres, 2002**). Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes (**Merzoug, 2009**). Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en

forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose (Lebres, 2002), sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Laisser solidifier les boîtes sur la paille. (Fig.19) (Merzoug, 2009).

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Rodier et al., 1996)

✓ **Lecture**

Examiner les boîtes dès que possible après la période d'incubation, sinon les conserver à 4 °C pendant 48 heures au maximum (Rodier et al., 1996). Les germes revivifiables se présentent sous forme des colonies lenticulaires poussant en masse, ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies (Lebres, 2002).

✓ **Interprétation :**

Calculer la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 37 °C ± 2 °C à part, en tenant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

Où :

$$N = \frac{\sum c}{1.1 \times d}$$

$\sum c$: est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule. Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 37 °C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10 (Labres et al., 2008).

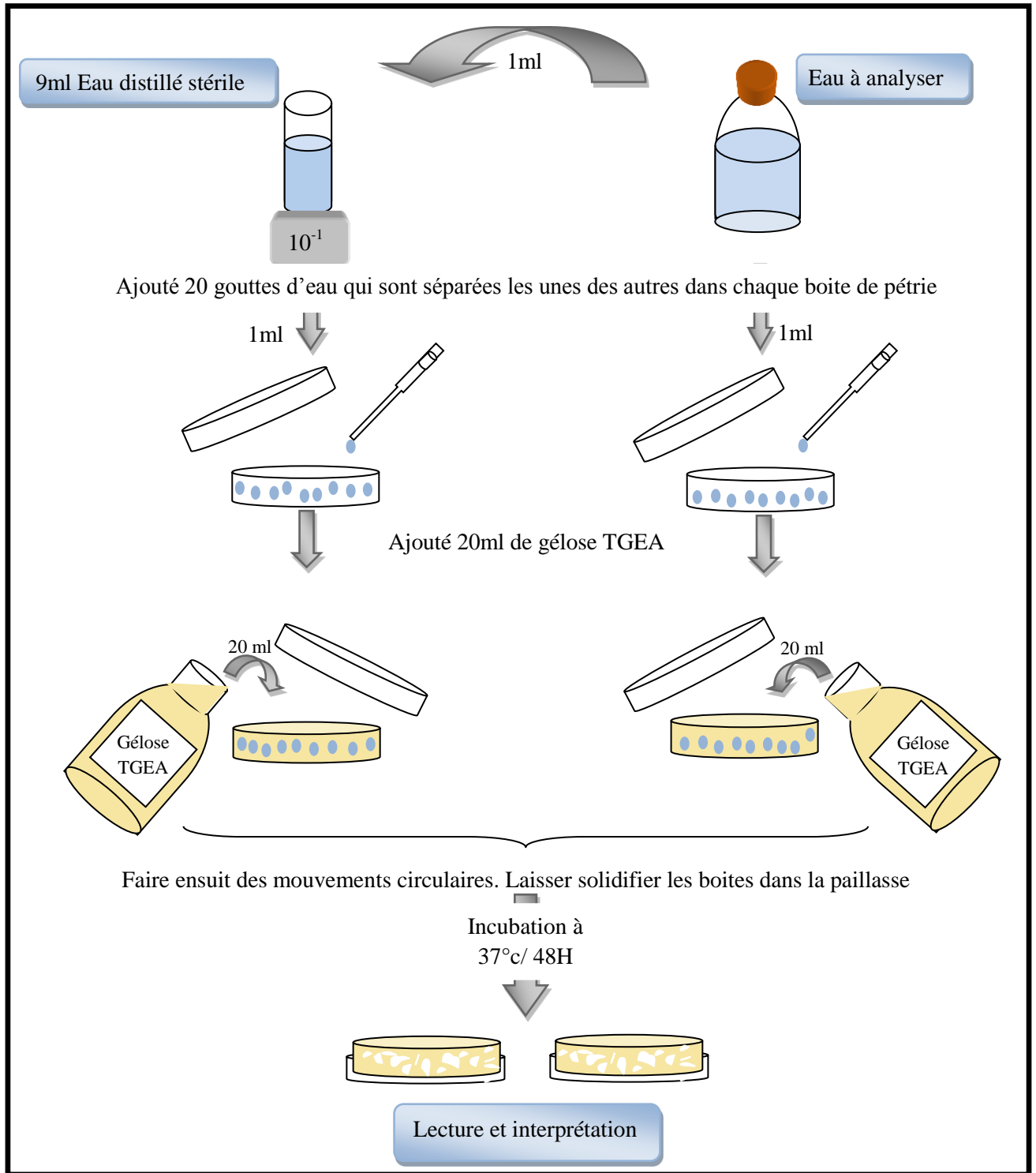


Figure 19: Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C dans les eaux.

7.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide (Méthode de NPP)

- **Définition :**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (**Carbonnelle, 1988 ; Camille, 2003**).

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose et de produire l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température de 44°C ; et qui donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyle. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*) (**Roux, 2003 ; Lebres et al., 2008**).

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 42 °C ± 2 °C (**Labres et al., 2008 ; Denis et al., 2007 ; Bourgeois et Leveau, 1980**). *E. coli* est le seul membre du groupe des coliformes totaux que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux (**Janda et Abbott, 2006 ; Harvey et al., 2007 et Mitchell et Gu, 2010 ;**), à ce titre, il est de plus en plus considéré comme l'organisme indicateur spécifique d'une pollution fécale. Sa détection dans une eau (**Edberg et al., 2000**) indique non seulement une contamination récente par des matières fécales (**Mitchell et Gu, 2010**), mais aussi la présence possible de microorganismes pathogènes d'origine entérique (**Zmirou et al., 1987 ; Edberg et al., 2000**);).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la technique de nombre le plus probable (NPP) (**Annexe 02**) appelée aussi la colimétrie.

Le principe de cette méthode se divise en deux étapes:

➤ **Mode opératoire**

✓ **Test présomptif**

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques (**Rejsek, 2002**).

- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette gradué et la porte dans le premier tube de la série contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1}
- Prélever 1ml de la dilution 10^{-1} précédente et l'ajouter à un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} ;
- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} et continué jusqu'à 10^{-5} ;
- Refaire la technique pour deux autres tubes de BCPL afin d'obtenir 5 tubes de BCPL, et refaire pour deux autres séries (**Fig.20**) (**Délaras, 2008**).

✓ **Lecture**

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10ème 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) (**Labres et al., 2008**).

On retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs (**Bourgeois et al., 1980**).

Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady au nombre de bactéries présentes (NPP) (**Annexe 02**) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le calcul de concentration cellulaire dans la suspension initiale se fait en tenant compte les dilutions effectuées (**Bourgeois, 1980 ; Leclerc, 1983**).

✓ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence *d'Escherichia coli* (Merzoug, 2009).

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu(x) de confirmation (Rodier *et al.*, 2009). Comme milieu de confirmation, on a utilisé: le milieu eau peptone exempte d'indole. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 heures (Fig.20) (Labres *et al.*, 2008).

✓ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

- 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 (Fig.20) (Rejsek, 2002).

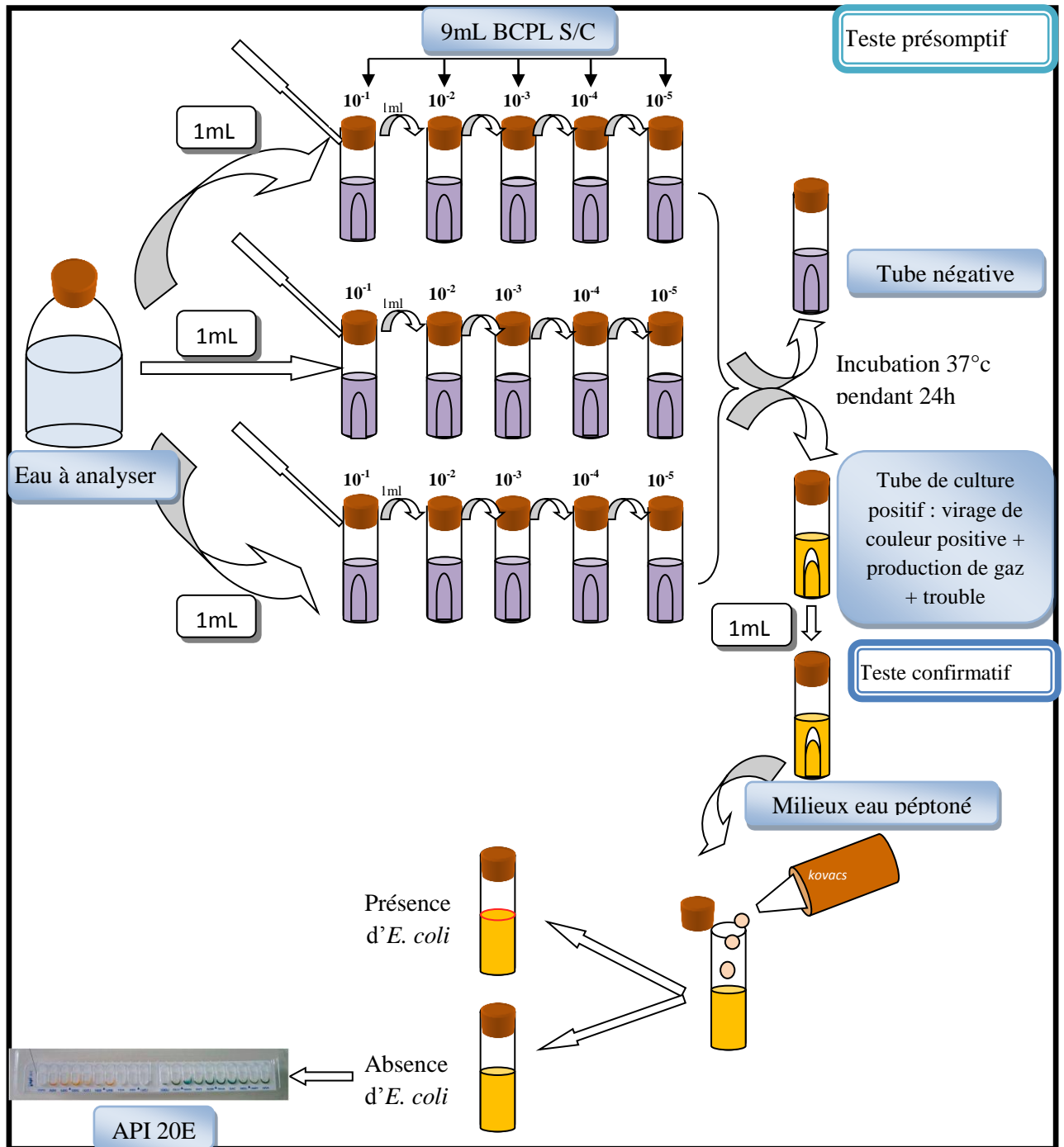


Figure20: Protocol de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*E. coli* dans les eaux (**Méthode de NPP**).

7.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (*Enterococcus*)

- **Définition :**

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes (Lebres, 2002 ; Hidouci, 2009), ne possédant pas de catalase, immobile, anaérobie facultative, non sporulant (Gillespie et Hawkey, 2006 ; Harvey *et al.*, 2007 ;Engelkirk, 2008). Mais possédant l'antigène du groupe D (Lebres, 2002 ; Hidouci, 2009). Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies-aérotolérants (Denis *et al.*, 2007).

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe D dans les eaux se fait aussi par la technique du NPP qui se fait en deux étapes consécutives.

➤ **Mode opératoire**

Se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche présomptive des streptocoques ;
- Le test confirmatif : Réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

✓ **Test présomptif**

- A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation ; porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Roth S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} ;
- Prélever 1ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le seconde tube Roth pour avoir la dilution 10^{-2} ;
- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9ml de milieu Roth S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} ;
- Refaire la technique 5 fois pour avoir 5 tubes de Roth, et 2 autres séries ;
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (Fig.21) (Rejsek, 2002 ; Délarras, 2008).

✓ Lecture

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble dû à une croissance microbienne. Ces tubes doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but de confirmation des streptocoques du groupe D (**Lebres *et al.*, 2008**).

✓ Test confirmatif

Les tubes de Roth trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette Pasteur ou une onse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C ; pendant 24 heures (**Lebres *et al.*, 2008**).

✓ Lecture

Sur le milieu de Eva Litsky, la présence de streptocoque du groupe D se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet (**Fig.21**). La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady (**Rejsek, 2002**).

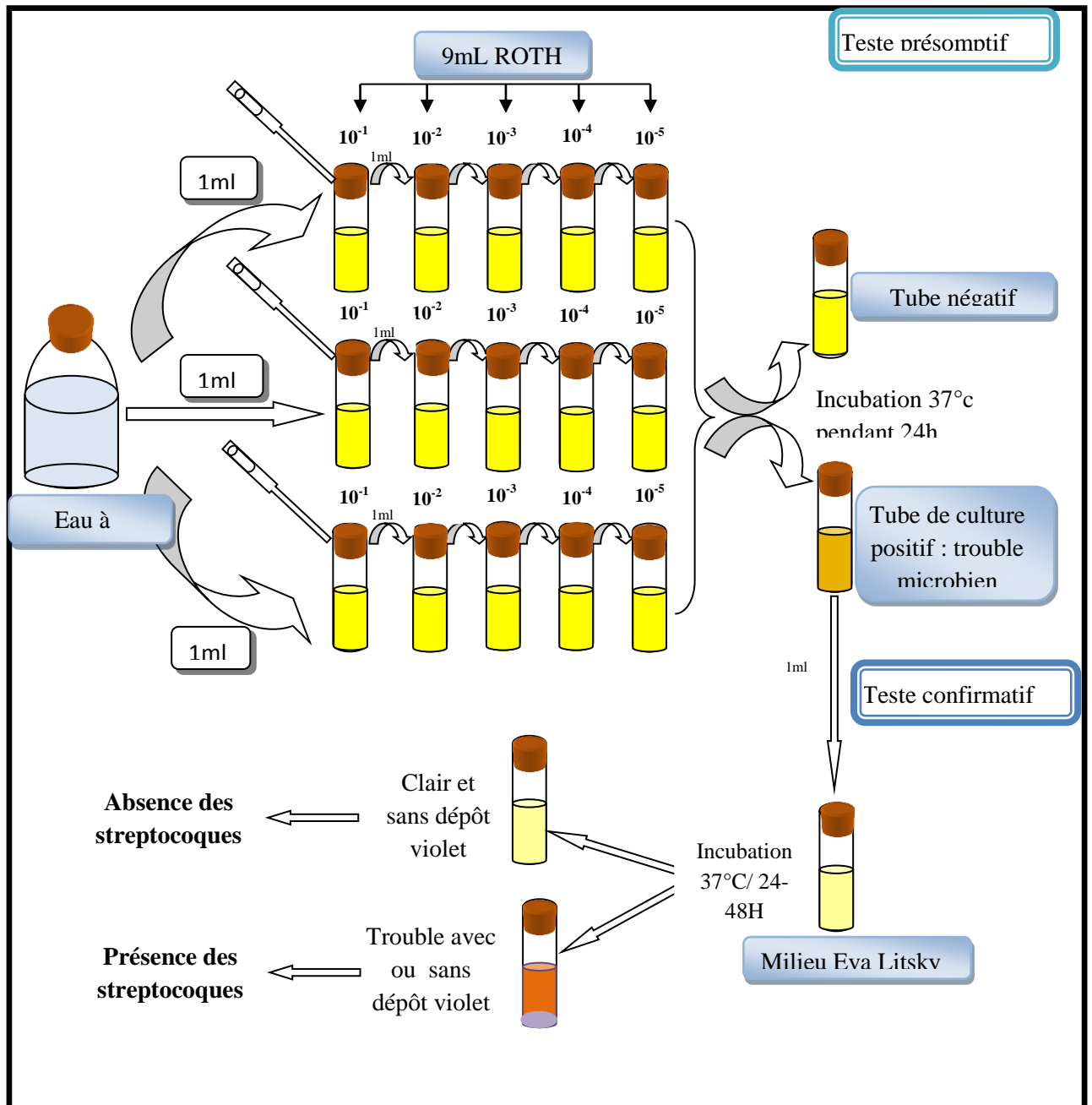


Figure 21: Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux (Méthode de NPP).

7.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices ASR (*Clostridium*)

- **Définition :**

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif (Lebres, 2002), ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement (Ferron, 1984) ; se développent à une température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ en 24 à 48

heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire (**Pechère *et al.*, 1982 ; Lebres, 2002**).

Les *Clostridium* produisent des endospores ovales ou sphériques qui peuvent déformer la bactérie. Ce sont des bactéries anaérobies strictes, dont la tolérance vis-à-vis de l'oxygène varie selon les espèces, quelques espèces peuvent (sans sporuler) pousser en présence d'oxygène. Les *Clostridium* sont usuellement dépourvus de catalase. Ils produisent habituellement des acides organiques et des alcools à partir des hydrates de carbone et des peptones (**Avril *et al.*, 1992**).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (**Rodier *et al.*, 2009**).

➤ **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser, transférer environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage à 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 (VF), fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, (**Lebres *et al.*, 2008**), additionnée 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer (**Rodier *et al.*, 2009**) ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 24 à 48 heures (**Fig.21**) (**Lebres *et al.*, 2008**).

✓ **Lecture et interprétation**

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir.

Il est indispensable de procéder à une lecture après 24 heures : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible après 48 heures. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes (**Rodier *et al.*, 2012**).

Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (**Lebres *et al.*, 2008**).

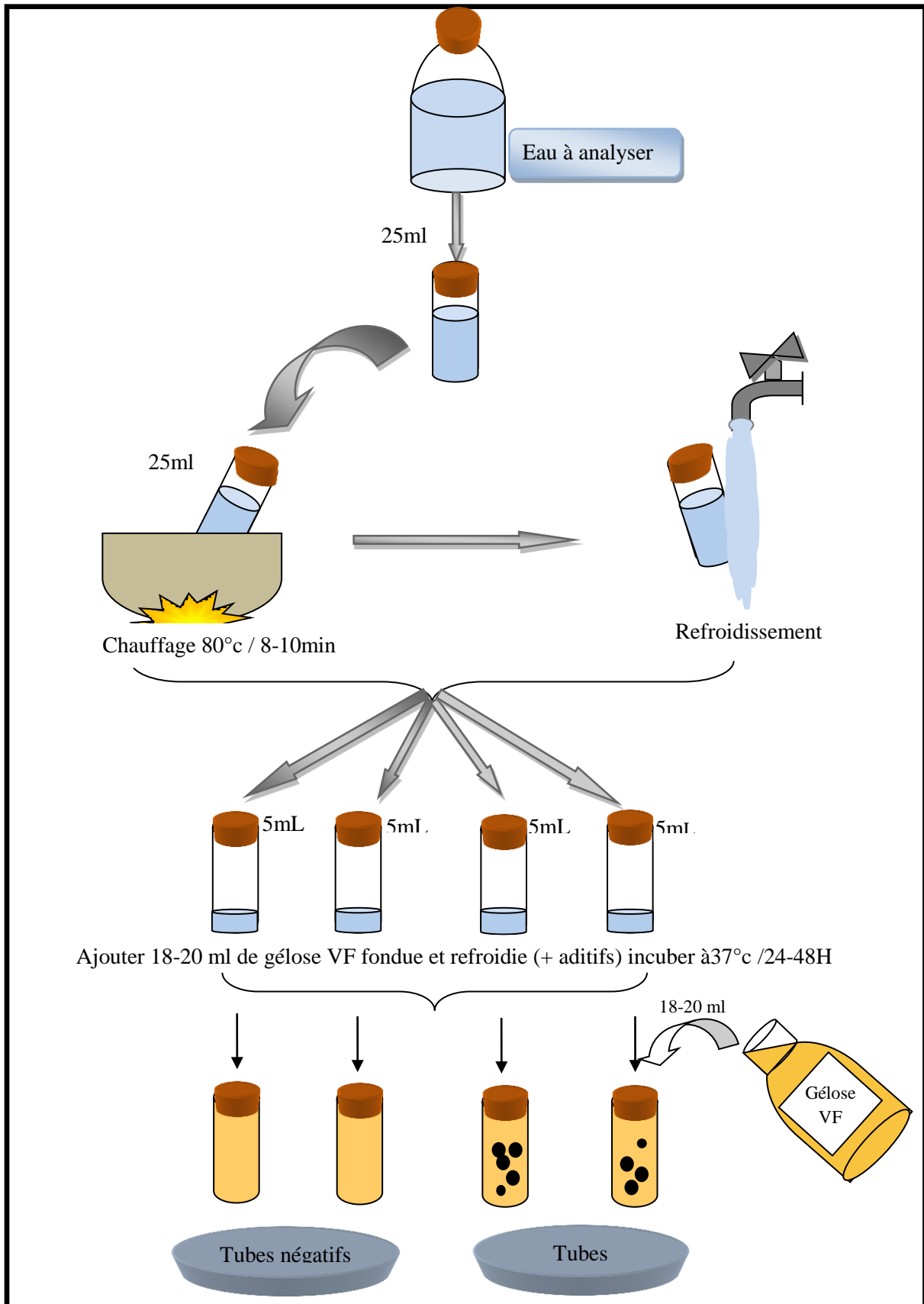


Figure 22 : Protocole de la recherche et du dénombrement des *Clostridium*s Sulfite-réducteurs.

7.5. Recherche des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (**Carbonnelle, 1988**).

Le travail d'ensemencement des microorganismes se pratique sur une paillasse conforme à la réglementation autour de la flamme d'un bec Bunsen. (**Delarras., 2007**). L'ensemencement par stries sur boîtes de Pétrie est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface (méthode des quadrants) (**Aouissi, 2008**). Un isolement est effectué à l'aide d'une anse de platine, une pipette Pasteur ou d'un ensemencement à usage unique stérile (**Denis *et al.*, 2007**).

7.5.1. Recherche des staphylocoques

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, possédant l'enzyme catalase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 36 ± 2 °C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol qui contient un inhibiteur fortes concentrations en chlorure de sodium (**Pechère *et al.*, 1982 ; Carbonnelle, 1988 ; Lebres *et al.*, 2008**).

✓ Culture

On prépare les boîtes Pétrie avec le milieu Chapman (**Rodier, 1996**). A partir de l'eau à analyser, on porte aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétrie qu'on étale à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Fig.23**) (**Ait Kaci *et al.*, 2008**).

✓ Identification

Après la période d'incubation les staphylocoque apparaissent sous forme des petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc (**Ait Kaci et al., 2008 ; Rodier, 2009**).

L'identification des staphylocoques nécessite la mise en œuvre des réactions spéciales au genre :

- coloration de Gram ;
- Test à la catalase ;
- Les API 20 staph.

7.5.2. Recherche de *Shigella*

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (**Beriche et al., 1988**) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches d'*E. coli* (**Pechère et al., 1982 ; Carbonnelle, 1988**).

✓ Culture

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml (2 goutte) et l'on étale à la surface de Gélose Mac Conkey, Gélose *Salmonella Shigella* (Gélose SS), et/ou Gélose Hectoën, par la méthode des quadrants, puis les incubent à 36 ± 2 °C pendant 18 à 24 h (**Beriche et al., 1988**).

✓ Identification

Après un examen macroscopique et microscopique des colonies suspectes ; on fait une galerie biochimique pour l'identification de *shigella*.

7.5.3. Recherche de *Salmonella*

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs (BGN) (Lebres, 2002), anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S (Pechère *et al.*, 1982; Carbonnelle *et al.*, 1988 ; Lebres., 2002 ;Labres *et al.*, 2008).

✓ Culture

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) et l'on étale à la surface de Gélose Hectoèn, SS et Mac Conkey, par la méthode des quadrants, puis les incubent à 36± 2 °C pendant 18 à 24 h (Lebres, 2002).

Tableau03: La couleur des colonies isolées à partir des géloses SS et Hektoen (Rodier *et al.*, 2009).

Gélose	La couleur des colonies	Espèces
Gélose SS	Rouges	<i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella</i> , et autres coliformes tels <i>E. coli</i>
	Incolores, centre noir	<i>Salmonella</i> à H ₂ S ⁺ , <i>Proteusvulgaris</i> et <i>mirabilis</i>
	Incolores transparentes	<i>Salmonella</i> à H ₂ S ⁻ , <i>Shigella</i> , <i>Serratia</i> , <i>E. hafniae</i> , <i>Alkalescens</i> , <i>Proteusmorganii</i> ;
	Colonies à centre orangé	<i>Proteusrettgeri</i> , <i>Providencia</i>
	Rouges, centre noir	<i>Citrobacterfreundii</i> , <i>Arizona</i> .
Gélose Hektoèn	Jaune saumon	<i>E. coli</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Serratia</i> , <i>Arizona</i>
	Jaune saumon, centre noir	<i>Citrobacterfreundii</i> , <i>Proteusvulgaris</i>
	Bleues ou vertes, centre noir	<i>Proteus mirabilis</i> , <i>Salmonella</i>
	Bleuâtres ou vertes	<i>Shigella</i> , <i>Providencia</i> , <i>Proteusmorganii</i> , <i>Proteusrettgeri</i> , <i>Salmonella</i> à H ₂ S ⁻ .

✓ Identification

- Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Ensemencement : ou d'une galerie biochimique API 20E (**Fig.27**) (**Lebres, 2002**).

7.5.4. Recherche de *Vibrio cholérique*

Les *Vibrio* sont des bacilles à Gram négatif, droits ou incurvés, assez court, d'un diamètre compris entre 0,5 et 0,8 µm et une longueur comprise entre 1,4 et 2,6 µm (**Cohen et Karib, 2007**), très mobiles grâce à une ciliature polaire, le plus souvent mono-triche (**Oliver et Japer, 1997; Nauciel et Vildé, 2005 ; Denis et al., 2007 ; Harvey et al., 2007**). Ils sont aéro-anaérobies facultatifs.

✓ Identification morphologique et biochimique

Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, au bord réguliers, surface lisse brillantes, translucides des sous forme de goutte de rosée. Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais et coloration de Gram ;
- Oxydase (+) ;
- Ensemencement d'une galerie biochimique API 20 NE (**Patrick et al., 2009**).

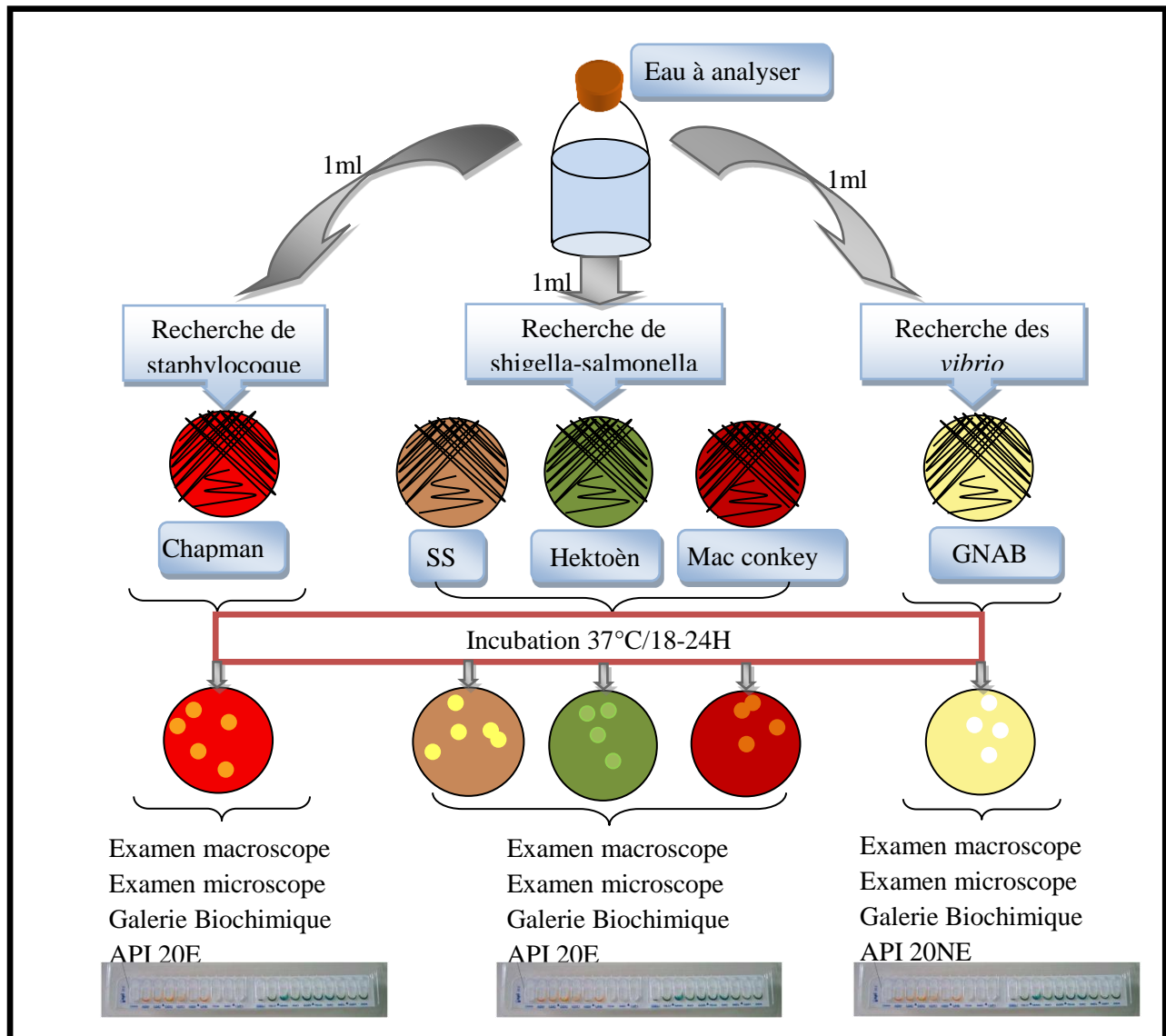


Figure 23: Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux.

8. L'identification

8.1. Examen macroscopique des caractères cultureux

Pour l'examen macroscopique des bactéries, les souches doivent être cultivées sur un milieu gélosé solide en boîte de Pétrie. L'aspect des colonies dépend du milieu, de la durée et la température d'incubation (**Dellaras, 2007**). Il ne pourra être décrit convenablement qu'à partir des colonies bien isolées. La description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- ❖ La taille : punctiforme, petite colonie, moyenne et grosse colonie ;
- ❖ La forme : bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé ;

- ❖ L'aspect de la surface : lisse, rugueux ;
- ❖ L'opacité : opaque, translucide, transparent ;
- ❖ Pigmentation : blanche, gris ;
- ❖ Les reliefs : aplaties, surface, bombée, centre ;
- ❖ Consistance ; crémeuse, muqueuse (**Rouaiguia, 2010**).

8.2. Examen microscopique

➤ Coloration de Gram

L'examen microscopique après une coloration de Gram nécessite au départ une préparation d'un frottis, une colonie bien isolée d'une culture en milieu solide sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile et fixé par la chaleur sur une lame.

L'observation se fait à l'objectif $\times 100$. Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères : leur forme (bacille, cocci,...etc.) et leur affinité pour les colorants, en Gram positif et Gram négatif .Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à :

- Fixer le frottis par la chaleur ;
- Recouvrir le frottis de la solution de violet Gentiane. Laisser agir 1 minute ;
- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1.30 minute ;
- Rejeter le Lugol. Rincer à l'eau courante ;
- Décolorer à l'alcool 95° pendant 10 secondes ;
- Rincer à l'eau courante ;
- Recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. laisser agir pendant 30 secondes à 1 minute ;
- Rincer abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres ;
- Utilisation l'huile à immersion pour l'observation microscopique (**Fig.24**) (**Crossissement X100**) (**Degrémont, 2005**).

✓ Lecture

Après ce traitement, les bactéries à Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries à Gram négatif sont colorées en rose (**Fig.24**) (**Carbonnelle, 1988 ; Prescott et al., 2003 ; Mamadou, 2005 ; Boukrouma, 2008**).

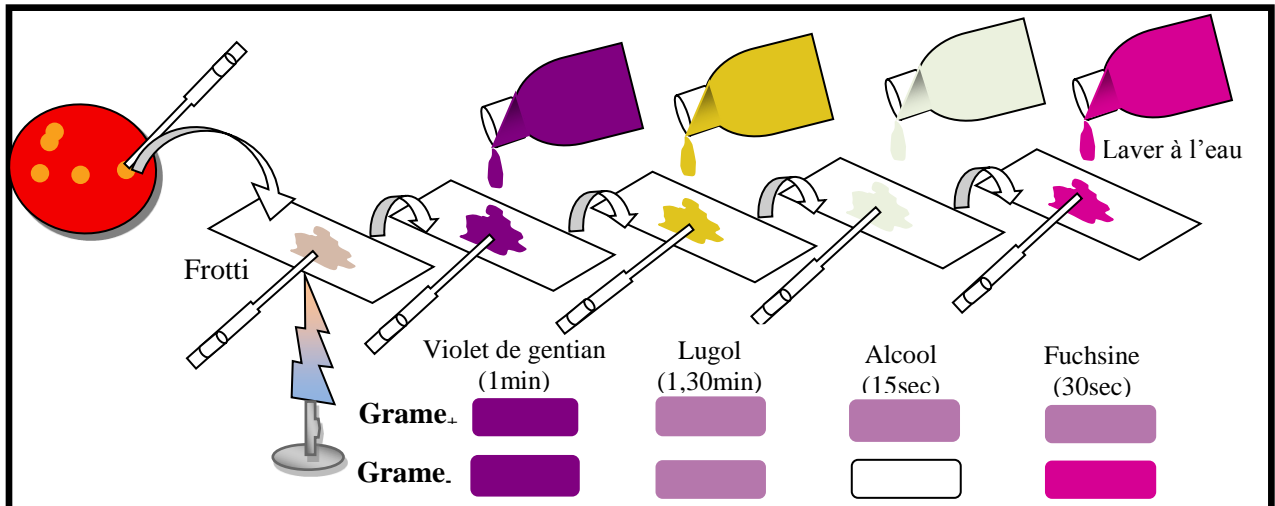


Figure 24: Procédure de la coloration de Gram.

8.3. Examens liés aux caractères biochimiques et enzymatiques

8.3.1. Caractères enzymatiques

➤ Test de catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. Elle décompose l'eau oxygénée formée en eau et en oxygène qui se dégage (**Dellaras, 2007**).

La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée à 10 volumes. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme (**Fig.25**) (**Carbannelle et al., 1988**).

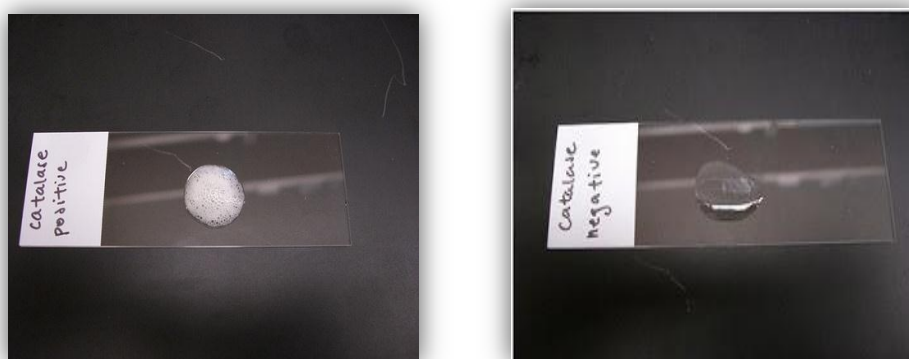


Figure 25 : Test catalase (cliché personnel).

➤ **Test d'oxydase**

Les bactéries possédant une chaîne respiratoire complète sont dotées d'un cytochrome oxydase (Denis *et al.*, 2007).

La recherche s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. On pose le disque sur une lame, on l'imbibe avec une goutte d'eau distillée et étaler une colonie sur le disque. La présence d'une oxydase se traduit par l'apparition d'une coloration violette (Fig.26) (Carbonnelle *et al.*, 1988).

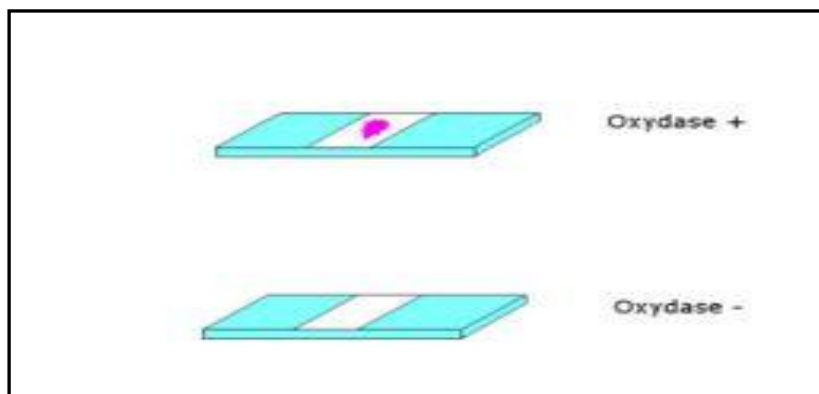


Figure 26 : Test oxydase [4].

8.3.2. Caractères biochimiques

➤ **La galerie API 20 E**

API 20 E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif, comprenant 20 tests biochimiques miniaturisés, ainsi qu'une base de données (Fig.27).

➤ **Principe**

La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs (Merzoug, 2009).

➤ **Mode opératoire**

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide ;
- Remplir tubes et cupules des tests : CIT |, VP |, GEL |, avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests ;
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine ;
- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37 °C pendant 18-24 heures.
- Il est important de veiller à ne pas créer de bulles lors de l'inoculation qui pourraient fausser le résultat.

✓ **Lecture**

- Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées et révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs ;
 - Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive ;
 - Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive ;
 - Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kowacs. Un anneau rouge obtenu en 2minutes indique une réaction positive (**Aouissi et al., 2007 ; Merzoug, 2009 ; Rouaiguia, 2010**).
- La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20.

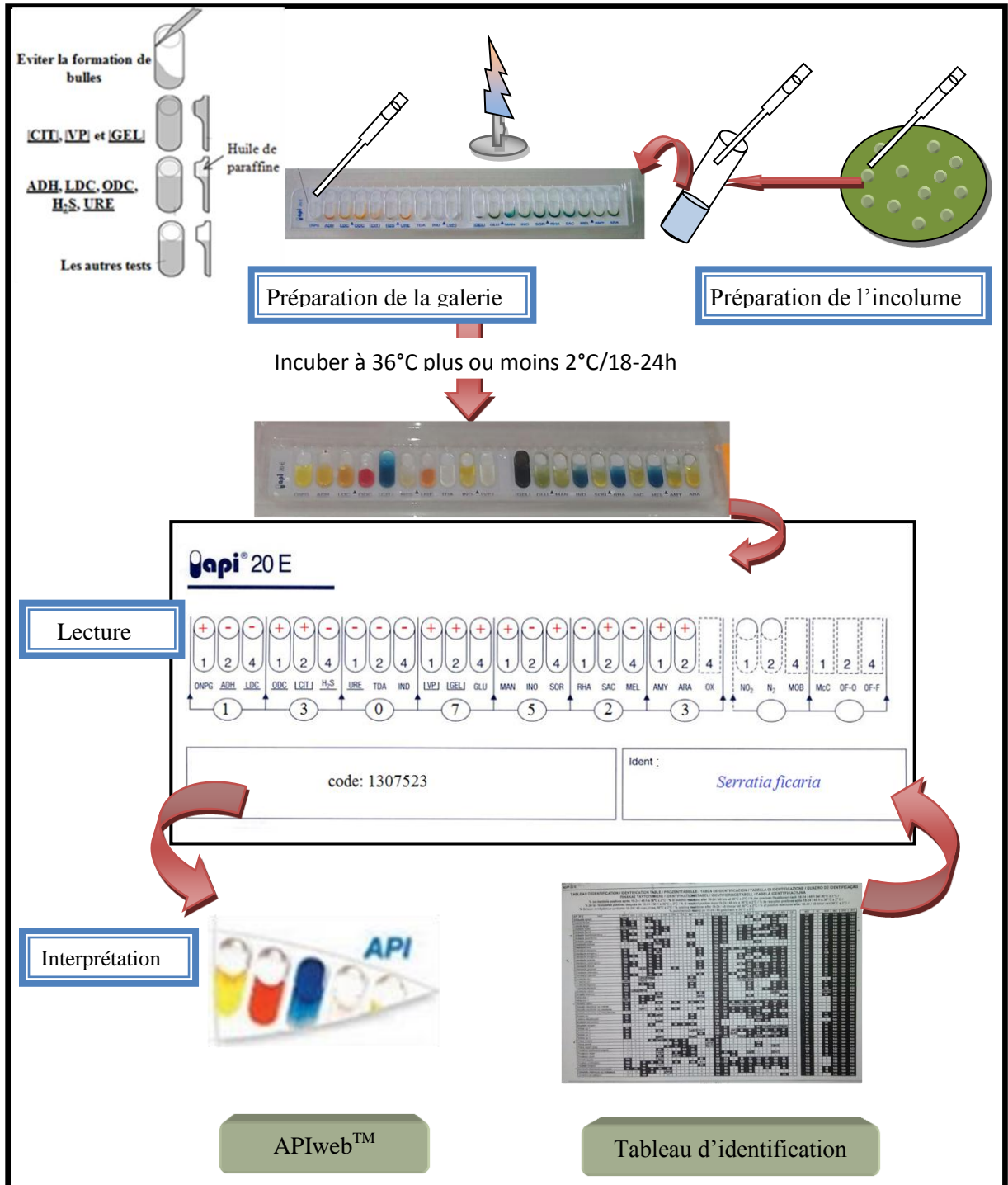


Figure 27 : Présentation de la galerie API 20E.

Chapitre II

Résultats et discussion



1.1. La température

La température de l'eau joue un rôle important pour altérer ou accélérer les vitesses des réactions chimiques et biochimiques, aussi une température élevée favorise la croissance des microorganismes, elle peut aussi accentuer le goût, l'odeur et aggraver les problèmes de corrosion (OMS, 1994).

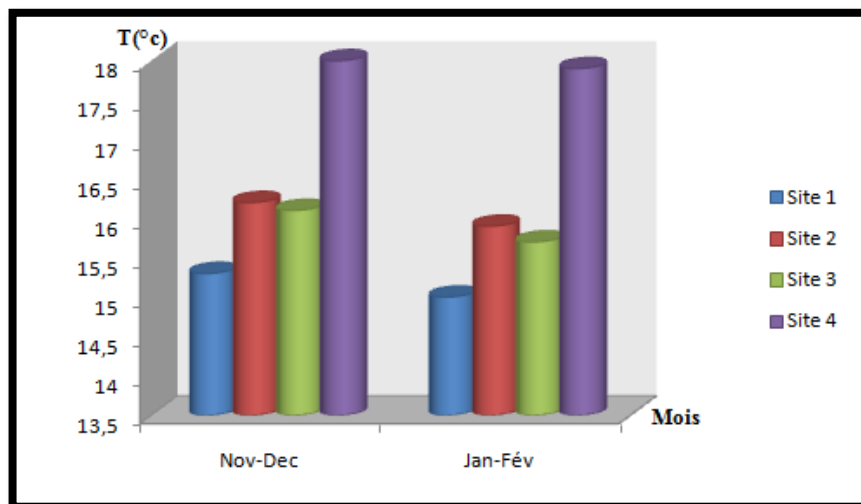


Figure 28: Variation de la température des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

La température des eaux variées selon plusieurs facteurs, elle dépend essentiellement de la saison, et l'heure de prélèvement.

Les résultats obtenus (**Fig.28**) montrent une grande variation de température, la valeur maximale (18°C) a été enregistrée au niveau de sources 04, pendant le premier prélèvement (Nov-Dec), et la valeur minimale (15°C) a été marquée dans la source 01 au deuxième prélèvement (Jan-Fév).

Selon le tableau (**Tab 04**) d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (**Monod, 1989**); notre eau est de qualité normale (< 20 °C).

Tableau 04 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Monod, 1989 ; Merzoug, 2009).

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C – 22 °C	Bonne
22 °C – 25 °C	Moyenne
25 °C – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

1.2. Le pH :

Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques (Jessries *et al.*, 1998 ; Benlatrech et Benslimen, 2002).

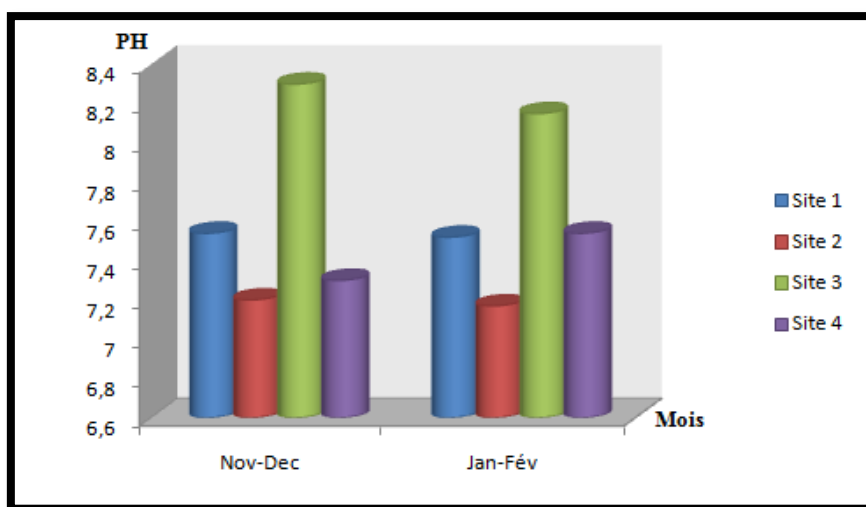


Figure29: Variation du pH des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Selon le résultat obtenu les valeurs de pH oscillent entre 7.17 (Jan-Fév) dans la source 02 et 8.30 (Nov-Dec) dans la source 03 (Fig.29), donc la qualité de l'eau est neutralité rapproché dans tous les prélèvements (Tab.05). Ce paramètre est fortement influencé sur le changement des composants de l'eau et les activités biologiques.

Tableau 05 : Grille d’estimation de la qualité de l’eau selon le pH (Benslimen, 2002).

Ph	Qualité de l’eau
pH<5	Acidité forte
Ph=7	Neutralité (eau pure)
7<Ph<8	Neutralité rapproché (eau de surface)
5.5<pH>8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité, évaporation intense

1.3. La turbidité et les résidus secs

La turbidité est un paramètre important à suivre lors de la production de l’eau destinée à la consommation humaine car il rend compte de la bonne efficacité des étapes de clarification et de filtration. (Khelili et Lazali, 2015).

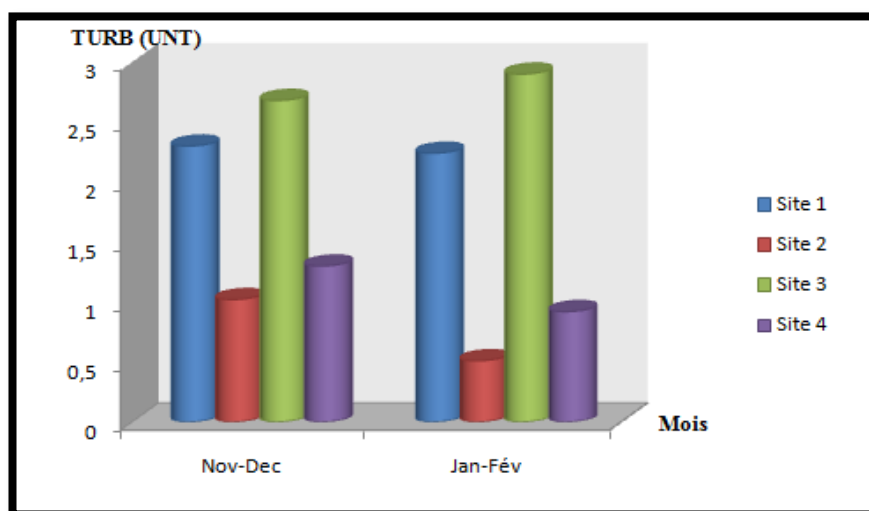


Figure30: Variation de la turbidité dans les eaux des sites d’étude (Nov2018-Fév2019).

D’après les résultats obtenus (Fig.30) notre eau est de bonne qualité par rapport à la norme (<5) (Tab.06) dans les 4 sites et durant les 2 prélèvements, dont les valeurs se situe entre 2.90 NTU à Ain Keskas et 0.51 NTU à Ain Sedra.

Tableau 06 : Classes des eaux selon la turbidité usuelles (NTU, néphélométrie turbidité unit) (Rodier *et al.*, 2005).

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

La détermination des résidus secs dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau. Et ces matières jouent un rôle dans la formation de tartre (Khelili et Lazali, 2015).

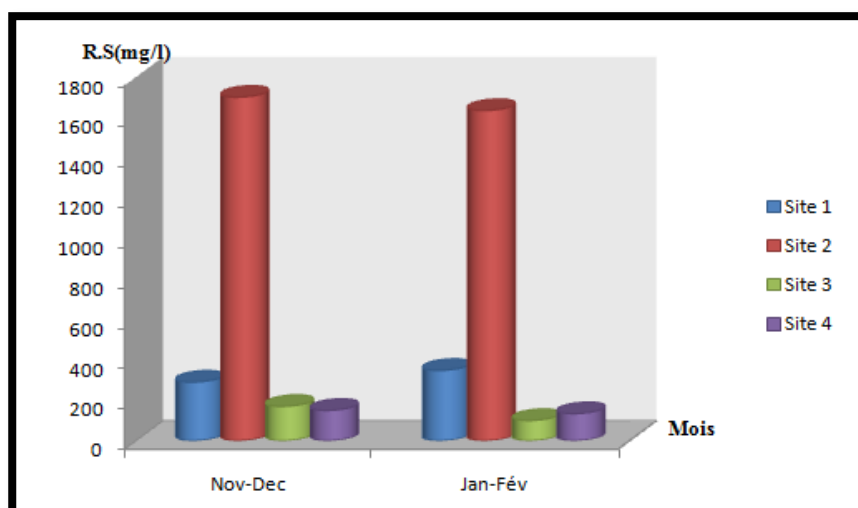


Figure 31: Variation des R.S dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Selon les résultats obtenus (**Fig.31**) les valeurs des résidus secs montrent que notre eau est de qualité normale par rapport à la norme (**Tab.08**) à Ain Gamra, Ain Keskas et Ain village. En revanche Ain Sedra (site02) est supérieur à 1500 pendant les 2 prélèvements (1700 mg/l et 1634 mg/l).

L'existence des résidus secs conduit inévitablement à l'enregistrement de turbidité même s'ils sont dans quelques pourcentages.

1.4. La conductivité électrique, Magnésium, Calcium et chlorure

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais trais approximativement la minéralisation globale de l'eau (Khelili et Lazali, 2015).

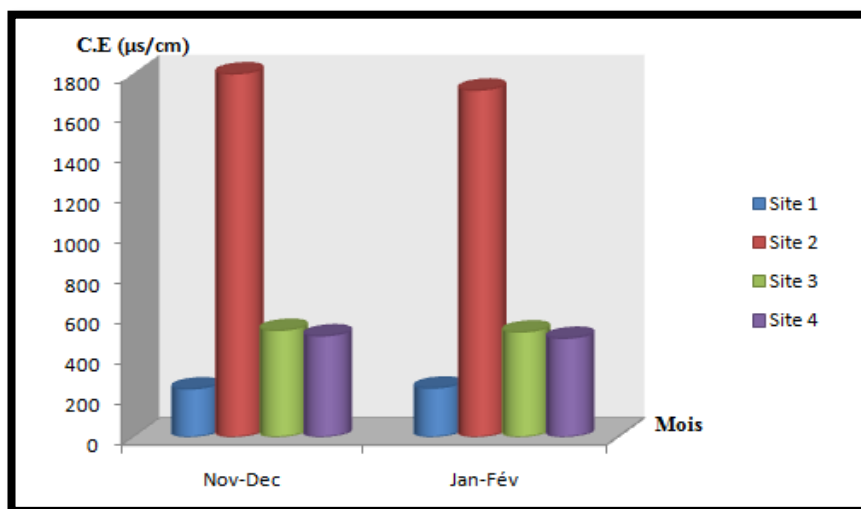


Figure 32: Variation de la conductivité électrique des eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Les valeurs de la conductivité électrique obtenues (Fig.32) sont tous dans les normes (<2800 US/Cm) (selon la norme Algérienne) dans laquelle la valeur maximale au site 2 est 1800 US/Cm et la valeur minimale au site 1 est 238 US/Cm, on résulte que ces eaux ont une qualité médiocre (Tab.07).

Tableau 07 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique. (Merzoug, 2009)

Conductivité électrique (µs/cm)	Qualité des eaux
CE < 400	Bonne
400 < CE < 750	Bonne
750 < CE < 1500	Passable
1500 < CE < 3000	Médiocre

La consommation d'une eau riche en magnésium permet de traiter les trouble du transit intestinal (exemple : constipation), de diminuer l'anxiété et le stress mais également de lutter contre la fatigue (Sahraoui, 2015).

Les eaux minérales calciques constituent aujourd'hui la seconde source importante de calcium. L'absorption du calcium des eaux minérales est équivalente d calcium des produits laitiers (Khelili et Lazali, 2015).

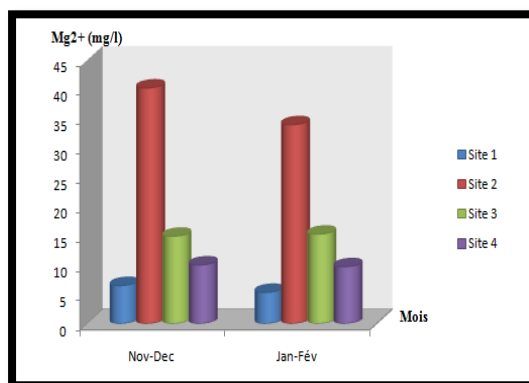


Figure 33: Variation de Mg²⁺ (Nov2018-Fév2019).

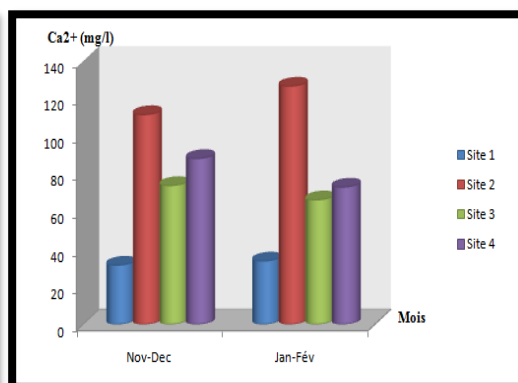


Figure 34: Variation de Ca²⁺ (Nov2018-Fév2019).

D'après les résultats obtenues de Mg²⁺ (Fig.33) et Ca²⁺ (Fig.34) les valeurs varient entre 5.34 mg/l et 34.02 mg/l chez le Mg²⁺ et entre 31.42 mg/l et 126.652 mg/l chez le Ca²⁺, ces dernières sont conforme à la norme (Tab.08), donc l'eau est de bonne qualité.

Les teneurs en chlorures (Cl⁻) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé (Makhoukh, 2011).

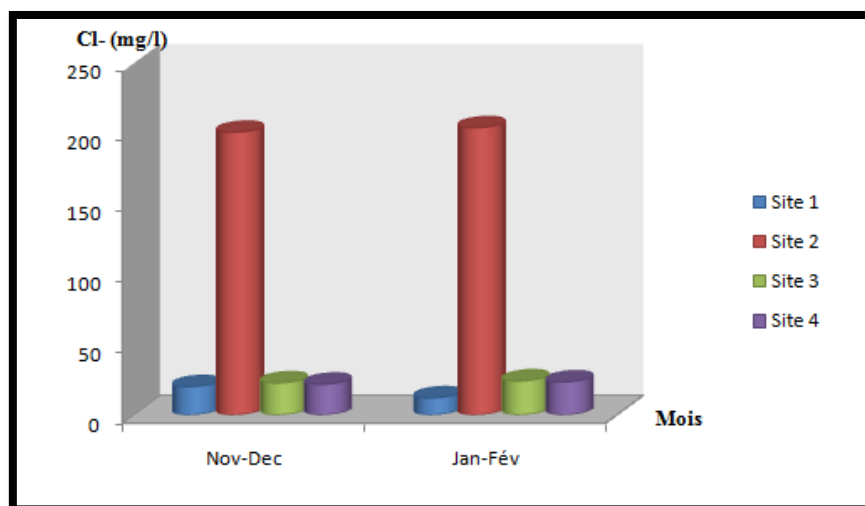


Figure35: Variation de Cl^- dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019)

Les résultats des analyses effectuées de chlorure (**Fig.35**) sont confinées entre 12.05 mg/l et 204.209 mg/l au niveau des 4 sites et pendant les 2 prélèvements, ces résultats sont tous inférieurs à 500 mg/l (selon la norme Algérienne) (**Tab.08**) donc ces eaux ont une qualité acceptable.

Donc on peut conclure que la conductivité électrique des eaux dépend de la nature des ions (Mg^{+2} , Ca^{+2} et Cl^-) et leurs concentrations.

1.5. Nitrate, Nitrite, Ammonium et Phosphate

Les nitrates sont des composés d'azote et d'oxygène et sont indispensables au développement des végétaux mais peuvent être toxiques pour l'homme. La plupart des eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses faibles de quelques mg/l. Cependant, de nombreuses eaux souterraines et de surface ont une concentration élevée en nitrate du fait de l'enrichissement des sols par les engrais ou par les rejets des eaux usées domestiques ou industrielles (**Rousseau et al., 2004**).

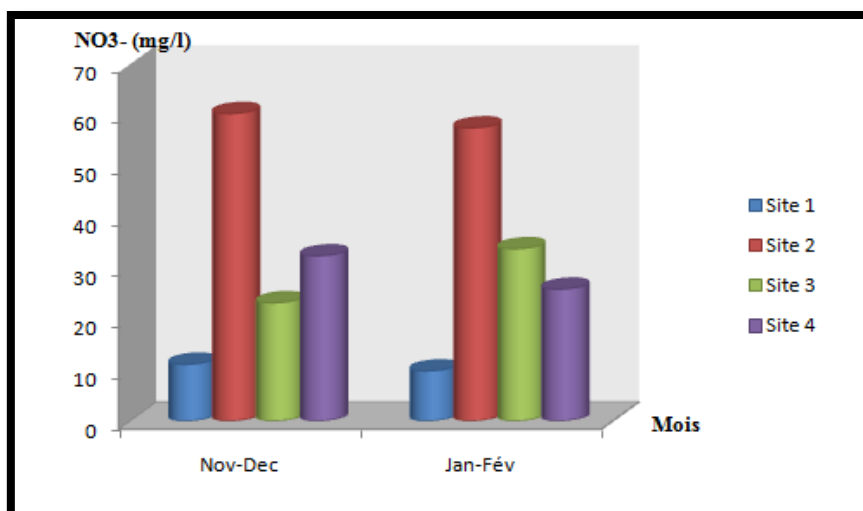


Figure 36: Variation de NO₃⁻ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Les valeurs de NO₃⁻ dans les sites 1, 3 et 4 (**Fig.36**) sont variées entre 9.82 mg/l et 33.8 mg/l qui sont toujours dans les normes (<50) (**Tab.08**), par contre la source 2 est de mauvaise qualité à une valeur de 60.34 mg/l pour le premier prélèvement et 57.52 mg/l pour le deuxième prélèvement.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (**Rousseau et al., 2004**).

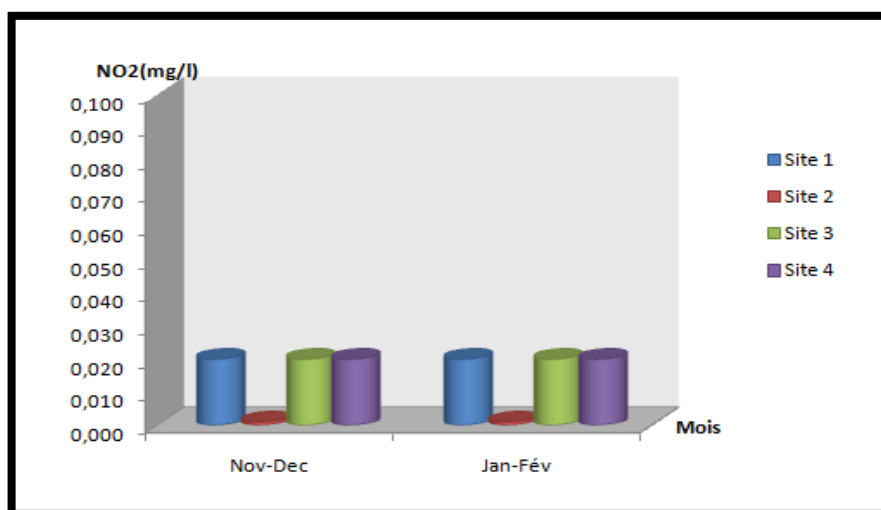


Figure 37 : Variation de NO₂⁻ dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

D'après les résultats obtenus (**Fig.37**) les valeurs de NO_2^- varient entre 0.001 mg/l et 0.020 mg/l durant notre étude, donc elle est de bonne qualité par rapport à la norme (**Tab.08**).

La présence d'azote ammoniacal (NH_4) dans une eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique (**Ghazali, 2013**).

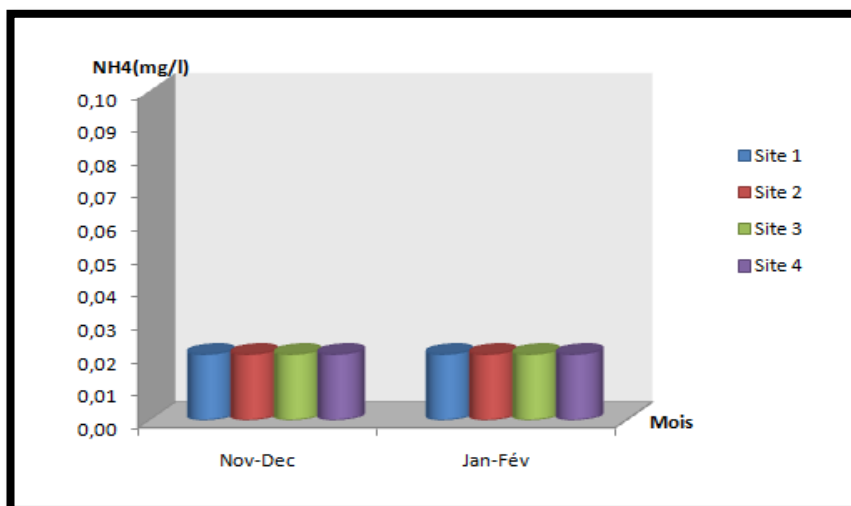


Figure 38 : Variation de NH_4 dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

D'après les résultats obtenus (**Fig.38**) de NH_4 la valeur est stable (0.02 mg/l) dans les quatre sites et durant les deux prélèvements, selon ce résultats la qualité de ces eaux est très bonne.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Sahraoui, 2015**).

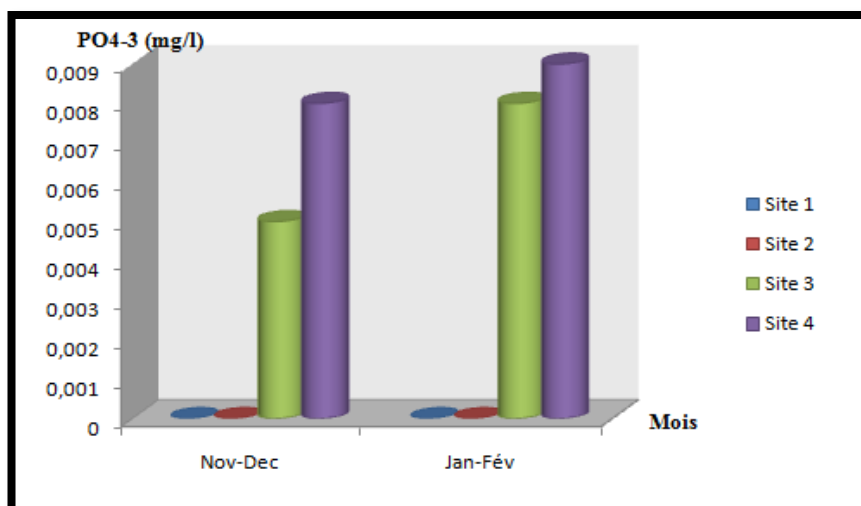


Figure 39: Variation de PO_4^{-3} dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Selon les résultats obtenus (Fig.39) de phosphate les valeurs sont conformes à la norme (<5) (Tab.08) à une valeur maximale 0.009mg/l et une valeur minimale 0mg/l, donc pendant les deux prélèvements notre eau est représenté une très bonne qualité.

La présence de ces paramètres (NO_2^- , NO_3^- , NH_4 et PO_4^{-3}) est souvent le principal indicateur chimique de pollution direct d'une eau, et d'après les résultats obtenus notre eau est de qualité normale.

1.6. Sulfate

une eau est dite sulfatée quand sa teneur en sulfates est supérieure à 200mg/l. grace à cette concentration, elle est diurétique et aide à lutter contre les troubles du transir intestinal. Elle est donc particulièrement recommandée pour les populations suivantes : femmes enceintes, personnes présentant des troubles du transit ou souffrant de constipation chronique (Ghazali, 2013).

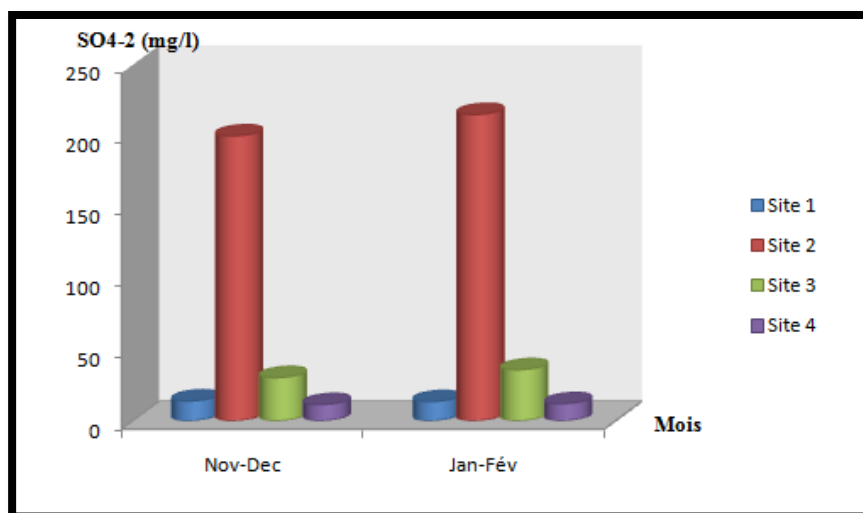


Figure40: Variation de SO_4^{-2} dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Les résultats obtenus de sulfate (**Fig.40**) montrent que toutes les valeurs sont dans les normes Algériennes (<400) (**Tab.08**) d'une valeur minimale (12.01 mg/l) et une valeur maximale (215.05 mg/l), donc notre eau est de bonne qualité.

1.7. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en hydroxydes libres et en carbonates. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en hydroxydes libres carbonates et hydrogénocarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minéral dilué (**Menad et Metadjer, 2012**).

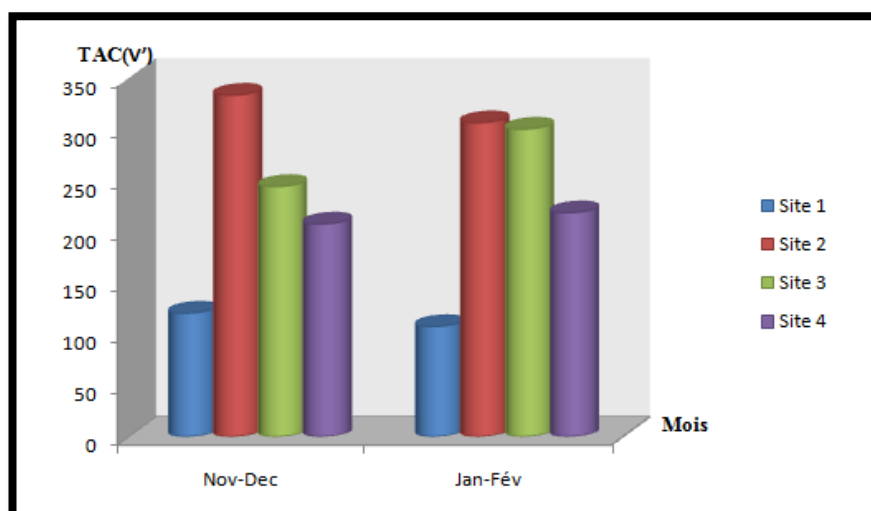


Figure 41: Variation de TAC dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

D'après les résultats obtenues (**Fig.41**), on observe que le TA est nul dans l'eau durant les deux prélèvements et dans les quatre sites, ce qui explique que les alcalins libres et les carbonates existent dans l'eau en quantité négligeables.

Ce qui concerne les résultats de TAC dans les différents sites de prélèvement respectent les normes Algérienne qui varient entre 107.36 mg/l (Jan- Fév) de site 01 et 333.12 mg/l (Nov-Dec) de site (02), donc notre eau est de bonne qualité par rapport à la norme Algérienne (**Tab.08**) (**ADE, 2019**).

1.8. Le fer

Le fer est un oligoélément, c'est-à-dire, un élément nécessaire pour le corps humain mais à de très faibles quantités (**Khelili et Lazali, 2015**).

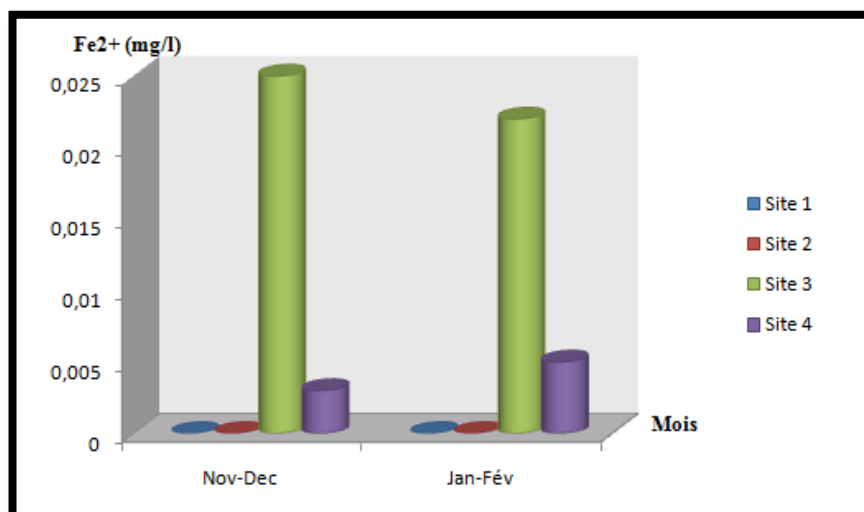


Figure 42: Variation de Fe^{2+} dans les eaux des sites d'étude (Nov2018-Fév2019).

Les résultats du fer ne dépassent pas la norme (0.3 mg/l) (**Tab.08**) dans les 4 sites et pendant les deux prélèvements à des valeurs varient entre 0 et 0.025 mg/l, donc les eaux des quatre sites sont de très bonne qualité (**Fig.42**).

Tableau 08 : les normes des paramètres physico-chimiques (ADE, 2019).

Paramètres	Unités	Journal officiel N°34
Nitrites (No^-_2)	mg/l	<0.2
Nitrates (No^-_3)	mg/l	<50
Ammonium (NH_4)	mg/l	<0.5
Fer (Fe^{2+})	mg/l	<0.3
Sulfate (So^{2-}_4)	mg/l	<400
Phosphore (Po_4^{-2})	mg/l	<5
Calcium (Ca^{2+})	mg/l	<200
Magnésium (Mg^{2+})	mg/l	<500
Résidus secs	mg/l	<1500
Hydrogénocarbonates (TAC)	mg/l	<500
Chlorures (Cl^-)	mg/l	<500

2. Les paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique d'une eau, consiste à la recherche et le dénombrement de la majorité des espèces d'origine fécale existe chez l'homme et les animaux à sang chaud comme : les coliformes totaux, fécaux ; les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfite-réducteurs, ainsi que la recherche des germes pathogènes.

2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Les résultats obtenus montrent que les colonies des germes totaux sont inférieurs à 15, donc leur présence est négligeable, ce qui laisse conclure que les eaux de notre station sont loin d'être polluées.

2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

• Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Leyral, *et al.*, 2002).

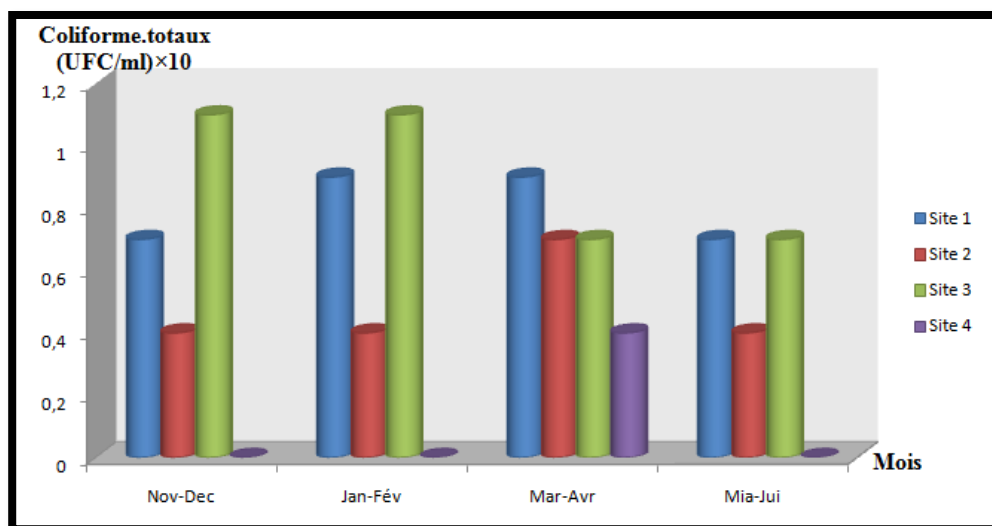


Figure 43: Estimation des coliformes totaux/ml dans l'eau de nos sources (Nov 2018-Jun 2019).

D'après (**Fig.43**), on observe que le nombre des coliformes totaux dans les quatre sites varie d'une manière un peu perturbée par rapport à la norme Algérienne (05 UFC/ml), dont la concentration maximale est obtenue au niveau du site (03) (1.1×10^5 UFC/ml) pendant les quatre prélèvements tandis que la concentration minimale est (0 UFC/ml) au niveau du site 04, donc l'eau présente une légère contamination.

On peut traduire ces résultats par la présence des excréments animaux (les germes environnementaux) ou le cheminement qui draine avec elle.

- **Coliformes fécaux**

Les Coliformes fécaux sont des bactéries associées très abondante dans les matières fécales des animaux à sang chaud, de ce fait des, constituent des indicateurs fort dans le contrôle de la qualité des eaux énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (**Rodier et al., 2009**).

La recherche des coliformes fécaux est conforme à la norme Algérienne (0 UFC/ml), parce que les résultats sont négatifs pour la majorité des sites, donc leur présence est négligeable.

2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Ces germes sont considérés comme un bon indicateur de pollution, car ils sont nettement plus sensibles que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes. Ce sont des aérobies-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale (Rodier *et al.*, 2009).

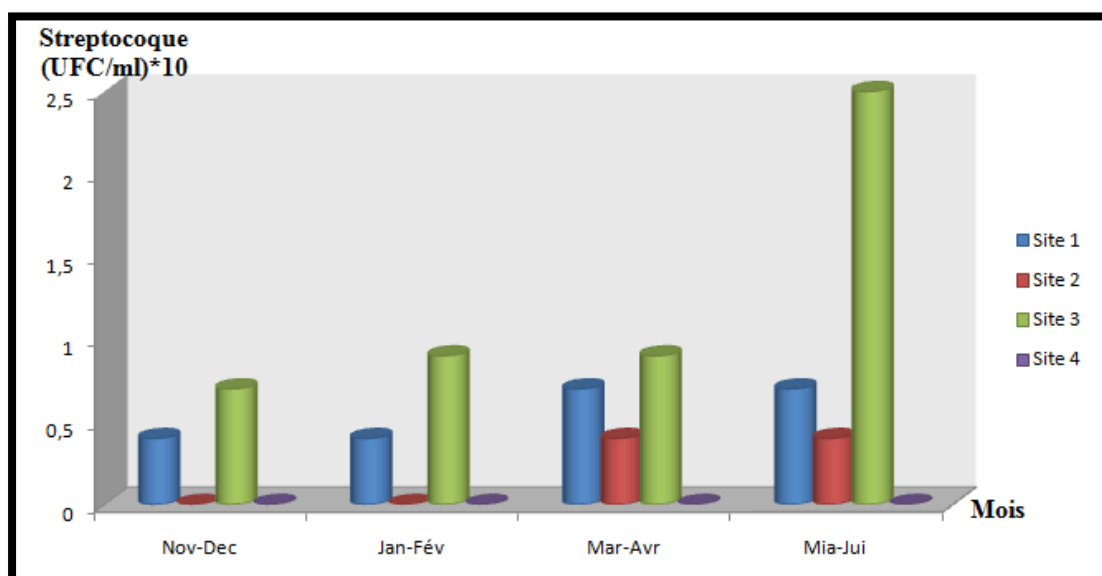


Figure 44: Estimation des Streptocoques fécaux /ml dans nos sources (Nov2018-Jun2019).

Les résultats des streptocoques fécaux varient d'un site à un autre, où ils sont parfois dépassés la norme Algérienne (0 UFC/ml), mais généralement leurs nombres est plus élevé au niveau du site 03 (2.5x10 UFC/ml), surtout au quatrième prélèvement (Mai-Jun) (Fig.44), et selon (OMS, 2004) atteste la contamination des eaux par les matières fécales.

2.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices ASR (*Clostridium*)

La présence des spores des ASR dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne, ils constituent aussi un bon indicateur de pollution (Georges et Pierre, 2002).

Et d'après nos eaux de source les résultats sont complètement négatifs (Fig.45) ce qui montre que ces eaux sont de qualité acceptable.

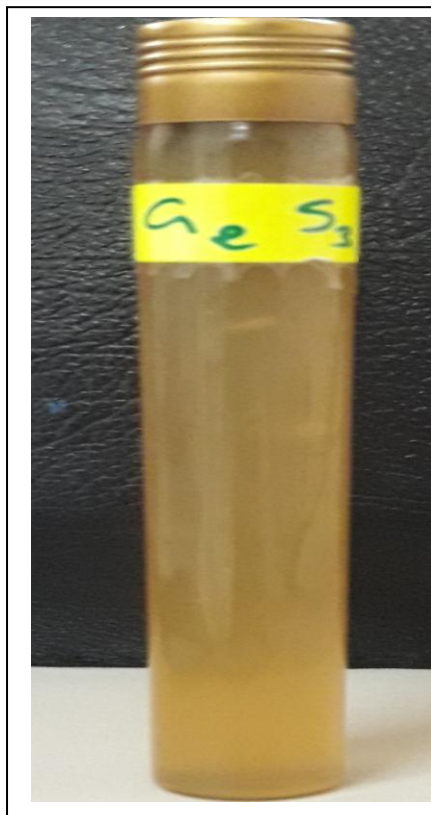


Figure 45 : Milieu de culture négatif des ASR dans un tube de VF
(Cliché personnel).


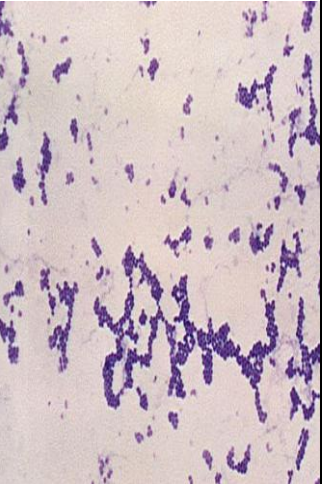
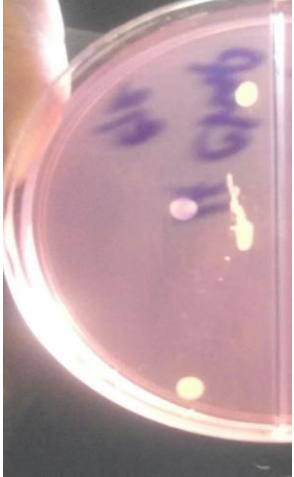
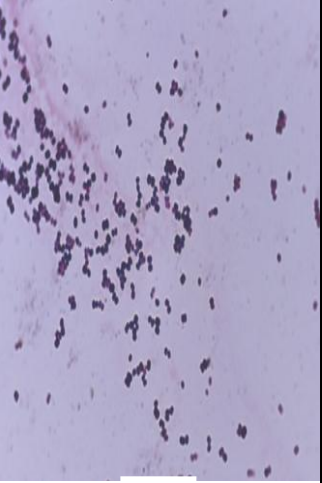
2.5. Résultats des germes pathogènes



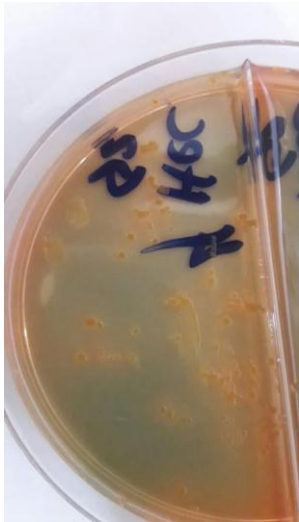
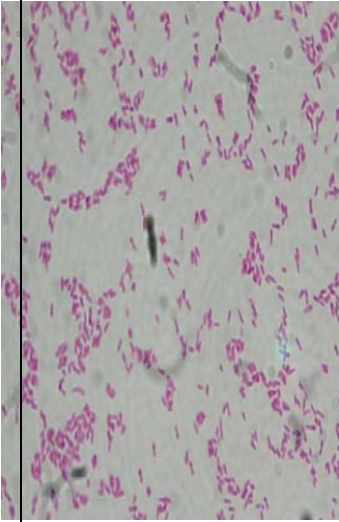
Les germes d'origine fécale peuvent être recherchés pour confirmer le danger mis en évidence par leur présence, ainsi que d'autres germes d'origine non fécale dont leur risque ne peut être mis en évidence que par la recherche des germes pathogènes tels que : *staphylococcus aureus*, *salmonella*, *shigella*, *vibrio*...etc.

Ces germes sont souvent présents dans l'eau et peuvent se développer en culture ; l'identification des colonies isolées est basée essentiellement sur l'observation macroscopique et microscopique des colonies ; l'identification biochimique par la galerie des API 20 E et autres tests biochimiques tels que catalase et oxydase.

2.5.1. Caractère macroscopique et microscopique des germes pathogènes

Tableau 09 : Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude

Milieux de culture	Observation macroscopique		Observation microscopique	
<p>Gélose Nutritive (GN)</p>	<p>Colonies moyennes blanchâtres, rondes, bombées et lisses (Figure A).</p> <p>Petites colonies jaunes et lisses (Figure A).</p>	 <p style="text-align: center;">A</p>	<p>Cocci, Gram positif en amas (Figure B).</p>	 <p style="text-align: center;">B</p>
<p>Gélose Chapman</p>	<p>Colonies moyennes, bombée, blanchâtres, rondes, lisses et irrégulières (Figure C).</p> <p>Petites colonies (1mm de diamètres), rondes et bombées.</p> <p>Petites colonies, blanches et lisses.</p>	 <p style="text-align: center;">C</p>	<p>Cocci Gram positif isolé ou diplocoque et en amas.</p> <p>Cocci Gram positif isolé ou en amas ou regroupé en diplocoque (Figure D).</p>	 <p style="text-align: center;">D</p>

<p>Gélose Salmonella-Shigella (SS)</p>	<p>Colonies moyennes, marrons claire, bombées, rondes, irrégulières, lisses (Figure E).</p> <p>Petites colonies marron claire, rondes, bombées et lisses (Figure E).</p>	 <p style="text-align: center;">E</p>	<p>Coccobacilles, Gram négatif isolé.</p> <p>Bacilles, Gram négatif isolé.</p> <p>Bacilles, Gram négatif en amas. (Figure F).</p>	 <p style="text-align: center;">F</p>
<p>Gélose Héктоen</p>	<p>Petites colonies 1mm de diamètre jaune oronge, circulaire avec centre foncées et lisses</p> <p>Colonie moyennes marron avec centre foncée, bombées, rondes et lisses (Figure g).</p>	 <p style="text-align: center;">G</p>	<p>Bacilles Gram négatif, isolé ou regroupés (Figure H).</p>	 <p style="text-align: center;">H</p>

2.5.2. Résultats de l'identification biochimique :

L'identification par les API système (API 20 E) Les espèces bactériennes trouvées sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Les espèces identifiées par l'API 20 E.

API système	Milieux de culture	Espèces identifiées
API 20 E	SS	<i>Stinotrphomonasmattopholia</i> (Fig.46). <i>Myiod/Chryseobacteriumiddogenes</i> (Fig.47).
	BCPL	<i>Serratiaficaria</i> (Fig.48).

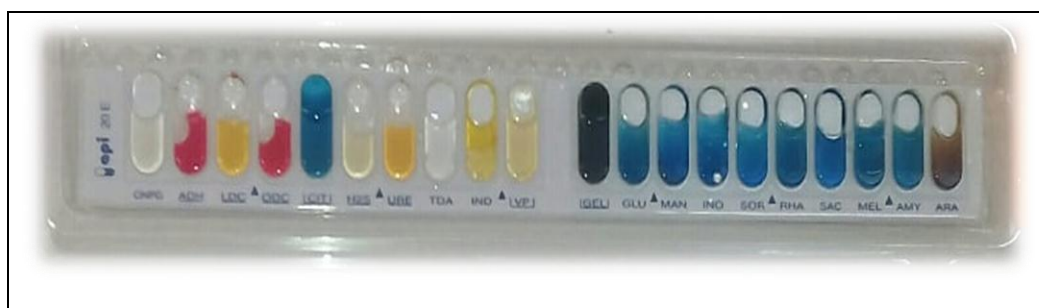


Figure46 : Profil biochimique de la souche *Stinotrphomonasmattopholia* (Cliché personnel).

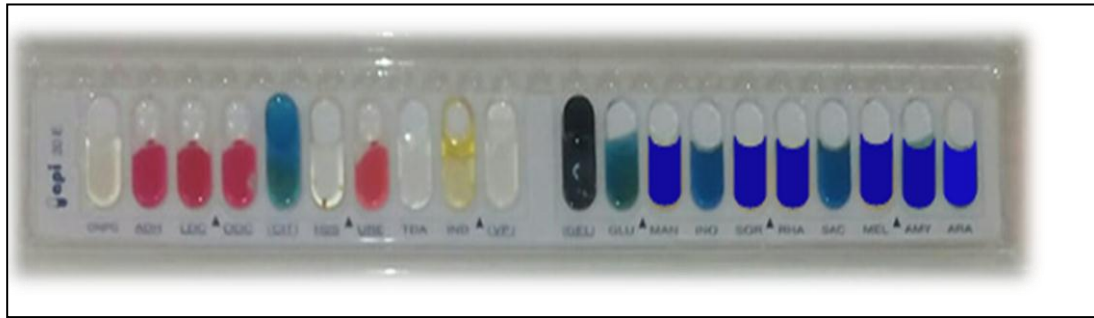


Figure 47: Profil biochimique de la souche *Myiod/Chryseobacterium iddogenes*
(Cliché personnel).



Figure 48: Profil biochimique de la souche *Serratia ficaria*
(Cliché personnel).

3. Etude statistique

3.1. Paramètres physico-chimiques

3.1.1. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les stations

Tableaux (11) : tableau personnalisé des paramètres physico-chimiques entre les stations

	Stations								P
	1		2		3		4		
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	
T (°C)	15,15 _a	0,21	16,05 _b	0,21	15,90 _b	0,28	17,95 _c	0,07	0,001
PH	7,53 _a	0,01	7,19 _b	0,02	8,23 _c	0,11	7,42 _{a,b}	0,17	0,002
C.E (µS/cm)	240 _a	3	1760 _b	57	524 _c	6	495 _c	8	0,000
Turbidité NTU	2,270 _a	0,042	0,765 _b	0,361	2,790 _a	0,156	1,110 _b	0,269	0,003
NH4 (mg/l)	0,02 [±]	0,00	0,02 [±]	0,00	0,02 [±]	0,00	0,02 [±]	0,00	-
NO ₂ (mg/l)	0,020 [±]	0,000	0,001 [±]	0,000	0,020 [±]	0,000	0,020 [±]	0,000	-
NO ₃ ⁻ (mg/l)	10,48 _a	0,93	58,93 _b	1,99	28,50 _c	7,50	29,14 _c	4,62	0,002
SO ₄ ⁻² (mg/l)	13,67 _a	0,31	207,54 _b	10,62	33,08 _c	3,92	11,70 _a	0,45	0,000
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0,000 _a	0,000	0,000 _a	0,000	0,007 _b	0,002	0,009 _b	0,001	0,003
TAC (mg/l)	113,890 _a	9,235	319,670 _b	19,021	272,000 _c	39,598	212,890 _c	7,764	0,002
Cl ⁻ (mg/l)	16,040 _a	5,643	202,594 _b	2,283	23,410 _c	1,019	22,550 _c	1,188	0,000
Mg ²⁺ (mg/l)	5,925 _a	0,827	37,160 _b	4,441	15,120 _c	0,255	9,875 _a	,219	0,003
Ca ²⁺ (mg/l)	32,540 _a	1,584	119,076 _b	10,714	69,960 _c	5,388	80,554 _b	10,767	0,000
Fe ²⁺ (mg/l)	0,000 _a	0,000	0,000 _a	0,000	0,024 _b	0,002	0,004 _c	0,001	0,001
R.S (mg/l)	319 _a	41,012	1667 _b	46,669	135 _c	49,497	142 _c	11,314	0,002

D'après les résultats (Tab.11) la station 1, 2 et 4 sont les plus similaires entre eux, alors que la station 3 est loin de similarité avec les autres stations.

- **Résultats de probabilité**

Si la probabilité (p) est inférieure à 0.05, les résultats ont une déférence significative, et comme les valeurs de probabilité de notre étude des paramètres physico-chimiques sont inférieures à 0,05 (P<0,05) donc la probabilité a une déférence significative.

3.1.2. Comparaison des paramètres physico-chimiques (moyenne/norme) de chaque station

Tableau 12 : comparaison des paramètres physico-chimiques (Moyenne / norme) de chaque station

	Station				Norme
	1	2	3	4	
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
T	15,15 n	16,05 n	15,90 n	17,95 n	< 20 °C
PH	7,53 n	7,19 n	8,23 nn	7,42 n	5,5 < PH > 8
C.E	240 n	1760 n	524 n	495 n	<2800 US/Cm
Turbidité	2,270 n	0,765 n	2,790 n	1,110 n	NTU < 5
NH ₄	0,02 n	0,02 n	0,02 n	0,02 n	<0.5mg/l
NO ₂	0,020 n	0,001 n	0,020 n	0,020 n	<0.2mg/l
NO ₃ ⁻	10,48 n	58,93 nn	28,50 n	29,14 n	<50mg/l
SO ₄ ⁻²	13,67 n	207,54 n	33,08 n	11,70 n	<400mg/l
PO ₄ ⁻³	0,000 n	0,000 n	0,007 n	0,009 n	<5mg/l
TAC	113,890 n	319,670 n	272 n	212,890 n	<500mg/L
Cl ⁻	16,040 n	202,594 n	23,410 n	22,550 n	<500mg/l
Mg ²⁺	5,925 n	37,160 n	15,120 n	9,875 n	<500 mg/l
Ca ²⁺	32,540 n	119,076 n	69,960 n	80,554 n	<200mg/l
Fe ²⁺	0,000 n	0,000 n	0,024 n	0,004 n	<0.3mg/l
R.S	319 n	1667 n	135 n	142 n	>1500 mg/l

n = normal

nn = non normal

Selon le tableau ci-dessus on constate que les résultats obtenus sont conformes aux normes, sauf pour :

- La station 3 : le pH est supérieur à la norme ;
- La station 2 : le NO_3^- est supérieur à la norme.

3.1.3. Classification des stations selon les paramètres physico-chimiques

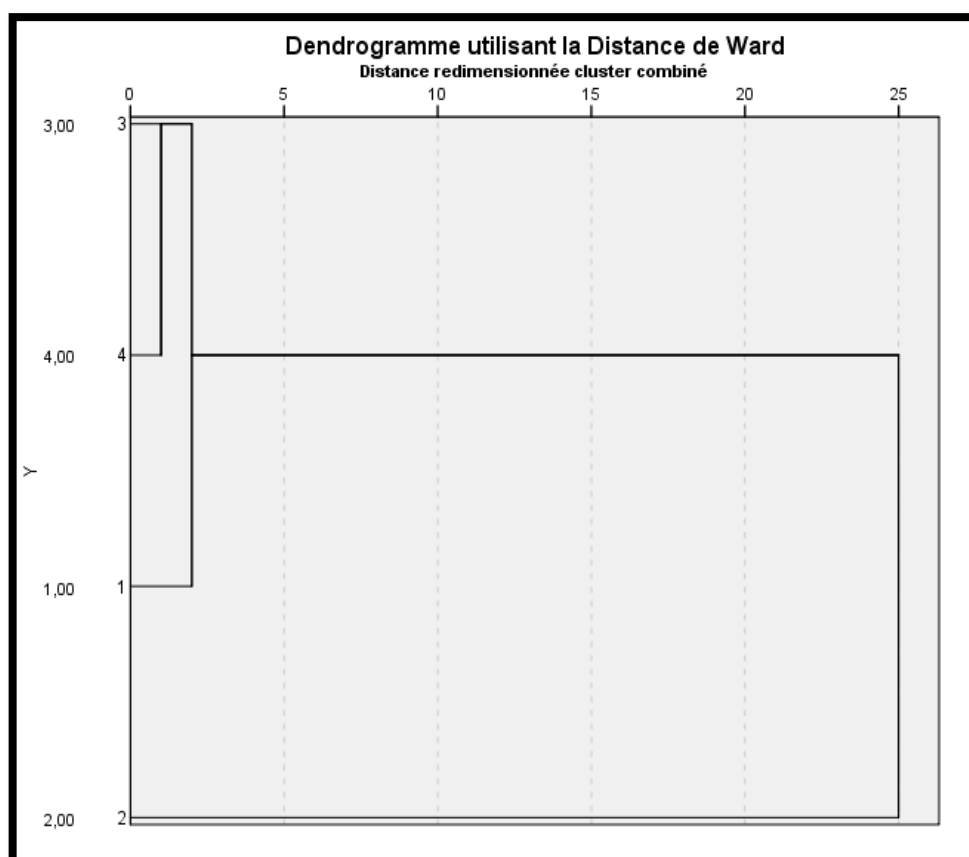


Figure 49 : dendrogramme de classification des sources selon la similarité des paramètres physico-chimiques.

D'après le dendrogramme (**Fig.49**), la classification hiérarchique des quatre stations selon les données des paramètres physico-chimique on constate que :

- Les stations 3 et 4 sont proches de similarité ;
- La station 1 est loin de similarité avec les stations 3 et 4 ;
- La station 2 est très loin des autres stations.

3.2. Paramètres bactériologiques

3.2.1. Comparaison des paramètres bactériologiques entre les stations

Tableau 13 : Tableau personnalisé des paramètres bactériologiques entre les stations (Moyenne×10).

	Stations								P
	1		2		3		4		
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	
Streptocoques	0,55 _a	0,17	0,20 _a	0,23	1,25 _b	0,84	0,00 _c	0,00	0,006
Coliformes	0,800 _a	0,115	0,475 _b	0,150	0,900 _a	0,231	0,100 _c	0,200	0,000

• résultats de probabilité

Si la probabilité (p) est inférieure à 0.05, les résultats ont une déférence significative, et comme les valeurs de probabilité de notre étude des paramètres bactériologiques sont inférieures à 0,05 (P<0,05) donc la probabilité a une déférence significative.

3.2.2 Comparaison des paramètres bactériologiques (moyenne/norme) de chaque station

Tableaux 14 : comparaison des paramètres bactériologiques (moyenne/norme) de chaque station

	Station				Norme
	1	2	3	4	
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
Streptocoque	0,55nn	0,20nn	1,25nn	0,00n	0 UFC/ml
Coliforme	0,800n	0,475n	0,900n	0,100n	<10 UFC/ml

n = normal

nn = non normal

Selon le tableau ci-dessus on constate que les résultats obtenus des streptocoques ne conformes pas aux normes, sauf chez la station 4. Alors que les résultats des coliformes sont tous compatibles à la norme.

3.2.3. Classification des stations selon les paramètres bactériologiques

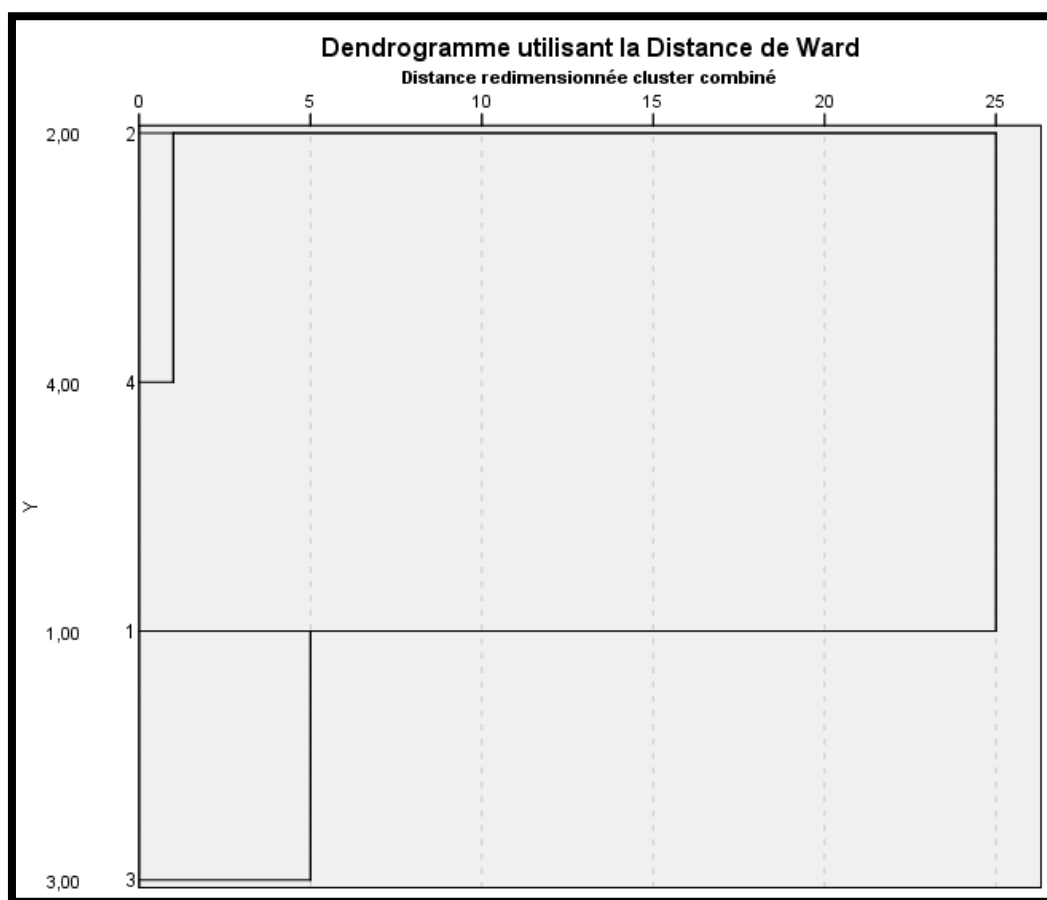


Figure 50 : dendrogramme pour la classification des sources selon la similarité des paramètres bactériologiques.

D’après le dendrogramme (**Fig.50**), la classification hiérarchique des quatre stations selon les données des paramètres bactériologiques on constate que Les stations 2 et 4 sont proches de similarité.



CONCLUSION

Conclusion :

Notre étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mila (Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Keskas et Ain village).

Cette étude a été réalisée par des analyses physico-chimiques effectuées au niveau du laboratoire des eaux de source de la wilaya de Mila (ADE) et des analyses bactériologiques effectuées au laboratoire du centre universitaire de Mila.

Les analyses physico-chimiques sont divisées en trois catégories :

- Analyses électrochimiques (T° , conductivité électrique, pH et turbidité) sont tous conformes à la norme Algérienne.
- Analyses spectrophotométriques (NH_4 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} et Fe^{2+}) sont variés aussi à la norme, à l'exception de (NO_3^-) qui dépasse la norme au niveau de source 02.
- Analyses volumétrique (Cl^- , TA, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , R.S) sont toutes conformes à la norme, à part les résidus secs ont une valeur élevée dans la source 02.

A travers ces résultats, il est constaté que la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes algériennes alors que le nitrate et les résidus secs dépassent les normes. Donc nos sources sont de qualité physico-chimique acceptable.

L'analyse bactériologique a révélé que le taux des germes totaux, coliformes totaux et fécaux ainsi que des streptocoques fécaux sont conformes aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS), donc l'eau est de bonne qualité bactériologique.

Les sources d'eau de la wilaya de Mila, sont loin de la pollution qui peut être générées que ce soit par les rejets directs et les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons les perspectives suivantes :

- ✓ La sensibilisation contre toutes formes de pollution est une nécessité pour la durabilité et la protection de l'écosystème.
- ✓ Faire un suivi du contrôle de qualité continuellement pour relever le début de la contamination et son évolution dans le temps pour permettre de trouver des solutions d'intervention afin de préserver la source d'eau.

A

ADE, (2019). Algérienne des eaux .

Ait Kaci S., Hamdi M.S. (2008). Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous". DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L).45p.

Aissaoui A ; (2013). Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hammam Grouz de la région Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de Magister Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 302p.

Angelier E., (2000). Ecologie des eaux courantes. TEC & DOC. Paris. 199 p.

ANDI, (2013). Agence Nationale de Développement de l'Investissement

ANBT, (2015). Agence Nationale des Barrages et Transferts.

Aouissi A., Fouzari A., et Meziane N., (2007). Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma.57p.

Aouissi A., (2008). Microbiologie et physicochimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord - Est de l'Algérie). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 164 p.

Atmania D., (2010). Minéralogie des argiles et phénomène de retrait-Gonflement dans le bassin de Mila (Nord constantinois). Thèse de doctorat. Université Mentouri, Constantine. 172p.

Avril J. L., Dabernat H., Denis F., Monteil H., (1992). Bactériologie clinique. 2^{ème} édition. *Ellipses*. Paris. 522 p.

B

Bagnoul S. et Gausson H., (1957). Les climats Biologiques et leurs Classifications, Annaba. Géogr. Fr.355. 193-220p.

Beriche P., Gaillard J-L. et Simouet M. (1988). Bactériologie, les bactéries des infections humaines. Flammarion Médecine Sciences. France. 660 p.

Bechac J., Boutin P., (1988). «Traitements des eaux usées », paris. 130p.

Beriere G., (2000). Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition, Ecole polytechnique de Montréal. 03-19p.

Benlatreche M.C. et Benslimen S., (2002). Evaluation du niveau de pollution organique et métallique (Zn, Cu et Ni) dans l'Oued Rhumel et son affluent Oued Boumerzoug en zone urbaine (Constantine). Mémoire d'ingénieur. Université Mentouri de Constantine. 101p.

Bennana M., (2013) .Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah, Master académique, Université Kasdi Marbah, Ouargla. 46p.

Berkal.Kh. et Elouaere F., (2014).Inventaire et écologie des oiseaux d'eau au niveau du Barrage de Beni Haroun (Wilaya de Mila) : saison d'hivernage 2013/2014.Mémoire de Master. Centre Universitaire de Mila. 65p.

Boussinesq M., (1997). L'onchocercose humaine en Afrique, Médecine Tropicale 1997, Vol 57, N°4. 389-400p.

Bourgeois C. M., Leveau J. Y. (1980). Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 03. Lavoisier : Tec et Doc. 331 p.

Bouziati M., (2000). «L'eau de la pénurie aux maladies» .Ed Ibn-Khaldoun .Alger

BoukroumaN., (2008). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 64p.

Boutin C., Héduit A., Michel Helmer J., (2009). Technologie d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées. Office national de l'eau et des milieux aquatiques .16p.

Bouziati M., (2012). Les pathologies infectieuses : aspects épidémiologiques et prophylactiques, ed, Dar. 10-45-46-50p.

Brouillette D., Ouellet M., (2003). Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Ministère du Développement durable. De l'Environnement. De la Faune et des Parcs Canada, Québec Montréal. 08-22 p.

C

Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988). Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France. 251 p.

Camille D., (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.

Chaâlal O.M., (2012). La wilaya de Mila. Edition. *Albayazin*, Algérie. 209p.

Coulibaly K., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse doctorat. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto- Stomatologie. 69p.

Cohen N., Karib H., (2007). *Vibrio* spp. Dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. N° 3. 07 p.

D

De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). 16P.

Degremont G., (2005). Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et Doc. 3- 38p.

Denis F., Ploy M. C., Martin C., Bingen E., Quentin R., (2007). Bactériologie médicale : Techniques usuelles. *Elsevier Masson*. 594 p.

Dellarras C., (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : *Tec & Doc*. Paris. 463 p.

Délarras C., (2008) .surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux : Réglementation Prélèvements-Analyses. TEC & DOC. 269p.

Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L., Belghyti D., (2008). Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. *Larhyss Journal*. (7). 59-77p.

DPSB, (2018). Direction de la programmation et du suivi budgétaires

Djabri L., (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie. 176p.

Djilani C., (2006). Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, Mémoire de Magister. Université de Skikda. 20 p.

Donnier B., (2007). La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C.E.R.B.O.M. Nice. 08p.

E

Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Scien.* Montpellier, France. 343p.

Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J., Allen, M. J., (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Symposium Series Society for Applied Microbiology. Vol. 88. 106 – 116p.

Engelkirk P. G., (2008). Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st edition. *Lippincott Williams & Wilkins*. 754 p.

F

Faurie C., Medori P., Ferra C., (2003). Ecologie : Approche scientifique et pratique, 5^{ème} Edition, *Lavoisier doc et tec*, Paris. 312p.

Ferron A., (1984). Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12^{ème} édition, *éditions C. et R.* 376 p.

G

Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L., Jofre J., (1998). Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité, *Virologie* 2. 117-120p.

Gartet A, Gartet J, Conesa G.C., (2001). Hydrochimie des eaux, dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébène (Périmètre central, Maroc). *Papeles de Geografia, Revue de l'Université de Murcia*. 143 p.

Gäüzere B.A., (2012). Les maladies liées à l'eau, *Médecine tropicale*. 05p.

Georges. T, Pierre. J, (2002).L'eau, patrimoine mondial commun, Belgique, presses universitaire de NUMUR. 303p.

Gérard G., (1999). L'eau : Usages et polluants, *Editions QUAE*. 210p.

Ghazali D, (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de Meknes –Maroc). 31-35 p.

Gillespie S. H., Hawkey P. M., (2006). Principles and Practice of Clinical Bacteriology . 2nd edition. *John Wiley & Sons*. England. 620p.

Glaude. B, Robert. P, (2001). Chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) ; de boeck, paris. 299p.

H

Harvey R.A., Champe P.C., Fisher B.D., (2007). Microbiology. 2nd edition. *Lippincott Williams & Wilkins*. 432 p.

Henaut A., (2011).Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques, université Pierre et Marie Curie, Paris. 02p.

Hidouci S., (2009). Qualité bactériologique des eaux du golf d'Annaba. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 132 p.

Hydraulique Mila, 2019.

J

Janda J.M, Abbott S.L., (2006). The *Enterobacteria*. American Society for Microbiology. 2nd edition. Washington. État Unis. 440 p.

Jessries et al., (1998) in Benlatrech et Benslimen, (2002).

John P, DonaldA., (2010). Microbiologie, 3^{ème} Édition. P 1216.

K

Kankou M., (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie : étude en laboratoire du comportement de deux pesticides, Thèse de doctorat, Université de Limoges. 159p.

Kerdoud S., (2006). Basant versant Beni Haroun eau et pollution. Mémoire de Magistère en Aménagement du territoire. Université Mentouri, Constantine. 07- 22-55-57p.

Khelili R et Lazali D., (2015). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).

Koller E., (2004). Traitement des pollutions industrielles: eau, air, déchets, sols, boues. Dunod. 3^{ème} édition. Paris. France. 424 p.

L

Labres E., Mouffok F. (2008). Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53 p.

Leclerc H., Coll., (1983). Microbiologie générale. *Doin* .369p.

Leclerc, (1996). Microbiologie générale. *Doin*. France. 368 p.

Leyral. G, Ronnefoy. C, Guillet. F, (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris. 245p.

Lebres E., (2002). Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.

M

Masschelein W.J., (1996). Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spilliége. 181-345p.

Mamadou L.N., (2005). Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d'étude supérieure en sciences naturel de l'environnement. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 120p.

Madigan M, Martinko J., (2007). .Biologie des microorganismes, 11ème édition, Pearson.éducation, Paris. 918p.

Madoui F., Sahraoui M., (2011). Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eau de la région d'oued Athmania. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et Environnement. Université Mentouri–Constantine. 11-93p.

Makhoukh M., (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.

Mairie Grarem, 2019

Mairie Hamala, 2019

Mairie Mila, 2019

Mairie Azaba, 2019

Mekhalfa F., (2009). Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 Skikda. 120 p.

Merzoug S., (2009). Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 03-13-79p.

Menad K., Metadjer., (2012). Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Miliana.

Merouani M., et Bouguedah A., (2013). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire master. Université Kasdi Marbah Ouargla. 59p.

Metallaoui.S., Maazi.M.C., Saheb.M., Houhamdi.M et Barbraud.C., (2013). A comparative study of the diurnal behaviour of the Northern Shoveller (*Anas clypeata*) during the wintering season at GaraetHadj-Tahar (North-East Algeria) and Garaet Timerganine (Algerian highlands). 167p.

Mizi A., (2006). Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. 27p.

Mitchell R., Gu J. D., (2010). Environmental Microbiology. 2nd edition. John Wiley & Sons. Philadelphia. Etat Unis. 389 p.

Monod T., (1989). Méharées géographiques (N.A.N.I) normes Algérienne et normes international (2002). France loisir. 233p.

Moletta R., (2002). Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires. 1^{ère} édition. *Lavoisier, Tec a Doc.* Paris. 600 p.

Mouffok F., (2001). Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger.40 p.

Mohammedi I, Mayou O., (2015) : Evolution du transport solide et la qualité des eaux Cas du bassin versant de l'oued Harraza. Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.

Mouffok F., (2016). Contrôle bactériologique des eaux, Présentation des activités de l'Institut Pasteur.03-04-05 p.

N

Nauciel C., Vildé J. L., (2005). Bactériologie médicale. *Masson.* 2^{ème} édition. 257p.

Nsikak Benson., (2008). Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc .813p.

O

Oliver J. D., Japer J. B., (1997). *Vibrio* species. In sea food: Food microbiology – fundamentals and frontiers. Washington. 264p.

OMS., (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2^{ème} édition. 1050p.

P

Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982). Reconnaître, comprendre et traité les infections. 4^{ème} édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. Canada. 509 p.

Prescott L. M., Harley J. P., Klein D. A., (2003). Microbiologie. 2^{ème} édition. De Boeck. Paris. 1163p.

R

Ramade F., (1982) .Eléments d'écologie, écologie appliquée, action de l'homme sur la Bi sphère. Edition. *Dunod*, Paris. 446p.

Rabia Y., Djamaa Y., (2014).Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Beni Haroun dans la région de Mila. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie.05p.

Rejsek F., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.

Reggam, Boucheleghem H, Houhamdi M. , (2015): Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis). Université 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie.

Rodier. J., (1996). Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer), 8^{ème}Edition, paris.1260P.

Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (1996). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer. 8^{ème} édition. *Dunod*. Paris. 1383p.

Roux, (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université Paris. 12 p.

Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., (2009). L'Analyse de l'eau. 9^{ème} édition. *Dunod*. Paris. 1579 p.

Rousseau N., Roy N., Cantin P., Cardinal P., (2004). Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé.

Rouaiguia M., (2010).Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de master. Université 8 mai 1945 Guelma.78p.

S

Salghi R., (2009). Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir Cour chimie des eaux. 35p.

Sari H., (2014). Contribution a l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « ATTAR» (TLEMCEM). Mémoire magister. Université Aboubekr Belkaid Tlemc. 92p.

Sahraoui N., (2015). Etude de la coherence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.

Schwartzbrod J., Capizzi-Banas S., (2003) .Parasite contamination of liquide sludgefromeurban wastewater treatment plants, Water Science and Technology 47. 163- 166p.

Service de cadastre Mila, 2013.

Singleton P., (2005). Bactériologie. *Dunod*. 6^{ème} édition. Paris. France .542 p.

Soukehal B., cherrad S., (2011). Département d'Architecture, université de Jijel, Algérie. Département d'Aménagement du territoire, université de Constantine, Algérie. 12-25p.

Station Météorologique d'Aïn Tine, 2019.

W

Wilke M., Boutiere H., (1999). Petit lexique des paramètres du suivi physicochimique dans l'eau. Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée. 02p.

Z

Zoungrana E.I., (2009).La poliomyélite, 12 Mai 2009. 09p.

Zmirou D, Ferley J.P. Collin J.F., Charrel M., Berlin J., (1987). A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American Journal of Public Health. Etats Unis . Vol. 77. pp 582 - 584.

Sites Internet :

[1] : <http://www.arnobio2.com/> (Consultée le 22/05/2019).

[2] : https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.pdf
(Consultée le 18/05/2019).

[3] : <http://users.swing.be/chapp/p-temp.htm> (Consultée le 15/03/2019).

[4] : http://www2.aclyon.fr/enseigne/biotech/microbio/tests_microbiologie2.htm
(Consultée le 16/05/2019).

Google earth, (2019). www.googleearth.com .

1. Analyse physico-chimique

1.1. Ammonium (NH₄)

➤ **Réactifs**

- Réactif 1 :
 - Acide dichloroiodocyanurique ;
 - Hydroxyde de Sodium (NaOH) ;
 - Eau distillée.
- Réactif 2 :
 - Trictrate de sodium ;
 - Salicylate de Sodium ;
 - Nitropruciate de Sodium ;
 - Eau distillée ;

1.2. Nitrite (NO₂⁻)

➤ **Réactifs**

- Réactif mixte (stable 1 mois) :
 - Sulfanilamide ;
 - Acide phosphorique ;
 - N-1-Naphtyle éthylène diamine ;
 - Eau distillée.
- Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/l (stable 1 mois) :
 - Nitrite de Sodium (toxique) ;
 - Eau distillée.
- Solution fille étalon d'azote nitreux à 1 mg/l :
 - Solution mère ;
 - Eau distillée.

1.3. Phosphates (PO₄²⁻)

➤ **Réactifs**

- Réactif Mixte :
 - Heptamolybdate d'ammonium ;
 - Tartrate d'antimoine et potassium ;
 - Acide sulfurique pur ;
 - Eau distillée ;

- Acide ascorbique à 10 % ;
- Solution mère d'ortho phosphate à 50 mg/l PO_4^{3-} ;
- Solution fille à 2 mg/l po_4^{3-} ;

1.4. Sulfates (SO_4^{2-})

➤ **Réactif**

- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de K_2SO_4 ;
- Solution stabilisante :
 - Acide chlorhydrique ;
 - Ethanol ;
 - Chlorure de sodium (toxique) ;
 - Glycérol ;
 - Eau distillée.
- Solution de chlorure de baryum :
 - BaCl_2 ;
 - $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (toxique) ;
 - Acide chlorhydrique ;
 - Eau distillée ;

1.5. Fer (Fe^{+2})

➤ **Réactif**

- Tampon Acétate :
 - Acétate d'ammonium ;
 - Acide acétique cristallisable ;
 - Eau distillée ;
- Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10% (stable une semaine) :
 - Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
 - Eau distillée ;
- Solution de phénanthroline -1,10 (stable une semaine) :
 - Phénanthroline -1.10 monohydraté ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$) ;
 - Eau distillée ;
- Acide chlorhydrique solution mère étalon de fer à 1g ;

1.6. Chlorure (Cl⁻)

➤ **Réactifs**

- Solution de Nitrate d'Argent à 0.02N :
 - AgNO₃ séché à 105°C ;
 - Eau distillée ;
- Solution de chromate de Potassium 10%
 - K₂CrO₄ ;
 - Eau distillée,
- Solution de chlorure de sodium à 0.02N :
 - NaCl séché à 105°C ;
 - Eau distillée ;

1.7. Alcalinité (HCO₃⁻)

➤ **Réactif**

- Solution d'acide chlorhydrique ou sulfurique à 0.02 N :
 - H₂SO₄ ou bien HCl ;
 - Eau distillée ;
- Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.5 % :
 - Phénolphtaléine ;
 - Alcool Ethylique ;
 - Eau distillée ;
- Solution de Méthylorange à 0.5% :
 - Méthylorange ;
 - Eau distillée ;

1.8 Calcium (Ca⁺²) et Magnésium (Mg⁺²)

➤ **Réactif**

- Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀H₁₄N₂O₈ 2H₂O) :
 - EDTA déshydraté 2h à 80° C ;
 - H₂O distillée ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N :
 - NaOH (pastilles) ;
 - H₂O distillée ;
 - Noir erichrome T ;

- Chlorure de sodium ;
- Solution étalon de Ca^{+2} à 10 mmol/l :
 - Carbonate de Calcium CaCO_3 ;
 - HCL 4mol/l ;
 - Eau distillée.

2. Analyse bactériologique

Tableau 1: Table de Mac Grady

3 Tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Tableau 02 : La lecture des API 20 E.

Test	Négative	Positive
ONPG	Incolore	Jaune
ADH	Jaune	Rouge / orange
LDC	Jaune	Rouge / orange
ODC	Jaune	Rouge / orange
CIT	Verbale / Jaune	Bleu / bleu vert
H ₂ S	incolore / gris	Dépôt noir
URE	Jaune	Rouge / orange
TDA	Jaune	Marron / rouge aitre
IND	Incolore / Verbale	Rose
VP	Incolore	Rose /rouge
GEL	Non diffusé	Diffusion des pigments noirs
GLU	Bleu / bleu vert	Jaune
MAN	Bleu / bleu vert	Jaune
SOR	Bleu / bleu vert	Jaune
RHA	Bleu / bleu vert	Jaune
SAC	Bleu / bleu vert	Jaune
MEL	Bleu / bleu vert	Jaune
AMY	Bleu / bleu vert	Jaune
ARA	Bleu / bleu vert	Jaune
OX	Bleu / bleu vert	Jaune