

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.

Filière/Option : Sciences Biologiques.

Spécialité : Microbiologie appliquée.

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème :

**Contribution à l'étude de la qualité bactériologique
de l'eau des sources dans la ville de Guelma**

Présenté par :

- ZAOUI Amel
- KARA Chourouq

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme. El Bah. D

M.C.B

Université de Guelma

Examineur : Mr. Bara. M

Professeur

Université de Guelma

Encadreur : Mme Haddidi. I

M.C.B

Université de Guelma

Juin 2023

Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné le courage et la patience pour passer tous les moments difficiles, et qu'il nous a permis d'achever ce travail.

Nos remerciements s'étendent également à notre encadreur Mme. Hadidi I. pour avoir accepté de nous encadrer. Pour la confiance, le suivie, l'aide, le soutien et les conseils qu'elle nous a accordé tout au long de notre projet de fin d'étude.

Nous sincères aux remerciements tous les membres du jury :
Mme El Bah D. d'avoir accepté l'honneur de présider ce jury et évaluer ce modeste travail.

Nous remercions également Mr. Bara M. qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons également à remercier technicienne du laboratoire Mme. (Wafa).

Un grand merci à nos parents, pour tout l'amour et le soutien qu'ils nous ont apporté à tous les moments de notre vie.

Ils ont toujours été une source de tendresse et un modèle de travail, de sagesse et d'humilité.

Et enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mon père qui m'a toujours mené le sentiment de la fierté et n'a jamais hésité de me supporter moralement.

Ma très chère mère qui n 'jamais cessé de m'encourager tous le long de mon parcours et qui s'est toujours sacrifiée pour faire de moi ce que je suis que dieu la protège.

A Mon frère : Chems Eddin Wassim

A mes sœurs : Rayan & Nour El Houda

A toute la famille « ZAOUI »

Je tiens également à remercier tous les enseignants

Pour leurs efforts considérables.

En particulier Mme. Haddidi Imane

A tous mes amis sans exception.

Amel

Dédicace

Dieu soit loué pour la bénédiction de la puberté malgré toutes les difficultés.

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant d'avoir atteint ce stade et de m'avoir permis de surmonter toutes les difficultés. Un grand merci à mes parents qui m'ont tant donné pour parcourir ce chemin difficile et pour leur soutien constant en tout temps.

Mon cher père, *Kara Abdel Madjid*, que Dieu lui fasse miséricorde.

Ma mère bien-aimée, *Ouzane Khedidja*, que Dieu la protège de tout mal.

Mes Chéris sœurs *Wafa, Kalthoum, Marwa., Et leurs enfants. Toulina, Alaa, Sidra, Djawad.* Mes chers frères *Hicham, Mehdi.*

Je tiens également à remercier tout particulièrement tous les enseignants que ce soit du primaire, du moyen, du Secondaire et de l'enseignement Supérieur, et pour leurs efforts considérables. En particulier *Mme. Haddidi Imane* Et à mes chers amis le plus grand Merci.

Et tous ceux qui m'ont soutenu et m'ont donné des conseils.
Merci.

Chourouq

Résumés

Résumé

L'eau est une ressource naturelle d'une importance primordiale, Elle est indispensable à toute forme de vie, qu'elle soit humaine, animal ou végétale. Un élément de préservation de la santé, mais aussi un véhicule de nombreuses maladies dites maladies à transmission hydrique (MTH). Cette eau doit répondre à des normes préétablies qui fixent les seuils à ne pas dépasser pour un certain nombre de germes épouvantés enter un danger pour le consommateur.

Notre étude consiste à évaluer la qualité bactériologique de l'eau de 05 sources situées dans la Wilaya de Guelma, afin de déterminer leur conformité à la consommation humaine.

L'analyse bactériologique a révélé que le taux des germes totaux sont conformes aux normes Algériennes de potabilité et répondent aux normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Une charge importante en coliformes totaux qui dépasse les normes relevées dans les 3 sources Ain El douar (S1), Ain trab (S3), Ain Reggada (S4). Par ailleurs, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux ont répertoriés seulement à Ain trab (S3). Une absence totale des formes de résistance bactérienne à l'exception de Ain El douar (S1), et Ain trab (S3), avec absence totale des germes pathogène. En effet, leur présence dans ces sources constitue sans doute un danger non négligeable pour la santé de la population approvisionnant ces eaux.

Mots clés : Eaux de sources, Qualité Bactériologique, Risques sanitaires.

Abstract

Water is a natural resource of paramount importance, it is essential to all forms of life, whether human, animal, or plant. An element of health preservation, but also a vehicle for many diseases called waterborne diseases. This water must meet pre-established standards which set the thresholds not to be exceeded for a certain number of terrified germs that pose a danger to the consumer.

Our study consists in evaluating the bacteriological quality of the water of 05 sources placed in the Wilaya of Guelma, in order to determine their conformity with human consumption.

The bacteriological analysis revealed that the rate of total germs complies with Algerian standards of potability and meets the standards of the World Health Organization (WHO). A significant load of total coliforms which exceeds the standards is found in the 3 sources Ain El douar (S1), Ain trab (S3), Ain Reggada (S4). Moreover, fecal coliforms and fecal streptococci were listed only at Ain trab (S3). A total absence of forms of bacterial resistance with the exception of Ain El douar (S1), and Ain trab (S3), with a total absence of pathogenic germs. Indeed, their presence in these sources undoubtedly constitutes a considerable danger to the health of the population supplying these waters.

Key words: Source water, bacteriological quality, sanitary risks.

الملخص

الماء مورد طبيعي ذو أهمية قصوى، فهو ضروري لجميع أشكال الحياة سواء أكانت بشرية أم حيوانية أم نباتية. عنصر من عناصر الحفاظ على الصحة، ولكنه أيضاً وسيلة للعديد من الأمراض تسمى الأمراض المنقولة بالماء (MTH). يجب أن تفي هذه المياه بالمعايير المحددة مسبقاً والتي تحدد العتبات التي لا يجب تجاوزها لعدد معين من الجراثيم التي تشكل خطراً على المستهلك

تتمثل دراستنا في تقييم الجودة البكتيريولوجية لمياه 05 مصدرًا في ولاية قالمه، من أجل تحديد مدى مطابقتها للاستهلاك الأدمي

كشف التحليل البكتيريولوجي أن معدل الجراثيم الكلي يتوافق مع المعايير الجزائرية للشرب ويتوافق مع معايير منظمة الصحة العالمية (WHO). تم العثور على حمولة كبيرة من مجموع القولونيات التي تتجاوز المعايير في 3 مصادر عين الدوار (S1)، عين تراب (S3)، عين رقادة (S4) علاوة على ذلك، تم تسجيل القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية فقط في عين تراب (S3). الغياب التام لأشكال المقاومة البكتيرية باستثناء عين الدوار (S1)، وعين تراب (S3)، مع غياب كامل للجراثيم المسببة للأمراض. وبالفعل، فإن وجودهم في هذه المصادر يشكل بلا شك خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يمدون هذه المياه

الكلمات المفتاحية

مياه الينابيع، الجودة البكتيريولوجية، المخاطر الصحية

Table des matières

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

INTRODUCTION.....1

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01 : Généralité sur l'eau

Généralité sur l'eau4

1. Généralités3

1. Cycle de l'eau :4

1.1. Le cycle de l'eau dans son ensemble comprend deux branches distinctes mais couplées :..4

1.2. Évaporation :4

1.3. Condensation :5

1.4. Précipitations :5

1.5. Infiltration :5

1.6. Ruissellement :5

2. Les ressources naturelles en eau :6

2.1. Eaux de surfaces :7

2.2. Eaux souterraines :7

2.3. Captage des eaux souterraines.....9

2.4. Eaux de sources :9

2.5. Les eaux de puits.....9

3. Usage de l'eau :11

3.1. Usage agricole :11

3.2. Usage industrielle :11

3.3. Usage domestique :11

4. Pollution de l'eau :11

4.1. Sources de la pollution :12

5. Normes de la qualité de l'eau.....13

CHAPITRE 02 : LES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE

Définition14

1.1. Les maladies d'origine bactérienne :15

1.1.1. Gastro-entérites bactériennes :15

1.1.1.1.	Gastro-entérite à <i>Yersinia enterocolitica</i> :	15
1.1.1.2.	Campylobactériose :	16
1.1.2.	Légionellose :	16
1.2.	Maladies hydriques d'origine virale :	17
1.2.1.	La poliomyélite :	17
1.2.2.	Gastro-entérites virales :	18
1.2.2.1.	Principaux virus responsables de gastro-entérites :	18
1.3.	Maladies d'origine fongique :	19
1.4.	Maladies hydriques d'origine parasitaire :	20

Deuxieme Partie

Matériel Et Méthodes

1.	Description générale de la zone d'étude :	21
1.1.	Situation géographique de la wilaya de Guelma :	21
2.	Réseau hydrologique :	21
3.	Reliefs :	22
4.	Analyse et caractéristique géologique de la région :	23
4.1.	Cadre géologique :	23
5.	Principaux oueds :	24
6.	Cadre hydrogéologique :	25
7.	Étude climatologie :	25
7.1.	Température :	26
7.1.1.	Température moyennes mensuelles :	26
7.2.	Précipitation :	27
7.2.1.	Précipitation moyenne mensuelle :	27
7.3.	L'humidité :	28
8.	Cadre biotique :	28
9.	Sites de prélèvement :	29
10.	Mode de Prélèvement :	30
11.	Analyse bactériologique :	31
11.1.	Recherche et dénombrement des germes revivifiables :	31
11.2.	Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale. :	34
11.3.	Recherche des germes pathogènes :	40

Résultats et discussion

1.	Germes revivifiables :	43
2.	Coliformes totaux (CT) :	45

3. Coliformes fécaux (CF) :	47
4. Streptocoques fécaux :	48
5. Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	49
6. Germes pathogènes :	50
Conclusion	51
Références bibliographies	53
Les Annexes.....	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : principale différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface	10
Tableau 2 : Coordonnés de la station météorologique de Guelma	26
Tableau 3 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1994 - 2008).....	26
Tableau 4 : l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017)	28
Tableau 5 : Période de prélèvement.....	31
Tableau 6: Paramètres microbiologiques (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011).....	72
Tableau 7: Qualité de l'eau potable en fonction de la concentration de coliformes fécaux ..	72
Tableau 8: Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	72
Tableau 9: Normes bactériologiques des eaux souterraines	73
Tableau 10: Table de NPP	74

Liste des figures

Figure 1: La molécule d'eau.....	3
Figure 2: Le grand cycle de l'eau.....	6
Figure 3: Présentation des eaux souterraines	9
Figure 4: Cycle intra-cellulaire de Legionella dans le macrophage.....	17
Figure 5: Cas de paralysie liés au poliovirus.....	18
Figure 6: Limite géographique de la wilaya de Guelma	21
Figure 7: Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma.....	22
Figure 8: Géomorphologie de région de Guelma.....	23
Figure 9: Evolution des températures moyennes mensuelles. Station de Guelma– 2008)	27
Figure 10: Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015).	28
Figure 11: Source d'Ain Reggada	29
Figure 12: Source d'Ain Trab	29
Figure 13: Localisation des cinq zones d'études sur la carte des limites administratives de la wilaya de Guelma (1/500 000ème)	30
Figure 14: Dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 °C et à 37 °C dans les eaux.	33
Figure 15: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes	36
Figure 16: Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux	38
Figure 17: Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR).....	40
Figure 18: Recherche et identification du staphylocoque pathogène (<i>Staphylococcus aureus</i>)	41
Figure 19: Recherche et identification Salmonella.	42
Figure 20: Variation des germes totaux à 22 °C dans les sources étudiées.	44
Figure 21: Variation des germes totaux à 37 °C dans les sources étudiées.	44
Figure 22: Variation des coliformes totaux dans les sources étudiées.....	46
Figure 23: Variation des coliformes fécaux dans les sources étudiées.	47
Figure 24: Variation des Streptocoques fécaux dans les sources étudiées.....	48
Figure 25: Variation des ASR (anaérobie sulfite- réductrices) dans les sources étudiées.	49
Figure 26: Résultats de la recherche des ASR.	75
Figure 27: Résultats de la recherche des germes <i>Pseudomonas</i>	75
Figure 28: Résultats de la recherche des germes <i>Shigella</i>	75
Figure 29: Résultats de la recherche des germes <i>Staphylococcus</i>	75
Figure 30: Résultats de la recherche des germes revivifiables à 37°C.	76
Figure 31: Résultats de la recherche des germes revivifiables à 22°C.	76
Figure 32: Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes.	76

Liste des abréviations

AEP : Adduction de l'eau potable

ASR : Anaérobie sulfitoréducteur

Bcpl : Bouillon lactose au pourpre bromocrésole

D/C : Double concentration

E. Coli : *Escherichia coli*

EPA : L'eau Peptonée Alcaline

H₂S : Sulfure d'hydrogène

MES : Matière en suspension

Mn : Manganèse

MTH : les maladies à transmission hydriques

NPP : Méthode du nombre plus probable

OMS : Organisation mondiale de la Santé

S/C : Simple concentrations

SFB : Bactéries filamenteuses segmentées

SS : Salmonella-Shigella

TGEA : Gélose numération : Gélostryptone-glucose extrait de levure

UFC : Unité formant colonie.

VF : viande de foie

INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socio-économique réel et durable d'un pays. Elle participe notamment à toutes les activités humaines quotidiennes, domestiques, industrielles et agricoles. De ce fait, l'eau est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (**Kirkpatrick et al., 2008**).

La qualité de l'eau de consommation est appréciée par ses propriétés physico-chimiques et bactériologiques (**Adesakin et al., 2020 ; Sila, 2019 ; Esharegoma et al., 2018 ; Bello et al., 2013**). L'utilisation et la consommation d'eau polluée ou contaminée est l'une des causes de diverses pathologies humaines (**Adesakin et al., 2020 ; OMS et UNICEF, 2018 ; Ounokis et Achour, 2014**).

L'assemblée générale des nations unies a noté avec une vive préoccupation en 2018, que près de 900 millions des personnes au monde n'ont pas accès à l'eau potable (**OMS et UNICEF, 2018**). Le problème de la dégradation des ressources en eau est devenu l'un des aspects les plus inquiétants et pourrait constituer à long terme un réel danger pour l'avenir de l'humanité (**Belaid, 2010 ; Belghiti et al., 2013**).

La contamination des eaux par des agents pathogènes est un problème de pollution qui remonte de très loin dans le temps. Au cours du 19^e siècle, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra, entre autres (**Adetunde et Glover, 2020 ; O.M.S, 2000 ; Diallo, 2017 ; Rodier, 1987 ; Samake, 2002**). Aujourd'hui, ces maladies sont à l'origine d'un taux de mortalité très élevé dans les pays en voie de développement. Dans le monde, 100 millions de personnes souffrent en permanence de gastro-entérites hydriques tandis qu'environ 6 millions d'enfants meurent chaque année suite à ces maladies (**OMS et UNICEF, 2018 ; Diallo T, 2017**). En Afrique, plus de 300 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et les maladies hydriques sont la première cause de mortalité (**Bazié, 2014**).

En Algérie, l'un de principale source d'eau pour répondre à la demande en eau est une nappe phréatique relativement accessible. En raison de la croissance démographique et de la modernisation de l'agriculture, la détérioration de la qualité de ces sources souterraines, qui existent déjà en quantité limitée, est devenue un problème majeur.

Cependant, Ces ressources qui sont sous la dépendance d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques subissent des contraintes quotidiennes, qui entraînent une détérioration de leur qualité hygiénique. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent

un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable (**Myrand, 2008**).

La gestion de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car elle peut entraîner des changements catastrophiques pour les sols et les corps humains, et même affecter la santé de populations entières (**Roux, 1987**).

Compte tenu de cette importance, le présent travail s'intéresse et contribue à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau de certaines sources, situés dans certaines régions de Guelma (nord-est de l'Algérie), afin de mesurer les risques sanitaires auxquels sont exposées les personnes qui les utilisent pour leurs besoins.

A ce propos nous attirant votre attention que notre travail a été structuré comme qui suit :

➤ Après l'introduction, une première partie comporte le chapitre intitulé synthèse bibliographique : Il est consacré essentiellement à présenter d'une part aux généralités sur l'eau et leur caractéristique, et d'autre part à la pollution de l'eau, les risques qui leur sont liés et son traitement.

➤ La deuxième partie de la synthèse expérimentale comporte deux chapitres à savoir : Matériels et méthodes, ce dernier réservé à la présentation de la zone d'étude, du matériel et des méthodes analytiques mis en œuvre dans ce travail, par contre la troisième partie nous permet de décrire les résultats et discussions obtenus lors de la recherche ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale et des perspectives.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01 :

Généralité sur l'eau

1. Généralités

Le mot « eau » est dérivé du latin aqua, est une substance chimique composée de molécules d' H_2O , incolore, inodore, insipide, généralement neutre et liquide à température ordinaire (**Roux, 1987**). Ce composé est très stable, mais aussi très réactif, ce qui en fait un excellent solvant à l'état liquide (**Fig.01**). Dans de nombreux contextes, le terme eau est utilisé au sens restreint d'eau liquide, ou pour désigner des solutions aqueuses diluées (eau douce, eau potable, eau de mer, etc.) [1].

L'eau se retrouve dans l'écosphère sous diverses formes : Solide (existe sous forme de glace dans les glaciers tels que les banquises et les icebergs) [1], liquides (rivières, lacs, océans ou eau du robinet. En d'autres termes, l'eau liquide n'est pas nécessairement propre à la consommation humaine. De plus, les nuages sont également constitués d'eau liquide, mais les molécules sont si petites qu'elles peuvent flotter dans l'air) [2], gazeux (l'aspect le plus connu est celui de la vapeur d'eau. Mais cet état est généralement invisible à l'œil nu, présent autour de nous à travers l'air que nous respirons) [2].

Cependant, 71 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans divers réservoirs) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme, l'eau douce n'en représente que 2,6 %. La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain avec seulement 0,3 % du volume d'eau de la planète (**RPDE, 2007**).

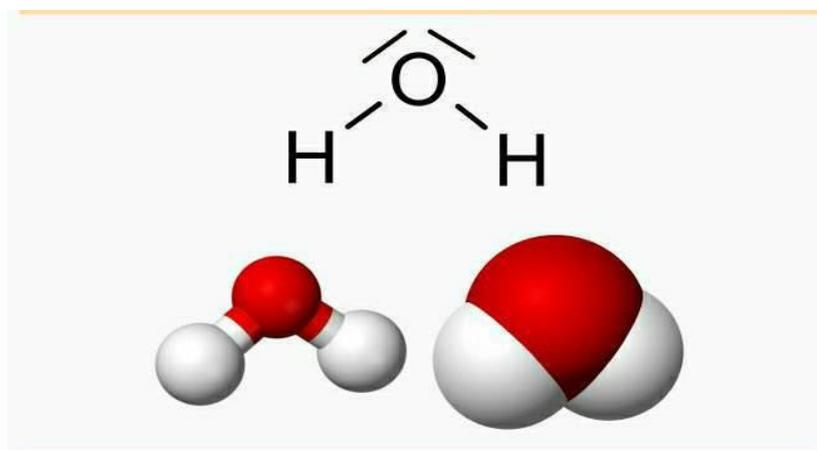


Figure 1: La molécule d'eau [1].

1. Cycle de l'eau :

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature de sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale (**Gofti-Laroche, 2001**).

Le cycle de l'eau est le cycle biogéochimique de la Terre. Notre planète est particulière car c'est la seule planète du système solaire où l'eau existe sous trois états : liquide, solide et gazeux. Ce circuit hydrologique implique l'échange d'eau entre les différentes couches de la Terre : hydrosphère, atmosphère et lithosphère. La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Ces surfaces terrestres contiennent des quantités variables d'eau : principalement dans l'hydrosphère, moins dans la lithosphère et très peu dans l'atmosphère [3].

Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire, qui pilote tous les autres échanges en facilitant l'évaporation de l'eau [4].

1.1. Le cycle de l'eau dans son ensemble comprend deux branches distinctes mais couplées :

Le cycle de l'eau dans l'atmosphère d'une part, et le cycle de l'eau dans le sol d'autre part. La première branche, l'atmosphère, est la partie la plus visible du cycle (nuages, précipitations, ...), qui se caractérise par la circulation rapide de l'eau, principalement sous forme de vapeur d'eau (temps de séjour moyen de la vapeur d'eau dans l'atmosphère environ 8 jours), qui interagit directement avec le fonctionnement de l'atmosphère elle-même. En revanche, le cycle de l'eau dans le sol se produit essentiellement en phase liquide et se caractérise par un taux de circulation de l'eau relativement lent et la ramification de l'eau à travers ce cycle moins toute interaction avec l'atmosphère sur une période de temps (**Grosclaude, 1999**).

Le cycle de l'eau est divisé en plusieurs étapes :

1.2. Évaporation :

Grâce à l'énergie solaire, l'eau de l'océan s'évapore dans l'atmosphère, où elle est débarrassée de son sel et de ses impuretés. L'évaporation peut aussi venir du sol. C'est un phénomène qui transforme l'eau des rivières, des lacs, du sol, en vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau s'accumule alors dans les nuages, un peu comme l'océan s'évapore [5].

1.3. Condensation :

Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes d'eau, formant des nuages, du brouillard ou de la brume [5].

1.4. Précipitations :

Sous l'impulsion des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Lors d'un changement climatique et par effet de gravité, les nuages s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme d'eaux pluviales, de grêle ou de neige. 79 % des précipitations tombent sur les océans, les 21 % restants tombent sur la terre puis viennent alimenter les nappes phréatiques, soit par infiltration, soit par ruissellement [5].

1.5. Infiltration :

Ainsi après une pluie, selon la perméabilité du sol ou de la structure rocheuse, l'eau va être piégée en surface par le sol et les racines des plantes, ou stockée dans les lacs et autres réservoirs naturels, barrages... et/ou, s'infiltrer profondément pour reconstituer les nappes phréatiques [6].

1.6. Ruissellement :

Toute l'eau qui ne s'infiltré pas dans le sol s'écoule, alimentant les cours d'eau. Mais selon l'intensité de ces précipitations, leur durée et la qualité du contenant (selon qu'il est étanche), ces précipitations peuvent provoquer des crues, des crues, une très forte érosion des sols, des glissements de terrain [6].

Ces cinq étapes principales sont étroitement liées et la qualité et la quantité de l'une d'entre elles affectent nécessairement l'ensemble du cycle. Ce cycle de l'eau était à l'origine naturel, mais les événements climatiques récents ont montré que les actions humaines ont souvent des effets très néfastes sur ces phases, notamment à travers la déforestation, l'urbanisation et l'imperméabilisation des sols, l'intensification de l'agriculture et de l'industrie (**Fig 02**) [6].

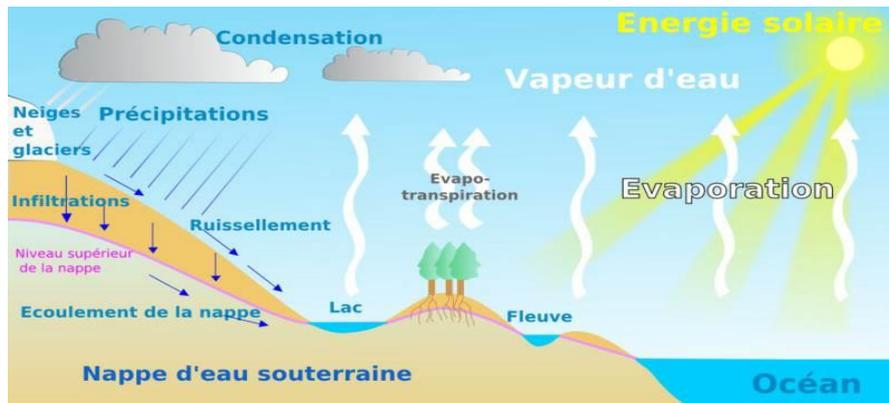


Figure 2: Le grand cycle de l'eau [6].

2. Les ressources naturelles en eau :

La notion « ressources en eau » désigne les eaux liquides entrant dans le cycle hydrologique et accessibles aux usages humains. En effet, il existe quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Chacune de ces sources, possède des caractéristiques générales reflétant l'interaction de l'eau avec le milieu environnant (Ayed, 2016).

Dans les pays riverains de la mer Méditerranée, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. Les États périphériques du sud ne reçoivent que 10 % de leurs précipitations annuelles moyennes. (Blinda et Thivet, 2009).

En effet, la connaissance des conditions climatiques joue un rôle important dans les études de planification économique ; elle permet une meilleure maîtrise des apports non maîtrisés, permettant ainsi le bon fonctionnement des systèmes de prévision et de gestion des ressources en eau à court, moyen et long terme (Kettab et al., 2008).

Parmi toutes les ressources naturelles, l'eau est devenue la ressource la plus précieuse. On peut dire que le problème de l'eau est l'un des problèmes les plus importants dans le monde aujourd'hui. Les ressources en eau douce sont principalement constituées d'eaux de surface (rivières, lacs, etc.), d'eaux de source et d'eaux souterraines (Baurant, 1971).

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (Degremont, 2005).

2.1. Eaux de surfaces :

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents (**Degremont, 2005**). Elles ont pour origine, soit des rivières ou des lacs et subissent des traitements de purification par un processus à cinq étapes : un prétraitement, une décantation, une filtration, un affinage puis une désinfection (**SDE, 2005**).

La qualité des eaux de surface vierges dépend en grande partie des phénomènes saisonniers (efflorescences algales, planctoniques, etc.) et des événements météorologiques. Leur capacité d'adsorption très limitée (réduite aux interactions eau-sédiment) et d'absorption.

Cette ressource facilement accessible, a une forte teneur en matières organiques, en débris d'origines végétale ou animale et en microorganismes pathogènes qui font plus objets des pollutions physico-chimiques et microbiennes. La pollution organique souvent due à un phénomène naturel : l'eutrophisation. En effet, les eaux de surface assurent un développement important de zooplancton et de phytoplancton qui se multiplie par photosynthèse en utilisant les sels minéraux dissous. Certains de ces organismes peuvent sécréter des produits sapides et odorants ou des toxines (**Bengarnia, 2016**).

L'intérêt du mécanisme de filtration est que les solides (dissous ou non) diffusent rapidement : les eaux de surface sont donc de qualité très fluctuante. Leur contamination microbienne est généralement très élevée. Les dangers proviennent des eaux de ruissellement (pesticides, engrais, fumier de ferme), des déversements d'eaux usées, des dépôts de polluants atmosphériques et des accidents dans les zones agricoles et forestières (**Beer, 2010**).

Le contrôle des eaux de surface traitées comprend des analyses physiques, chimiques et bactériologiques complètes et la recherche d'espèces chimiques (coagulants et bactéricides) non liées à la composition de l'eau brute. L'extraction des eaux de surface est à l'origine de l'industrialisation de l'alimentation en eau potable urbaine, obtenue à l'issue du processus de conversion de grandes quantités d'eau non potable (matière première) en eau potable (produit de consommation) (**Pezon, 2000**).

2.2. Eaux souterraines :

L'eau souterraine est produite par l'eau de pluie qui s'infiltre dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot, 1999**). Et sont souvent bonnes eaux pour une consommation sans traitement (**SDE, 2005**).

Cependant, les eaux souterraines sont souvent traitées avant d'être distribuées. La distinction traditionnellement établie entre eaux souterraines et eaux de surface n'est plus absolue. Au minimum, les eaux souterraines doivent être traitées pour réduire leur teneur en fer et en manganèse. Jusqu'au début des années 1990, les méthodes de traitement des eaux de surface qui ont fait l'objet de recherches techniques et scientifiques ont été au profit d'eaux souterraines de mauvaise qualité.

La contamination microbienne des eaux souterraines pourrait en effet bénéficier des applications biologiques développées pour traiter les eaux de surface. Le fer et le manganèse sont fréquents dans les eaux souterraines et n'altèrent pas nécessairement leur qualité bactériologique, mais leur donnent un aspect trouble, que l'ozone peut réussir à éliminer. Pour éliminer les pesticides et les nitrates, une combinaison d'ozone, de peroxyde d'hydrogène et de charbon actif est utilisée dans les services d'eau en milieu rural et a fait ses preuves en banlieue parisienne (Pezon, 2000).

Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources essentielles, également appelés aquifères : une nappe phréatique proche de la surface, aquifères captifs plus profonds.

❖ Les eaux des nappes profondes :

Elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables, profondes, l'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe, par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques telles que les nitrates, les hydrocarbures, etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour la consommation humaine [7]. Elles peuvent être de deux types : une nappe libre, et une nappe captive.

❖ Les eaux des nappes phréatiques :

Reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc largement soumises aux pollutions microbiennes et chimiques. Elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde. Dans une nappe phréatique, l'eau trouve parfois une sortie et devient alors une source qui affleure à la surface du sol. En outre, l'eau peut être captée au moyen de puits [8].

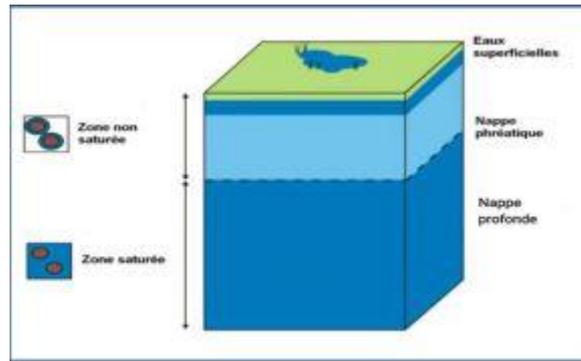


Figure 3: Présentation des eaux souterraines (Mourey *et al.*, 2009).

2.3. Captage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont généralement captées soit par des puits, des sources, des drains ou des galeries d'infiltration (Bouziani, 2000).

2.4. Eaux de sources :

Formée par les eaux d'infiltration, représentant 20 % des réserves d'eau de la terre, soit environ 1 milliard de mètres cubes ; l'eau de source est une eau souterraine, avec des micro-organismes sains et sans risque de contamination. Elle obéit ou satisfait aux mêmes limites ou références de qualité, tant lors de son apparition que lors de sa commercialisation, liées aux paramètres microbiologiques et physico-chimiques définis pour l'eau potable. Les sources sont extraites d'un ou plusieurs puits naturels ou forés (Hocine *et al.*, 2022).

2.5. Les eaux de puits :

Un puits à eau peut être défini comme étant un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe souterraine (nappe phréatique). Généralement, les puits ont une profondeur plus ou moins faible (inférieure à 100 m). Les puits, jadis creusés à la main, à l'aide de pics, par des puisatiers, notamment dans les roches consolidées (craie, grès, partie superficielle altérée des granites), sont à peu près tombés en désuétude (Emand *et al* 1999).

L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée (Collin, 2010).

Malgré qu'elle puisse avoir une apparence claire et limpide sans odeur ou saveur particulière l'eau de puit peut contenir des éléments pouvant avoir des effets indésirables sur la santé, par exemple des microorganismes et des nitrates et nitrites [9].

Il y'a deux moment idéals pour effectuer l'analyse des puits : la première devrait être effectuée au printemps, après la fonte des neiges, puisque c'est l'un des moments où le risque de contamination est le plus élevé. La deuxième devrait être effectuée à l'automne, lors des fortes pluies, car la possibilité d'une contamination, due à l'infiltration des eaux de surfaces, est plus grandes à cette période [10].

✚ Principale différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface :

Le tableau ci-dessous indique les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines (Stampfli 2007).

Tableau 1 : principale différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface.

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain arstique)
Couleur	Liée surtout au MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acidehumiques)	Liée surtout aux matières en solution (acide humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Gout et odeurs	Fréquents	Rares (sauf H ₂ S)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
O₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Teneur faible ou nulle
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée si roche siliceuse
Micropolluants minéraux et organiques	Selon rejets industriels (dont les activités minières), agricoles ou des habitations ; pollution permanente ou périodique (dont accidentelle)	Présents en fonction des épandages agricoles ou rejets industriels en surface une pollution accidentelle peut subsister plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présents	Peuvent être présents (pollution de la nappe)
Élémentsvivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton.	Ferrobactéries et sulfatoréductrices fréquentes

3. Usage de l'eau :

L'eau est une substance essentielle pour tous les êtres vivants : humains, animaux et plantes. Il est également nécessaire pour toutes les activités menées par l'homme. Par conséquent, nous pouvons distinguer différentes utilisations de l'eau [11].

3.1. Usage agricole :

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent l'irrigation et l'élevage du bétail. A noter que l'aquaculture (algues, mollusques, crustacés et poissons) est assimilée à une activité agricole [11]. D'après **Shiklomanov (1999) et Marsily (2006)**, ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13 % du total en France). Mais plus le climat est sec, plus l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation et plus sa part dans les prélèvements augmente. Des valeurs de l'ordre de 90 % sont fréquentes dans les pays arides (**Muriel, 2010**). Sans eau, la terre ne peut pas être cultivée, et sans terre, l'eau ne peut pas être guérie. L'eau, le sol et l'agriculture sont inextricablement liés (**Denier, 2013**).

3.2. Usage industrielle :

L'eau est au cœur de nombreux procédés industriels. Il est également largement utilisé dans le lavage et l'élimination des déchets, les unités de refroidissement ou les chaudières en marche. Le refroidissement des usines représente la majorité des utilisations industrielles. Dans la production d'aliments, de substances primaires dans l'industrie de production, ou de solvants et milieux réactionnels dans l'industrie chimique par exemple [11].

3.3. Usage domestique :

Eau domestique (y compris l'approvisionnement en eau potable) : Une personne moyenne consomme 150 litres d'eau par jour. La majeure partie de l'eau consommée est utilisée pour l'hygiène personnelle, l'assainissement, l'entretien de la maison et diverses tâches ménagères. Boire et préparer des aliments ne représentent que 7 % de notre consommation totale. Ajoutez à cela la consommation collective à laquelle chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes [11].

4. Pollution de l'eau :

La pollution des eaux est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, généralement provoquée par l'homme, qui la rend impropre ou dangereuse à la consommation humaine (**A.I.D.E, 2014**).

Le terme pollution informe la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des conséquences négatives sont susceptibles de se produire. Elle comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique (Hélène, 2000).

4.1. Sucres de la pollution :

a. Pollution naturelle :

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution (ébullitions volcaniques, etc.). Les crues consécutives à de fortes pluies facilitent la propagation des bactéries liées aux déjections d'oiseaux et d'animaux sauvages (Djabri, 1999).

b. Pollution d'origine anthropique :

- **Pollution domestique :**

Il provient des maisons et est généralement transmis par le réseau de santé. Ses caractéristiques sont : le contenu fort de la matière organique ; le sel minéral, y compris l'azote et le phosphore ; détergents ; bactéries fécales (Boucherit et Hakimi, 2016).

- **Pollution industrielle :**

Une grande variété d'opérations industrielles et manufacturières rejette directement ou indirectement des polluants dans les sources d'eau ambiantes. Ces polluants présentent une grande diversité, selon l'usage Eau pendant le refroidissement, le lavage, l'extraction, la dissolution, activités de l'usine (produits chimiques de traitement de surface, agro-alimentaire, etc.) (Benchabane et Merzoug, 2015).

- **Pollution agricole :**

Les activités agricoles ont fortement changé la qualité et la dynamique de l'eau dans l'environnement. Grâce à la conversion de la couverture des plantes, du travail du sol, de la contribution des engrais et des pesticides, l'agriculture changera le cycle de l'eau en tant que composé. Au cours des dernières décennies, la croissance du sol et de l'eau par la croissance des produits agricoles et de la production agricole mécanisée a endommagé le sol et l'eau dans de nombreuses parties du monde. Ces dégradations sont différentes en fonction de la forme et du niveau de renforcement agricole et du contexte du climat (Laurent, 2012).

5. Normes de la qualité de l'eau :

Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales (OMS, 1994).

En Algérie, ces normes de potabilité sont définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00) relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation (Bouziati, 2000). Elles ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilayas du Nord et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 04 catégories : Paramètres organiques, physico-chimiques, substances indésirables et substances toxiques (Alouane, 2012).

CHAPITRE 02 :
LES MALADIES A
TRANSMISSION
HYDRIQUE

L'eau est une ressource indispensable à la vie. D'autre part, elle représente la première cause de mortalité et de maladie dans le monde. De nombreux germes infectieux sont ainsi transmis et provoquant des épidémies graves connues sous le nom de maladies à transmission hydriques (MTH).

Définition

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

Ce sont des maladies fécales dangereuses à allure épidémique comme la peste, dont les symptômes sont principalement des symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, vomissements, etc.) (**Benhalima, 2019**).

La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire, (10.000 cas annuels en moyenne). L'**OMS (2014)** estiment que l'eau sale est responsable de 9,1 % des maladies enregistrées et de 6% des décès dans le monde chaque année. Au moins 2 milliards de personnes dans le monde utilisent des sources d'eau potable contaminées par des matières fécales. En 2019, seuls 50 % des établissements de santé des pays les moins avancés avaient accès aux services d'eau de base, 37 % avaient accès à l'assainissement de base et 30 % avaient accès à la gestion des déchets de base (**OMS 2020**).

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des matières fécales animales ou humaines, qui contiennent des micro-organismes pathogènes. Les maladies d'origine hydrique se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les excréments de personnes ou d'animaux infectés (**Ayed, 2016**). En général, la dose requise est plus faible pour les virus et les protozoaires que pour les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut déclencher une maladie, mais certaines bactéries nécessitent des concentrations de 10^3 à 10^6 bactéries (**Madigan et al., 2007**).

Les principaux facteurs générateurs de MTH :

- ✓ La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross-connexions entre les réseaux d'approvisionnement en eau potable (AEP) et l'assainissement.

- ✓ L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à une forte poussée démographique et d'autre part en développement économique et industriel.
- ✓ Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, la multiplication autour de grandes villes du pays : Alger, Annaba, Constantine, Oran
- ✓ Une urbanisation rapide, un contexte démographique et géographique favorable
- ✓ La dégradation de l'environnement (**Aroura, 1997**).

Mode de transmission :

Les maladies hydriques sont transmises par plusieurs voies dont les principales :

- La voie digestive : par absorption d'eau contaminée (ou aliment) par des déchets humains (ou animaux) contenant différents types d'agents pathogènes.
- La voie respiratoire : par inhalation des aérosols contaminées exemple : les pommes de douches peuvent disperser dans l'atmosphère des pathogènes (*Legionella*...).
- La voie cutanéomuqueuse : concerne surtout les pathologies de baignade. Cette voie incluse aussi la voie oto-rhino-laryngologique (**Benhalima, 2019**).

1. Mécanisme des infections d'origine hydrique :

La majorité des maladies transmission hydrique se produisent dans le tractus intestinal, où les micro-organismes (bactéries, virus ou protozoaires) doivent coloniser l'un des niveaux superficiel (bordure en brosse) ou post-pénétrant du tractus gastro-intestinal (**Ayed, 2016**).

1.1. Les maladies d'origine bactérienne :

1.1.1. Gastro-entérites bactériennes :

La gastro-entérite est une inflammation de la muqueuse de l'estomac ou de l'intestin. Elle entraîne des troubles digestifs aigus, le plus souvent réversibles, tels que la diarrhée, les vomissements, les douleurs abdominales, les nausées et s'accompagne ou non de fièvre

La diarrhée mérite une attention particulière car elle peut conduire à une déshydratation qui constitue un risque vital. La diffusion de la réhydratation orale dans les pays en voie de développement a permis de réduire la mortalité à 3 millions à l'aube des années 90 (**Gofti-Laroche, 2001**).

1.1.1.1. Gastro-entérite à *Yersinia enterocolitica* :

Yersinia appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*, Ce sont des bacilles à Gram négatifs, anaérobie facultatives, immobiles. Ils ne fermentent pas le lactose, et ne produit pas

de gaz lors de la fermentation du glucose. Ils fermentent constamment le mannitol caractérisent par une uréase très active.

La yersiniose se présente comme une diarrhée muqueuse (78-96 %) et parfois sanglante (<10 %), souvent accompagnée d'une légère fièvre (43-47 %) et inconstamment, de douleurs abdominales (22-84 %) (**Bern et al., 1992**). La septicémie est une complication rare de l'infection à *Y. enterocolitica*, à l'exception des enfants de moins de 3 mois (20 à 30 % des cas) (**Hoogkamp-Korstanje et al., 1995**).

1.1.1.2. Campylobactériose :

Campylobacter est l'une des 4 principales causes mondiales de maladies diarrhéiques. Elle est considérée comme la cause bactérienne la plus courante de gastroentérite humaine de par le monde.

Les symptômes cliniques les plus fréquents des infections à Campylobacter sont : diarrhée (souvent sanglante), douleurs abdominales, fièvre, céphalées, nausée et/ou vomissements. Les symptômes durent habituellement entre trois et six jours. Les Campylobacters sont sensibles à l'acidité gastrique. Du fait de cette barrière, le risque d'infection est plus important quand l'inoculum ingéré est important (**Bronfin, 2002**).

1.1.2. Légionellose :

La légionellose est une maladie infectieuse bactérienne, elle peut revêtir deux types : l'un bénin, pseudo-grippal appelé fièvre de Pontiac, passant le plus souvent inaperçu, guérissant spontanément ; l'autre plus sévère à type de pneumonie dont la gravité est liée au terrain et au retard du diagnostic et du traitement (**OMS 2020**).

Legionella étant un agent d'origine hydro-tellurique. Peut coloniser des environnements hydriques artificiels lorsque les conditions sont favorables : des températures d'eau comprises entre 35 °C et 45 °C, une éventuelle stagnation de l'eau, la présence de certains minéraux (fer, silicone), les dépôts de tartre, la présence d'autres micro-organismes (**Mouly, 2016**).

Le mécanisme de pathogénicité fait intervenir les mêmes étapes que lors de l'infection d'amibes : L'adhésion des légionelles aux cellules hôtes et leur pénétration dans les macrophages par phagocytose (**Benhamou et al., 2004**), La multiplication intracellulaire, La lyse de la cellule hôte et le relargage des bactéries puis suit le phénomène de nécrose causée par la cytotoxicité qu'acquiert la bactérie lorsqu'elle entre en phase post-exponentielle de croissance (**Fields et al., 2002**).

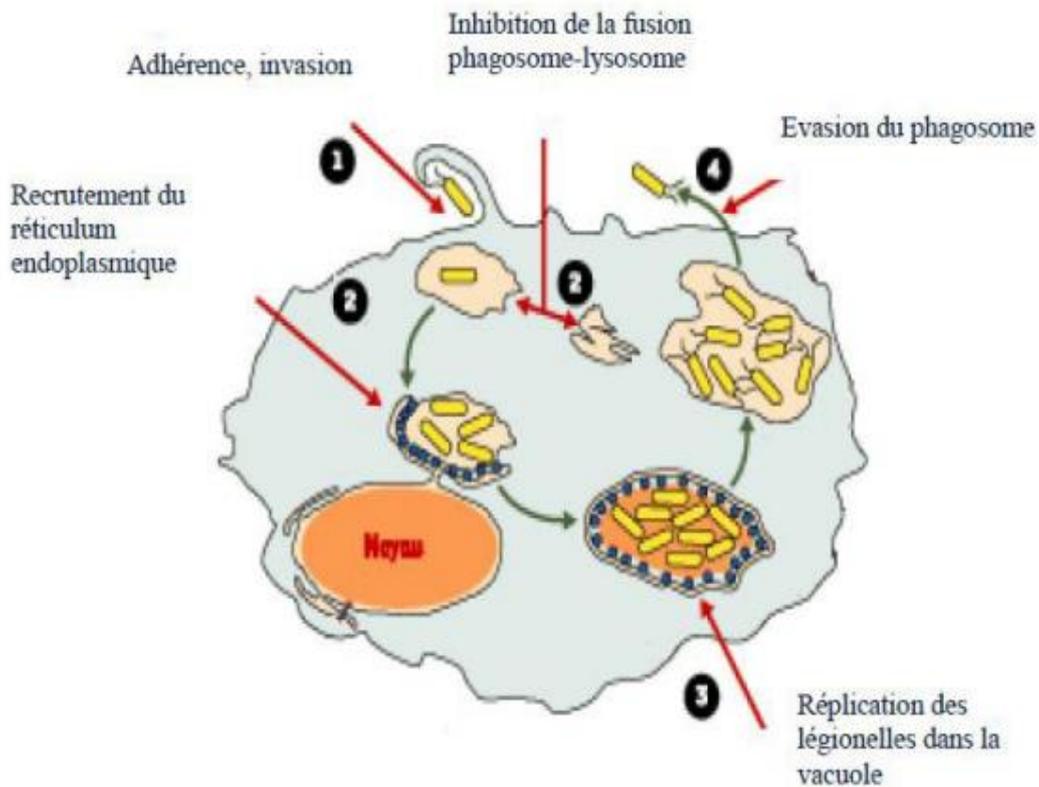


Figure 4: Cycle intra-cellulaire de Legionella dans le macrophage

(Cazalet et Buchrieser, 2005).

1.2. Maladies hydriques d'origine virale :

1.2.1. La poliomyélite :

La poliomyélite est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrophe, immunisante, endémo-épidémique, causée par des poliovirus sauvages (3 sérotypes différents 1, 2 et 3). La transmission se fait 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. 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 (Stone *et al.*, 1998).

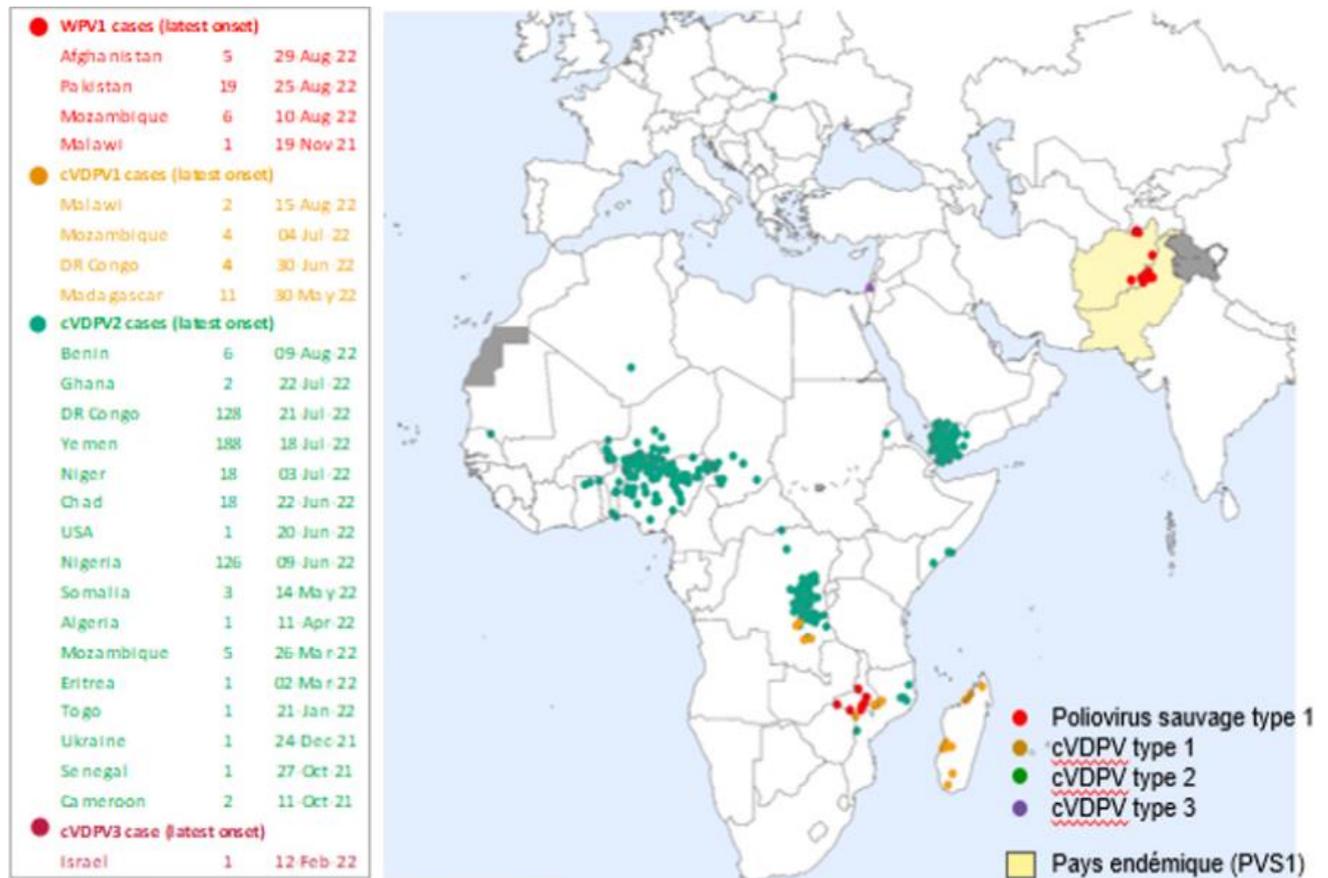


Figure 5: Cas de paralysie liés au poliovirus (OMS, 2022).

1.2.2. Gastro-entérites virales :

La gastro-entérite aiguë virale se définit comme une inflammation, une infection simultanée de la muqueuse intestinale et de l'estomac. Les virus représentent l'étiologie la plus fréquente dans les pays développés, où ils sont à l'origine de 75% des cas. Les rotavirus sont à l'origine de plus de la moitié des gastro-entérites sévères (Gao *et al.*, 1999).

1.2.2.1. Principaux virus responsables de gastro-entérites :

➤ Gastro-entérite à Rotavirus :

La cible privilégiée est l'enfant entre 6 mois et 2 ans, l'infection est généralement inapparente chez les adultes, les nouveau-nés. Les vomissements associés sont un trait caractéristique de la gastro-entérite à Rotavirus : ils précèdent la diarrhée de 2 à 36 heures. La guérison intervient en général après 4 à 7 jours. Les particules virales sont excrétées dans les selles pendant les 10 jours suivant l'apparition des symptômes (Derghoum *et al.*, 2021).

➤ **Gastro-entérite à Sapovirus :**

Les symptômes les plus courants sont les vomissements et la diarrhée, des symptômes supplémentaires peuvent survenir. Ceux-ci comprennent : des frissons, des nausées, des maux de tête, des crampes abdominales et des myalgies - la fièvre est très rare (Alain et al., 2007).

➤ **Gastro-entérite à Astrovirus :**

L'infection à Astrovirus provoque une gastro-entérite caractérisée par la survenue d'une diarrhée modérée et aqueuse, suivie de troubles tels que nausées, vomissements, fièvre, malaises, anorexie et douleurs abdominales jusqu'à 4 jours, la diarrhée dure de 2 à 3 jours (Alain et al., 2007).

➤ **Gastro-entérite à Norovirus :**

Les gastro-entérites à norovirus sont généralement bénignes chez les enfants et les adultes en bonne santé, symptomatologie incluant nausées, vomissements, diarrhée, fièvre modérée et douleurs abdominales, des maux de tête et de gorge, des myalgies et une perte de l'appétit ont par ailleurs été signalés, la symptomatologie n'excède en général pas trois jours (Alain et al., 2007).

1.3. Maladies d'origine fongique :

• **La candidose :**

La candidose est une infection fongique provoquée par un champignon (mycose) des muqueuses et de la peau. Ce champignon appartient au genre *Candida*. *Candida albicans* est la souche la plus fréquente, mais d'autres espèces existent : *Candida tropicalis*, *Candida parapsilosis*, *Candida pseudotropicalis*, *Candida glabrata* sont de plus en plus impliquées dans les septicémies fongiques. *Candida albicans* se manifeste différemment selon le site d'infection. Il entraîne de façon générale une fatigue de l'organisme, fatigue physique mais aussi psychique avec un manque d'envie, des ballonnements, des céphalées de fin de journée avec l'impression d'avoir la tête enserrée dans un étau, une envie constante de manger du sucre (Hadjji et al., 2020).

• **Les dermatophytose :**

La dermatophytose est une infection fongique, causée par des champignons filamenteux microscopiques qui ont une affinité pour la kératine (épiderme, ongles, poils ou cheveux). Ce dernier comprend de nombreuses espèces réparties à l'intérieur de trois genres : *Trichophyton*,

Microsporium et *Epidermophyton*. Ce sont les "teignes", des lésions de la peau ou du cuir chevelu. Elle se manifeste aussi bien chez l'homme que chez l'animal, et est contagieuse (**Hadji et al., 2020**).

1.4. Maladies hydriques d'origine parasitaire :

❖ La bilharziose :

Maladie parasitaire transmise par la douve *Schistosoma mansoni* 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 (**Ayed, 2016**).

❖ Cryptosporidiose :

La cryptosporidiose est une maladie parasitaire due au *Cryptosporidium*, elle se caractérise chez les mammifères par des signes cliniques intestinaux, essentiellement de la diarrhée.

- Forme asymptomatique : est peu fréquent chez les personnes au statut immunitaire normal mais semble plus important chez les personnes immunodéprimées.
- Forme transitoire (ou aiguë) : La durée d'incubation est d'environ 6 jours et les principaux signes cliniques sont une diarrhée aqueuse souvent accompagnée de crampes abdominales, de maux de tête, nausées et vomissements.
- Forme chronique : Cette forme est fréquente chez les personnes atteintes du SIDA ou souffrant de malnutrition (**Benhalima, 2019**).

❖ Le paludisme :

Le paludisme (ou malaria) constitue la première endémie parasitaire dans le monde. Près de 40 % de la population mondiale vit en zone à risque et on enregistre entre 300 et 500 millions de cas cliniques chaque année avec plus d'un million de décès, principalement des enfants de moins de cinq ans. Le paludisme est causé par un protozoaire du genre *Plasmodium*, infecté alternativement les hôtes humains et de moustique du genre Anophèles. Parmi les quatre espèces à l'origine d'infection chez l'homme (*Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malaria*, *P. ovale*) *P. falciparum* provoque les infections les plus graves, souvent mortelles. (**Wein, et al., 2005**).

DEUXIEME PARTIE :

MATERIEL ET

METHODES

1. Description générale de la zone d'étude :

1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma :

La wilaya de Guelma est située au nord-est de l'Algérie, à environ 60 kilomètres de la mer Méditerranée (**Fig 06**). Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui. Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km² (**Aouissi, 2010**). Sur le plan administratif la wilaya de Guelma forme un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi, Souk Ahras et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud (**Bouaicha, 2018**).

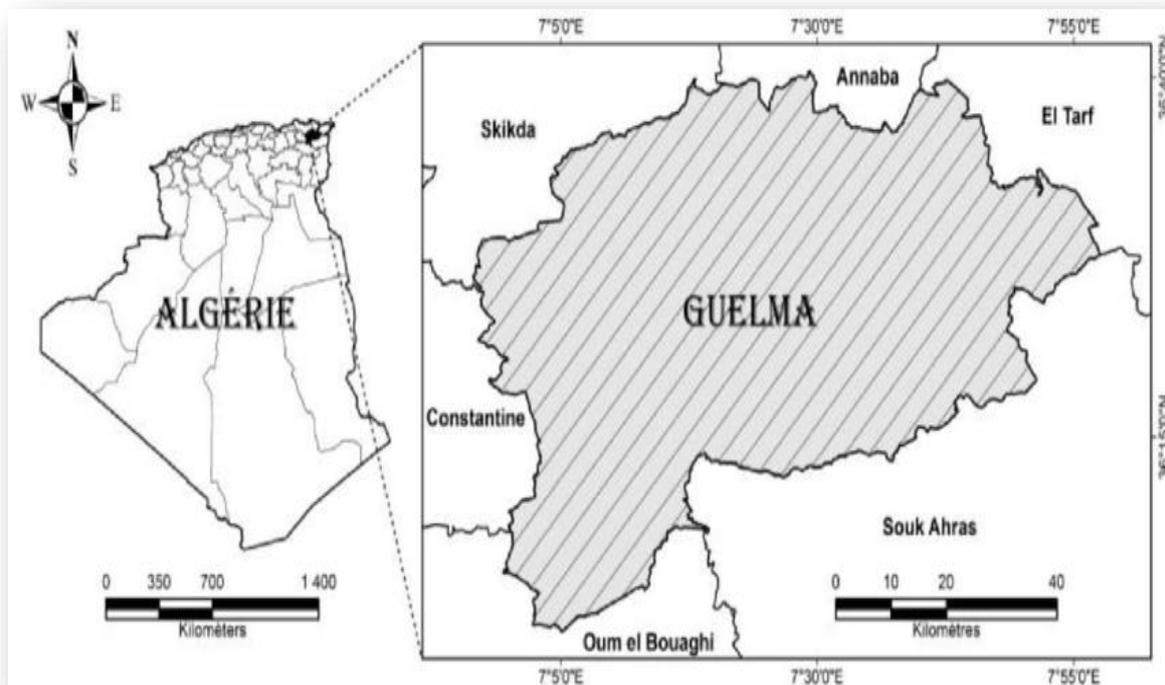


Figure 6: Limite géographique de la wilaya de Guelma (**Akram Soltani, 2019**).

2. Réseau hydrologique :

Le réseau hydrographique est très dense et se compose de trois vallées fluviales principales, qui sont :

- L'Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est.

- L'Oued Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.
- L'Oued Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km², pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba (**Metidji et al.,2022**).

Ces vallées qui drainent les eaux de pluie vers la mer sont il est alimenté par un important réseau hydrologique de petites vallées fluviales et quelques affluents importants. Notamment l'Oued Seybouse (57,15 km) dont les principaux affluents coulent d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), (**Fig 07**) l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham (**Metidji et al., 2022**).

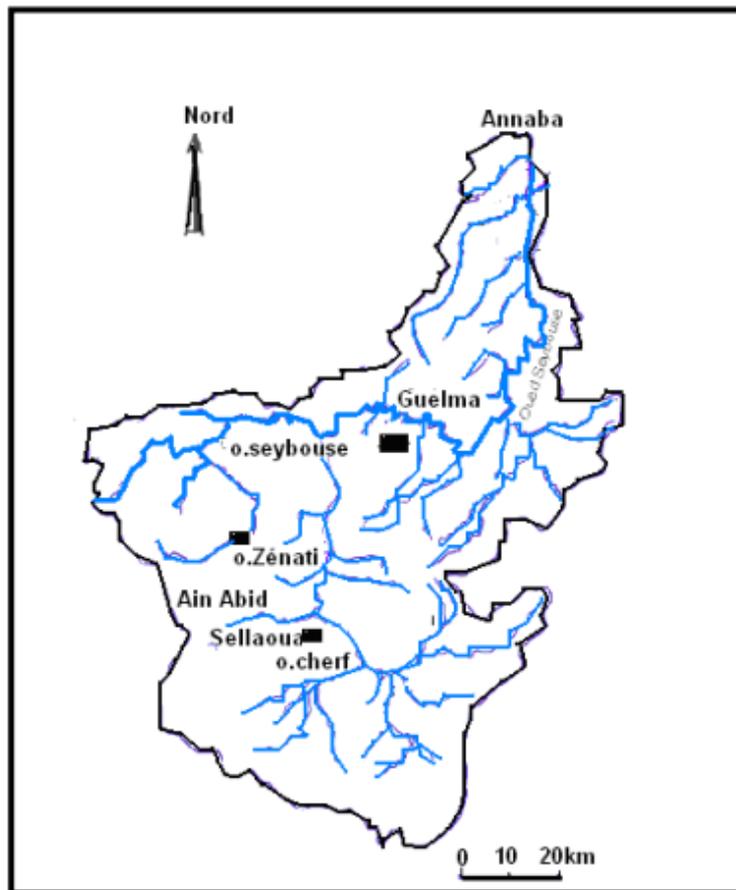


Figure 7: Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma. (**Benmarce. 2007**)

3. Reliefs :

La Wilaya de Guelma est caractérisée par une variété de reliefs (**Fig 08**), décomposés comme suit :

Montagnes : 37, 82 % dont les principales sont :

- Maouna (Ben Djerrah) : 1. 411 m d'Altitude.
- Houara (Ain Ben Beidha) : 1. 292 m d'Altitude.
- Taya (Bouhamdane) : 1. 208 m d'Altitude.
- D'bagh (Hammam Debagh): 1. 060 m d'Altitude.
- Plaines et Plateaux : 27, 22 %
- Collines et Piémonts : 26,29 %
- Autres : 8, 67 % (Araba et Bouchmel, 2016).

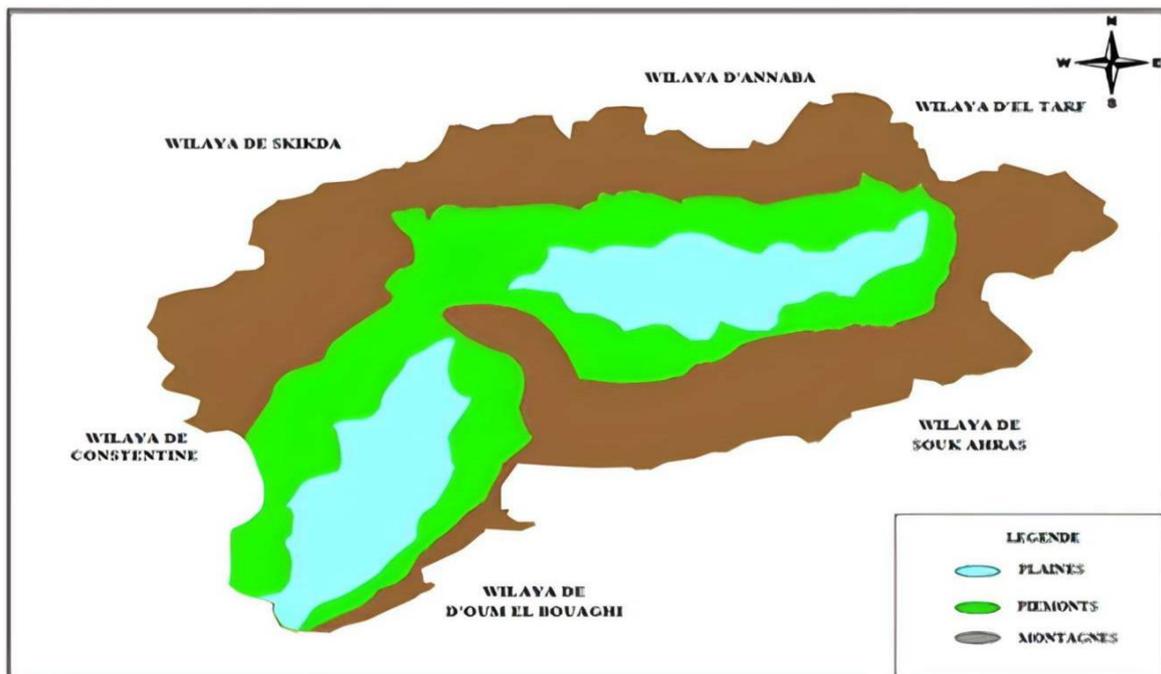


Figure 8: Géomorphologie de région de Guelma (Araba et Bouchmel, 2016).

4. Analyse et caractéristique géologique de la région :

4.1.Cadre géologique :

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir : la région de Guelma, la région d'Oued-Zénati, la région de Bouchegouf, la région de Tamlouka (Hocine et *al.*, 2022).

- **Région de Guelma :**

La région de Guelma couvre toute la partie centrale du territoire provincial du nord au sud. Elle s'organise en auréole autour de la plaine centrale, constituée de terrasses alluviales qui se développent le long du cours de la rivière Seybouse (vallée de la Seybouse).

C'est la plus grande zone du territoire de la wilaya. Il se caractérise également par une forte couverture forestière au nord et à l'est. D'autre part, malgré la nature montagneuse de la sous-région, la partie sud a été dégradée à plusieurs reprises, entraînant une réduction du couvert forestier et est très vulnérable à l'érosion (**Hocine et al., 2022**).

- **Région d'Oued Zénati :**

La région d'Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Le paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans les massifs montagneux où le couvert forestier est moins important que dans la région de Guelma. Le sol y est majoritairement calcaire brun, parfois très profond (**Bouteffas, et Benoughidene, 2016**).

- **Région de Bouchegouf :**

Elle se distingue par un relief fortement montagneux (près de 75%). La zone est traversée par l'Oued Seybouse, dont les rives forment le prolongement de la plaine de Guelma. Ses collines sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma (**Bouteffas, et Benoughidene, 2016**).

- **Région de Tamlouka :**

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est avec une altitude moyenne de plus de 800 mètres, La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage de hautes plaines traversées par l'Oued M'gaisba, caractérisée par des bas-fonds et des glacis alluviaux. Au nord, des paysages glaciaires assez étendus jouxtent les plaines (**Bouteffas, et Benoughidene, 2016**).

5. Principaux oueds :

- **Oued Seybouse :** sa source est à Medjez Amar (jonction entre Oued Charef et Oued Bouhamdane). Elle traverse la plaine de Guelma-Bouchegouf sur plus de 45 kilomètres du sud au nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an à la station de Boudroua (commune d'Ain Ben Beïda).
- **Oued Bouhamdane :** originaire de la commune de Bouhamdane à l'ouest de Wilaya. Son apport est de 96 millions m³/an à la station de Medjez Amar II.

- **Oued Mellah** : Ce canal prend sa source au sud-est, avec un apport total de 151 millions de m³/an enregistré à la station de Bouchegouf.
- **Oued Charef** : La source est située au sud de la Wilaya et son apport à la station Medjez Amar I est estimé à 107 millions de m³/an (**Grairia et al., 2022**).

6. Cadre hydrogéologique :

Les eaux souterraines constituent une partie importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma. D'après les recherches géophysiques (**Enageo., 1971 ; Algéo, 1997**), le système hydrogéologique de la région renferme les six aquifères suivants :

- Nappe alluvionnaire de Guelma ;
- Nappe alluvionnaire de Bouchegouf ;
- Nappe des calcaires néritiques et sénoniens d'Héliopolis ;
- Nappe des calcaires éocènes de Ras El Agba- Sellaoua-Announa ;
- Nappe des calcaires de Bouhechena ;
- Nappe des calcaires de Tamlouka (**Aouissi, 2010**).

7. Étude climatologie :

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans l'état des cours d'eau et l'approvisionnement possible en eau souterraine, en particulier la quantité de précipitations, qui constitue le facteur fondamental intervenant dans sa répartition annuelle, mensuelle et journalière.

Ces différents aspects des précipitations, plus ou moins influencés par l'influence conjuguée d'autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques (température et évapotranspiration), permettent d'expliquer quantitativement l'évolution de la composition des précipitations, Etat hydrologique de la zone d'étude (**Aouissi, 2010**).

La wilaya de Guelma est soumise à un climat de type méditerranéen, puisque son climat est caractérisé par deux périodes différentes, l'une pluvieuse humide, l'autre sèche. Avec une pluviométrie de 570 mm/an et une température moyenne annuelle d'ordre de 18 °C.

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semiaride vers le Sud. Ce climat est chaud en été et doux et pluvieux en hiver (**Nedjraoui et Bedrani, 2008**).

Les données météorologiques récoltés de la station de Guelma, sur 15 ans (1994 - 2008) dont les coordonnées sont résumées dans le tableau, nous permettent de caractériser le climat de la région (Aouissi, 2010).

Tableau 2 : Coordonnés de la station météorologique de Guelma (Aouissi, 2010).

Période d'observation	Longitude	Altitude (m)	Latitude
1994 - 2008	07° 28' E	227	36° 28'

7.1.Température :

La température est l'un des facteurs les plus importants affectant le climat. Elle agit sur la répartition de l'eau par évapotranspiration Elle dépend de l'obscurité, de l'altitude, de l'exposition, de la présence de grandes quantités d'eau (effet des océans et des lacs sur la régulation de la température), le sol, où se forment les plantes (les plantes suppriment les changements de température). L'étude de la température moyenne mensuelle de l'air et de la température moyenne annuelle de l'air est essentielle car c'est elle qui permet d'évaluer les déficits de débit annuels et saisonniers (Aouissi, 2010).

7.1.1. Température moyennes mensuelles :

Les données de température disponibles sont des moyennes mensuelles mesurées à la station de Guelma sur une période de 15 ans. Ces valeurs sont consignées dans le tableau 03, leur répartition est illustrée sur la (Fig. 09).

Tableau 3 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1994 - 2008) (Aouissi, 2010).

Août	Jui	Jun	Mai	Avr	Mar	Fev	Jan	Dec	Nov	Oct	Sep	Mois
27.51	27.16	24.25	19.65	14.84	12.47	10.19	9.76	10.87	14.33	19.83	23.56	T(°C)

Les températures mensuelles moyennes les plus élevées se produisent entre Juin et Octobre, avec des températures allant de 20 à 27,51 °C. En revanche, l'hiver (Décembre à Mars) a les températures les plus basses (9 à 12,47 °C). Le plus bas enregistré en Janvier était de 9,76 °C (Aouissi, 2010).

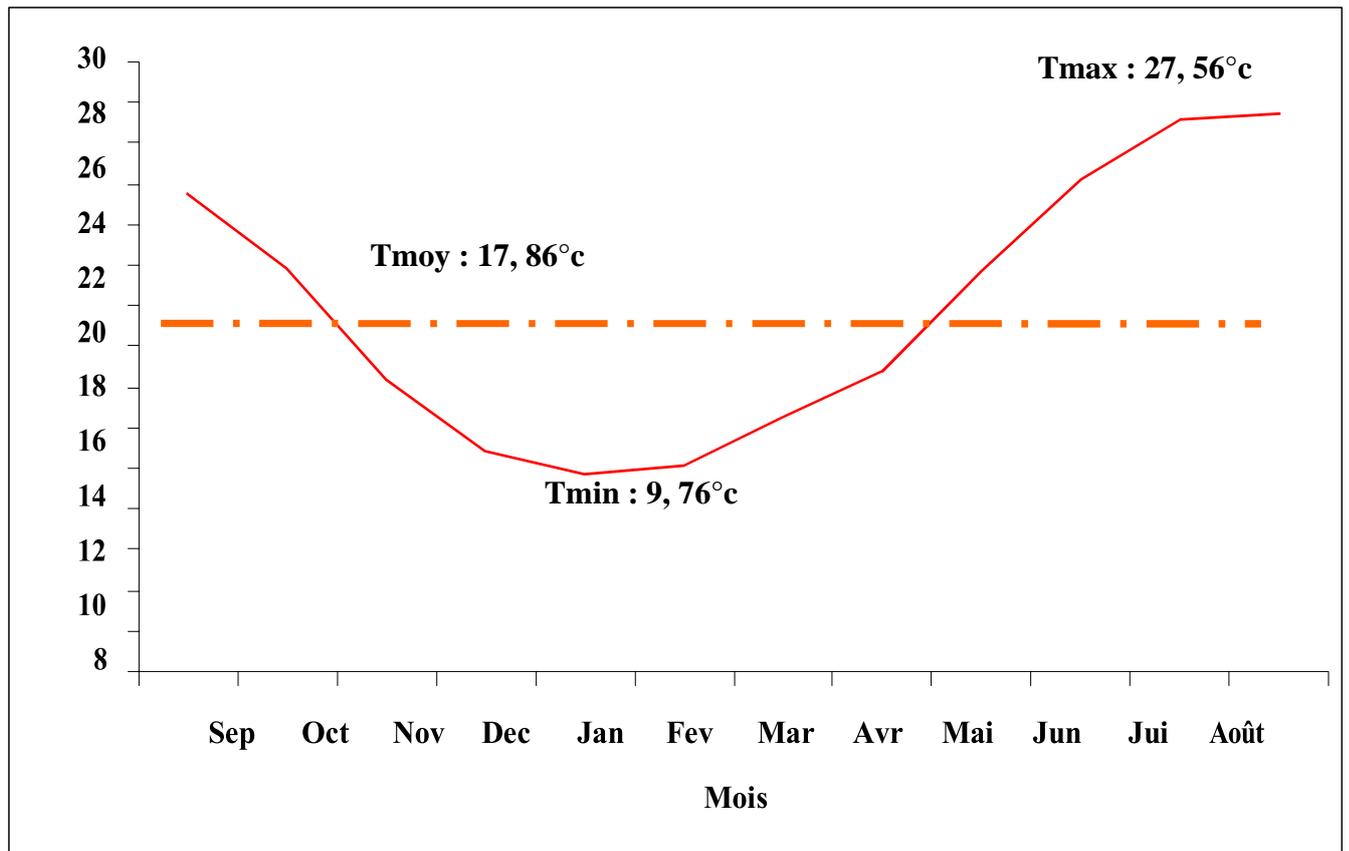


Figure 9: Evolution des températures moyennes mensuelles. Station de Guelma– 2008)
(Aouissi, 2010).

7.2. Précipitation :

7.2.1. Précipitation moyenne mensuelle :

Les précipitations sont tout type d'eau tombant du ciel, que ce soit sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (Hocine et al. 2022).

D'après la figure n° 07, les précipitations moyennes mensuelles maximales sont Janvier a enregistré 90,79 mm. Par contre, la valeur la plus basse correspond à Juillet 3,56 mm (Fig.10) (Hocine et al. 2022).

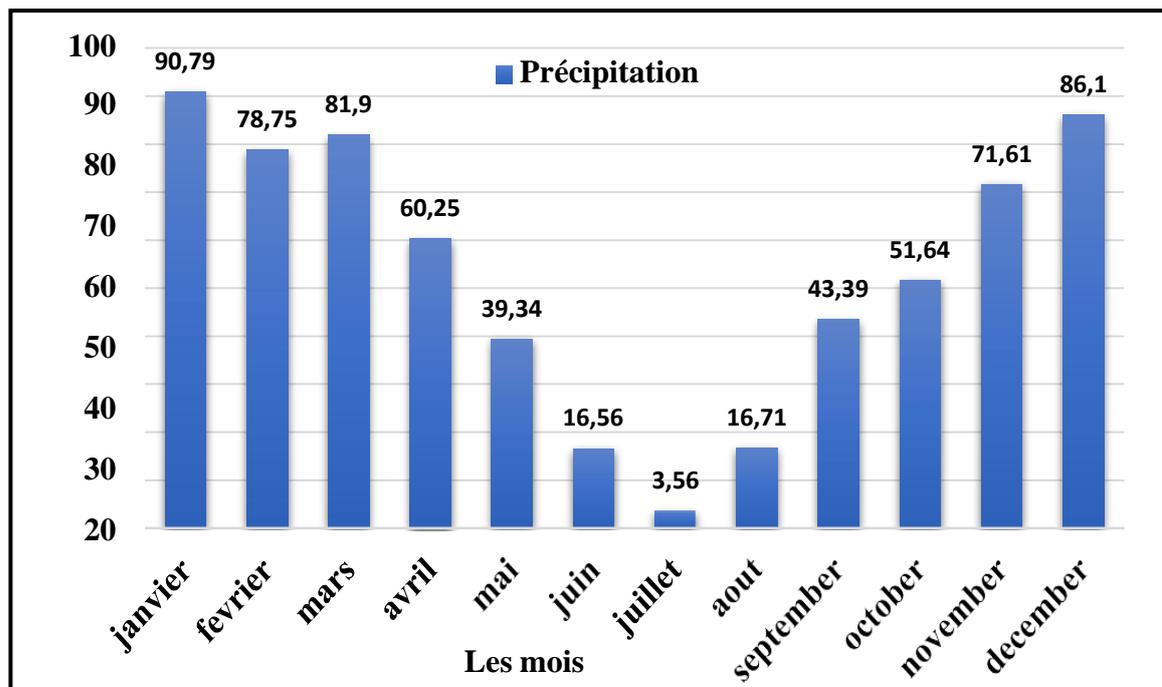


Figure 10: Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015) (Hocine et al., 2022).

7.3.L'humidité :

L'humidité Les données d'humidité moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (2002_ 2017), sont consignées dans le tableau (04) (Metidji et al., 2022).

Tableau 4 : l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017) (Metidji et al., 2022).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
H%	77,65	74,1	74,79	72,85	68,79	60,41	55,55	57,26	63,12	70,3	69,24	77,68

Humidité relative mensuelle la plus élevée observée de Décembre à Avril. En revanche, les valeurs les plus basses se produisent entre Mai et Novembre (Metidji et al., 2022).

8. Cadre biotique :

On ne peut pas parler de végétation en recouvrant la faune, car les espèces végétales et animales sont regroupées selon leurs affinités écologiques, précisément dans des assemblages structurés appelés (biocénoses). La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,), on y trouve une biodiversité significative (Aouissi, 2010).

La faune :

La faune de la zone est très diversifiée, parmi les espèces existantes on peut citer :

- **Les mammifères** : Loups, Sanglier, Chacal, Renard, Lièvre, Lapin, Gerboise, Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée.
- **Les oiseaux** : Perdix gambara, Caille des blés, la Tourterelle, Chardonneret (espèce protégée), Moineau, Hibou, Palombe, la Cigogne blanche, le Héron garde-bœufs, le Héron cendré.
- **Les reptiles** : Tortue, Lézard, Couleuvre (Aouissi, 2010).

La flore :

Le couvert végétal est dominé par les forêts, couvrant une superficie de 107 704 hectares, représentant 28 % de la superficie de la wilaya. Cette étendue de végétation abrite des espèces floristiques représentées essentiellement par : le Chêne liège, le Chêne vert, l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin d'Alep, le Pin Maritime, le Bruyère, l'Arbousier, le Lentisque, le Filaire, le Myrte, le Genet, le Calicotum, et le Ronce (Aouissi, 2010).

Méthode de travail

9. Sites de prélèvement :

Cinq sites ont été sélectionnés pour cette étude (Fig 13) :

1. Ain El Douar (S1).
2. Ain El Qantara (S2).
3. Ain Trab (S3).
4. Ain Reggada (S4).
5. Ain Larbi (S5).

Durant notre étude nous avons réalisé deux prélèvements pour les paramètres bactériologiques durant le mois de Février, et le mois de Mars.



Figure 12: Source d'Ain Trab
Prisse par (KARA Chourouq)



Figure 11: Source d'Ain Reggada
(prisse par KARA Chourouq)

Tableau 5 : Période de prélèvement.

Les sources	La date	L'heur	Agglomération
Ain El douar	20/02/2023	18 :00	Medjez Amar
	13/03/2023		
Ain El qantara	20/02/2023	17 :15	Salah Salah Salah (Medjez Amar)
	13/03/2023		
Ain trab	20/02/2023	18 :14	Oued Zenati
	13/03/2023		
Ain reggada	20/02/2032	18 :47	Oued Zenati
	13/03/2023		
Ain larbi	20/02/2023	19 :05	Ain larbi
	13/03/2023		

11. Analyse bactériologique :

L'analyse bactériologique a pour but de rechercher et dénombrer les bactéries (bactéries fécales et/ou bactéries pathogènes) présentes dans l'échantillon d'eau à analyser. Il est à noter qu'un examen bactériologique satisfaisant ne peut être interprété que si l'échantillon est correctement retiré du récipient stérile selon une procédure précise qui évite toute contamination accidentelle, est correctement transporté au laboratoire et analysé immédiatement ou après un court laps de temps sous conditions (**Rodier, 2005**).

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Les germes revivifiables.
- Coliformes totaux et fécaux.
- Streptocoques fécaux.
- Les bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASR).
- Identification des germes pathogènes tels que Salmonelle, Staphylocoques, *Vibrio cholérique*, et Pseudomonas.

11.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables :

Le dénombrement des germes revivifiables, nommé également mésophiles aérobies en fonction de leur condition de développement. La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se Réalisent par la méthode d'incorporation qui vise à dénombrer non

spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture et représente l'abondance moyenne des bactéries dans les ressources naturelles. Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. Ces bactéries n'ont aucun effet direct sur la santé, mais dans certains cas, elles peuvent causer des problèmes. La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37 °C (**Rejsek, 2002**).

- Germes totaux à 22 °C : Ce sont les bactéries autochtones qui sont adaptées à la température de l'eau, le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 22 °C durant 68 ± 4 h.
- Germes totaux à 37 °C : Ce sont les bactéries potentiellement pathogènes car elles se développent à la température du corps humain.

Le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 37 °C durant 44 ± 4 h. (**Carbonnelle et al., 1988**).

- **Mode opératoire :**

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture. Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22 °C) et les microorganismes mésophiles (37 °C).

A partir de l'eau à analyser, déposer aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet effet comme indiqué (**Figure 12**). Ajouter ensuite environ 20 ml d'agar TGEA fondu et laisser refroidir à 45 ± 2 °C. Ensuite, utilisez un mouvement circulaire de va-et-vient en forme de "8" pour mélanger l'inoculum avec la gélose sur une surface plane et fraîche. Après ensemencement les boîtes sont partagées en deux séries distinctes :

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

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

- **Dénombrement :**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de la remarque suivante : dénombrer les boites contenant entre 30 et 300 colonies. Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C.

Calculer ensuite la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à 22 ± 2 °C à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à 36 ± 2 °C à part, en tant 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 boites 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 22 °C et 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. Exprimer les résultats en unité formant colonie (UFC) (Rodier, 2009 ; Lebres et al., 2008).

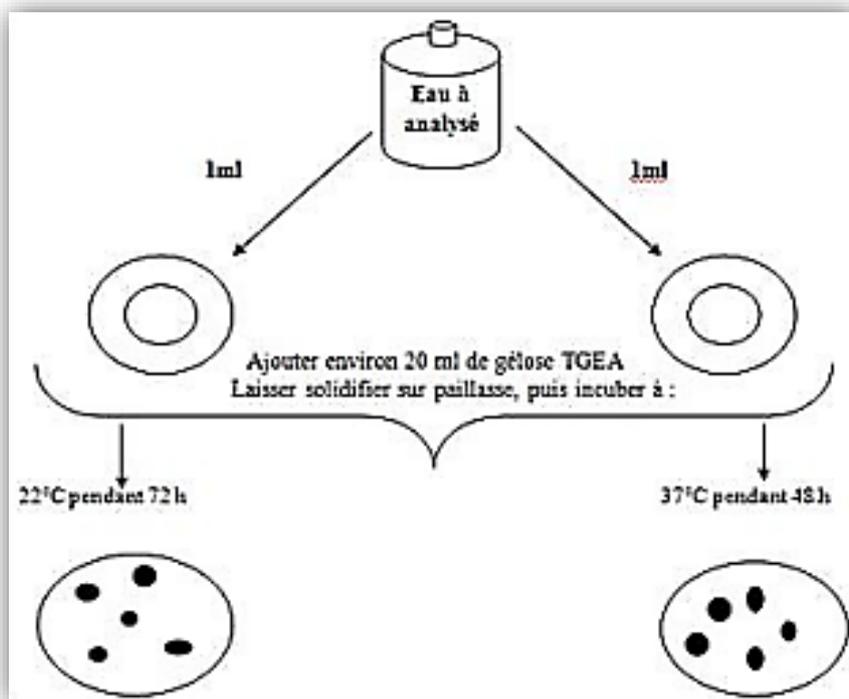


Figure 14: Dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 °C et à 37 °C dans les eaux (Lebres et Mouffok., 2008).

11.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.

a. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants *E. coli* :

La technique que nous avons suivie pour dénombrer les microorganismes dans l'eau (de surface et souterraine) est celle de NPP (Nombre le Plus Probable) ou méthode de fermentation en tubes multiples (Chamsaur, 2007).

✚ Mode opératoire (colimétrie sur milieu liquide) :

1ère étape : Test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes :

Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche pour éviter de fausser les résultats (Joffin et Joffin, 2011).

L'ensemencement est réalisé après agitation de l'échantillon :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1ml dans 3 tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

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

- Un dégagement de gaz (1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune qui est dû à la fermentation du lactose présent dans le milieu.

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre de tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

2ème étape : Test confirmatif (Mac Kenzie) réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli* (Labres, 2002 ; Chaouch, 2007 ; Labres et Mouffok, 2008).

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo - tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs

lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois - ci à 44 °C pendant 24 heures (**Labres et Mouffok, 2008**).

Considérer comme positifs les tubes dans lesquels on observe à la fois :

- Un trouble et un dégagement de gaz (1/10 de la cloche Durham).
- La production d'indole par les coliformes thermo-tolérants peut nous orienter vers *Escherichia coli*, qui se manifestera par l'apparition d'un anneau rouge ou rose qui se rassemblera à la surface du tube après l'ajout du réactif de Kovacs.

Le dénombrement d'*Escherichia coli* est obtenu de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady (NPP).

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau à analyser (**Labres et Mouffok, 2008**).

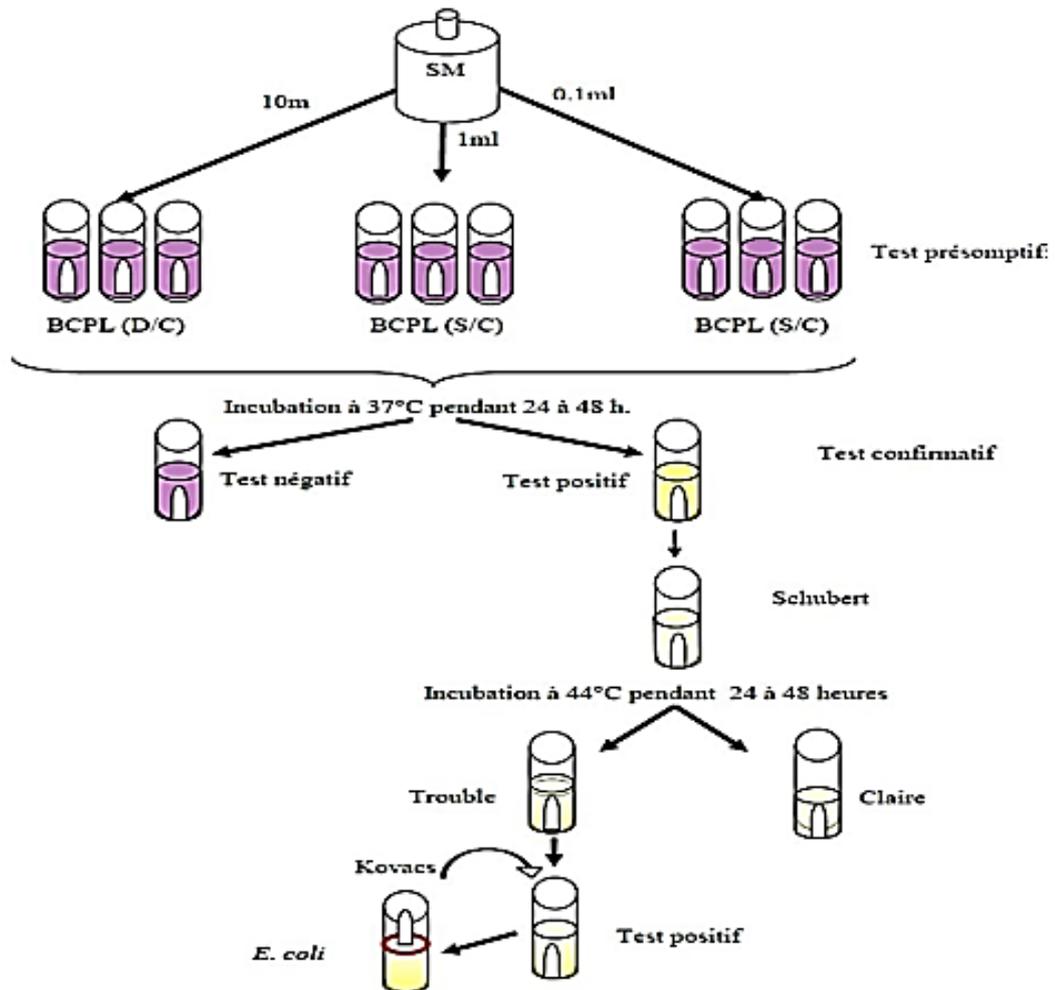


Figure 15: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes (Lebres et Mouffok, 2008).

b. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide par la méthode du NPP à l'aide de deux bouillons de culture, milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky. Cette méthode fait appeler à deux tests consécutifs test de présomption suivi d'un test de confirmation (Chaouche, 2007 ; Lebres et Mouffok, 2008).

✚ Mode opératoire (streptometrie sur milieu liquide) :

1ère étape : Test présomptif : Réservé à la recherche des streptocoques

A partir de l'eau à analyser, on ensemence :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.

- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Incuber les tubes après leurs mélanges à 37 °C pendant 24-48 heures.

Les tubes positifs se manifestent par la présence d'un trouble bactérien accompagné d'un virage de milieu dans lequel on présume contenir un Streptocoque et sont soumis au test de confirmation.

2ème étape : Test confirmatif : réservé à la confirmation des streptocoques fécaux dans les tubes positifs du test de présomption (**Chaouche, 2007**).

Après agitation des tubes positifs : prélever quelques gouttes par une pipette Pasteur, les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés positifs les tubes présentant :

- Un trouble dû au développement bactérien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube.

Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et forme une pastille violette (**Rodier et al., 2009**).

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

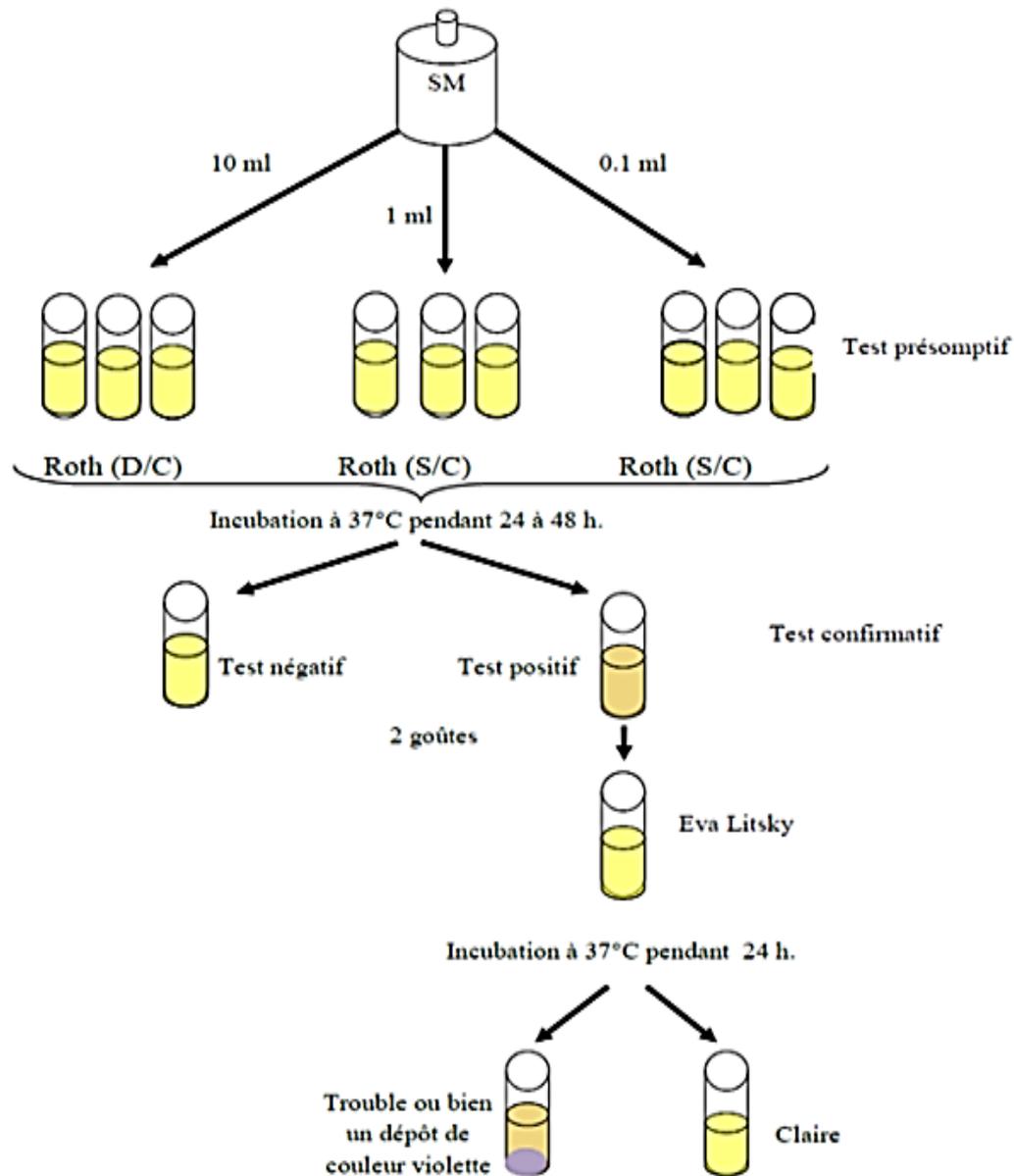


Figure 16: Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (Labres et Mouffok, 2008).

c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) :

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des bacilles à Gram positif, strictement anaérobies, isolés ou en chaînes, mobiles, qui réduisent le sulfite de sodium en sulfure (Bourgeois et Leveau, 1980).

Sporulation à long terme et résistance dans l'environnement ; culture sur gélose à la viande de foie à 37°C pendant 24 à 48 heures pour obtenir des colonies typiques, sulfite de sodium (Na_2SO_3) en milieu réducteur, sulfure en présence de Fe^{+2} FeS (sulfure de fer) la couleur noire est obtenue dans le produit (Lebres, 2002 ; Pechere et al., 1982).

Ce résultat constitue un indice de contamination ancienne (**Rejsek. 2002**).

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75 °C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.

- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.

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

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 47 ± 1 °C, additionnée de leurs additifs spécifiques.
- 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 ± 2 °C, pendant 44 ± 4 heures (**Labres et al, 2008**).

❖ Remarque :

Faire une première lecture après 24 heures deuxième après 48 heures. La première est indispensable car en présence de nombreuses colonies la diffusion de la coloration nous rend le tube invisible (**Rejsek, 2002**).

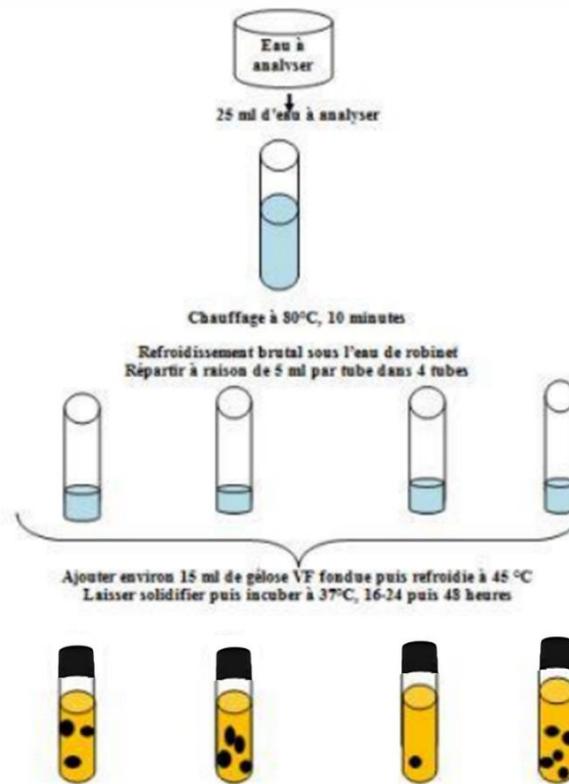


Figure 17: Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR) (Lebres et Mouffok, 2008).

11.3. Recherche des germes pathogènes :

Les bactéries pathogènes d'origine fécale peuvent être recherchées pour confirmer le danger mis en évidence par la présence, dans un échantillon d'eau, de bactéries indicatrices de contamination fécale. Cette recherche est souvent pratiquée en liaison avec la déclaration de cas de maladie infectieuse dont on suspecte une origine hydrique. En pratique, de manière courante, on recherche seulement *Salmonella* et *Shigella* (Aidaoui et Harekett, 2013).

a. Recherche des Staphylocoques :

Les staphylocoques sont des cocci à Gram positif, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des humains et animaux.

❖ Isolement :

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Boudouda et Kherchiche, 2012). Ensemencer une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37 °C pendant 24 h.

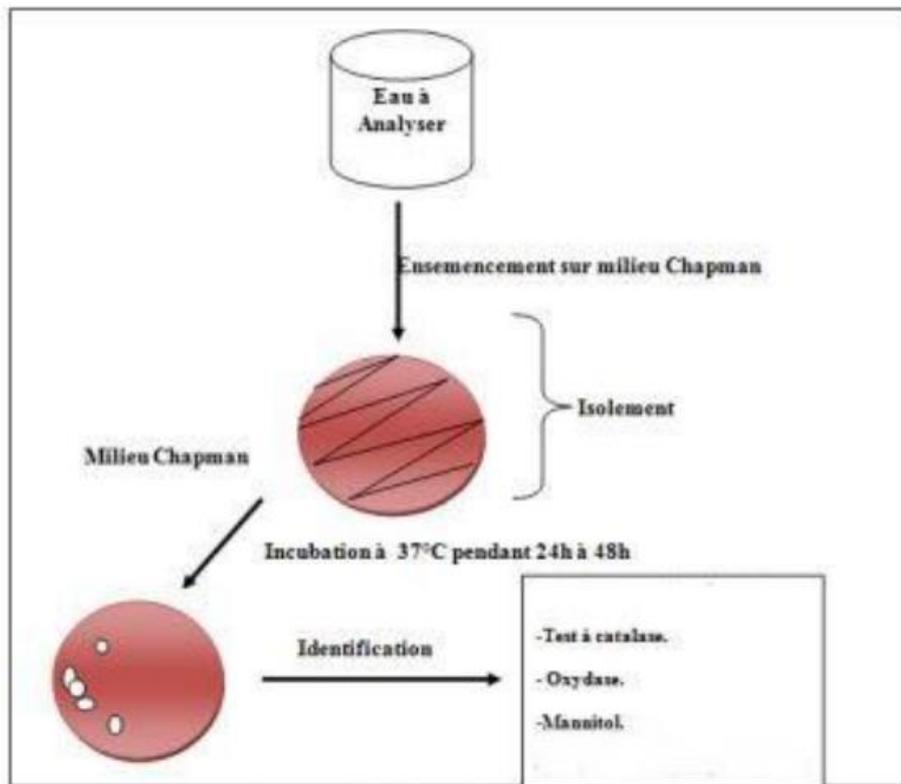


Figure 18: Recherche et identification du staphylocoque pathogène (*Staphylococcus aureus*) (Labres et Mouffok, 2008).

b. Recherche des Salmonelles :

Le genre *Salmonella* est l'un des 32 genres de la famille des *Enterobacteriaceae* (Labres et al., 2008). Ce sont des bactéries à gram négatif, oxydase négatives, anaérobies facultatives, asporulées, en forme de bâtonnet, qui forment des colonies typiques sur milieu sélectif solide elle présente les caractères biochimique et sérologique de ce genre d'entérobactérie (Rejsek, 2002), mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S (Labres et al., 2008).

❖ Première étape : enrichissement :

Introduire 1 ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de sélénite cystéine (SFB), puis incubé à 37 °C pendant une période allant jusqu'à 24 heures (Rodier et al., 2005).

❖ Deuxième étape : isolement :

A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur le milieu SS (Labres et al., 2008). L'incubation se fait à 37 °C, pendant 24 à 48 heures (Abdellioui et al., 2012).

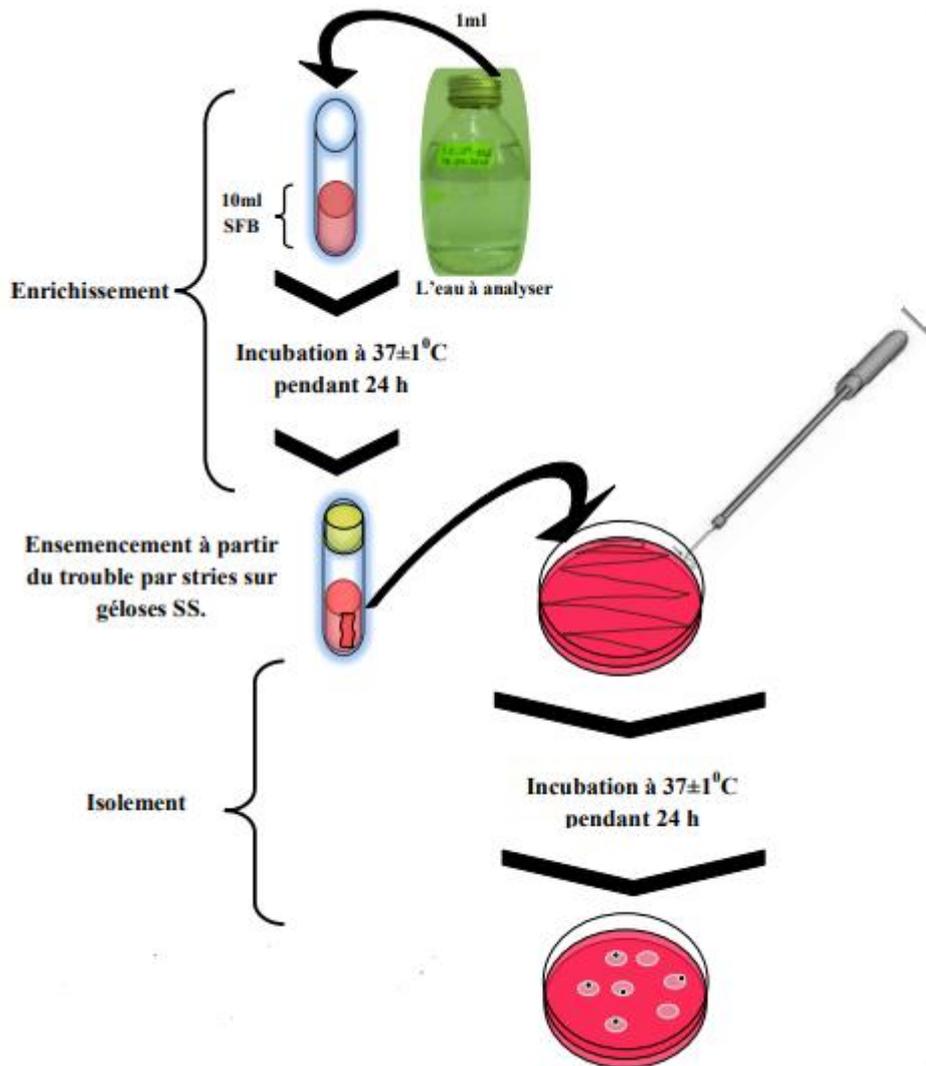


Figure 19: Recherche et identification Salmonella (Aidaoui, Harkett, 2013).

c. Recherche de Pseudomonas :

Microorganisme possédant une oxydase et se développant à 37 °C sur milieu sélectif au cétrimide et l'acide nalidixique en donnant lieu à fluorescence sous une lampe à ultraviolets en 48 h. ils sont, de plus, capables de cultiver sur une gélose ordinaire à 42 °C et de synthèses un pigment : la pyocyanine (Rejsek, 2002). La gélose cétrimide permet à la recherche et l'isolement sélectif de *Pseudomonas aeruginosa* (bacilles pycianique) (Delarras, 2007).

❖ Isolement :

Ensemencer par stries sur boîtes de pétri coulées de gélose cétrimide à partir de l'eau à analyser et incuber à 37 °C pendant 24 à 48 h (Delarras, 2007).

d. Recherche de *Vibrio cholérique* :

Les *Vibrionaceae*, sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentent le glucose sans production de gaz ni d'H₂S, hautement pathogène (Pechère et al., 1982 ; Pilet et al., 1987 ; Labres et al., 2008).

La recherche des *Vibrio* se passe par deux étapes :

- **Phase de prélèvement et du pré-enrichissement** : Mettre 1 ml d'eau à analyser directement dans un tube contenant 10 ml du milieu de culture eau peptonée alcaline (EPA). Incuber pendant 24 h à 37 °C.
- **Phase d'enrichissement** : A partir du premier enrichissement (EPA1) on effectue un premier isolement sur gélose GNAB1. On réalise un deuxième enrichissement en portant 1ml de flacon d'enrichissement sur eau peptonée (EPA2). On incube pendant 24 h à 37 °C. On effectue un deuxième isolement à partir du deuxième enrichissement sur gélose GNAB2 et on incube pendant 24 h à 37 °C.

Après incubation, les colonies des *Vibrio* ont 1 à 1,5 mm de diamètre et sont transparentes, lisses et d'aspect légèrement bombé, en tenant compte du fait que les *Vibrions* se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes très caractéristiques (Hamlaoui et al., 2011).

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

Notre objectif consiste à vérifier la présence et à dénombrer les germes indicateurs de contamination notamment ceux indicateurs de contamination fécale, qui peuvent se trouver dans les eaux de quelques sources de la Wilaya de Guelma. Ce contrôle bactériologique est important dans la détermination de la qualité et donc la potabilité de ces eaux souterraines.

L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques, est basée sur une simple comparaison entre les valeurs obtenues avec les normes algériennes et celles de l'OMS. Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guide indiquent une eau de bonne qualité. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limitées sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue, au-delà ces eaux sont contaminées.

1. Germes revivifiables :

Le dénombrement des germes totaux vise à estimer la densité de la population bactérienne générale présente dans l'eau, la plupart ne sont pas pathogènes. Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes opportunistes et causent des infections chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli. En effet, la forte concentration en germes totaux génère des problèmes d'ordre organoleptique de l'eau (**Berrouane, 2018**). Ainsi, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, notamment les traitements physiques tels que la filtration du sol, qui doivent aboutir à des concentrations bactériennes très réduites, voire nulles. (**Slama et al., 2021**).

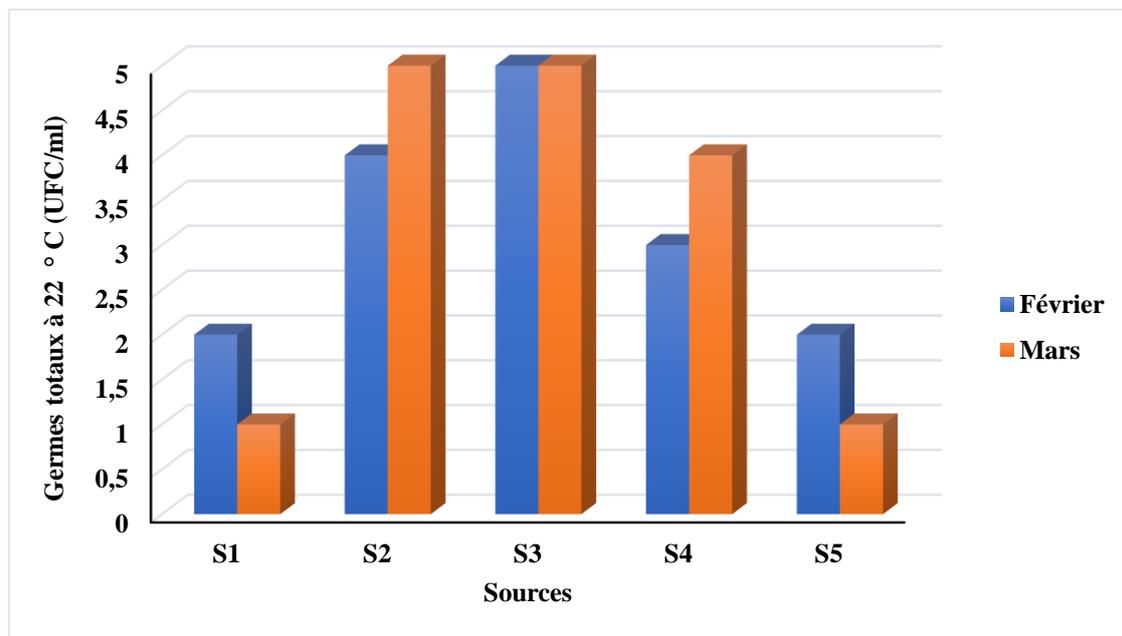


Figure 20: Variation des germes totaux à 22 °C dans les sources étudiées.

Les résultats obtenus montrent que toutes les sources analysées contiennent des germes totaux pendant les deux mois avec un taux très modeste (**Fig 20,21**). La concentration de cette flore dénombrée à 22 °C varie entre 1 UFC/ml et 5 UFC/ml. Le S3 est le plus chargé en germes totaux avec une concentration de 5 UFC/ml pendant les deux mois, suivi du S2 (4 UFC/ml pendant le mois de Février, et 5 UFC/ml dans le mois de Mars), S4 (3 UFC/ml pendant le mois de Février, et 4 UFC/ml dans le mois de Mars), et S1 et S5 (2 UFC/ml pendant le mois de Février, et 1 UFC/ml dans le mois de Mars) respectivement (**Fig 20**).

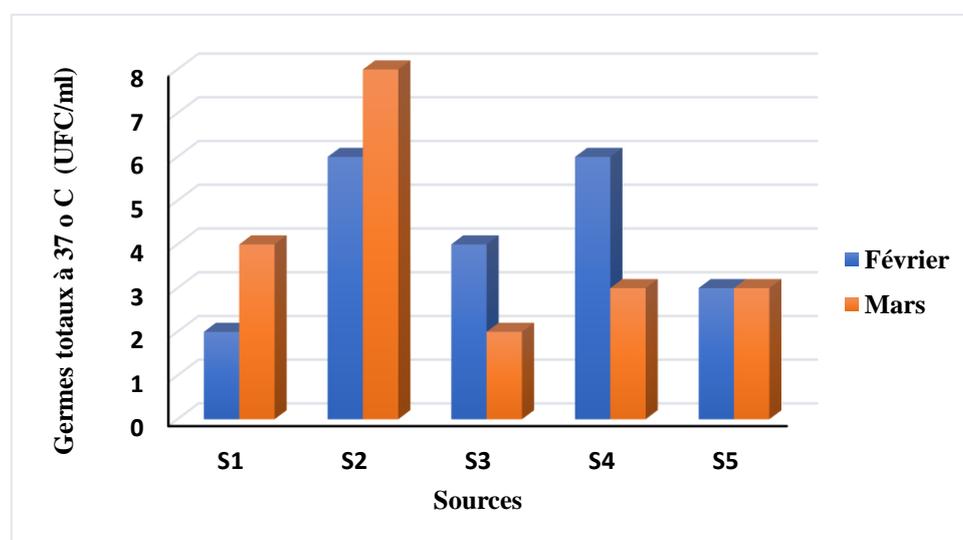


Figure 21: Variation des germes totaux à 37 °C dans les sources étudiées.

L'examen d'histogramme illustré dans la figure (21), montre que les valeurs maximales des germes totaux dénombrée à 37 °C ont été enregistrées dans la source S2 au cours du mois Mars, où elles ont atteint (8 UFC/ml). Tandis que les valeurs les plus basses ont été enregistrées dans les deux sources S1 pour le mois Février et S3 pour le mois Mars, où elles ont toutes deux atteint la valeur (2 UFC/ml),

Les résultats obtenus à 22 °C sont moins élevées à ceux trouvés à 37 °C pour les différentes sources. Les germes revivifiables sont des indicateurs de contamination globale, leur dénombrement (à 22 °C et 37 °C) a été très modeste. Ceci pourrait être dû à l'hétérogénéité du groupe de bactéries constituant les germes totaux car les conditions du développement de certaines bactéries défavorisent la pousser des autres (**Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2011**). En plus, un éventuel choc thermique lors de l'incorporation en milieu gélosé (résultant du fait que la gélose est à une température de 45°C au moment de l'incorporation), pourrait entraîner une baisse de la viabilité bactérienne et, par conséquent, une sous-estimation du dénombrement (**Levallois et al., 2003**). Également, la variation de la charge des germes totaux semble être liée aux paramètres abiotiques (Température et pH) ce qui agit sur le développement des micro-organismes dans le milieu aquatique (**OUHMIDOU et al., 2015**).

En effet, ces valeurs ne dépassent pas les valeurs seuils établies par l'OMS (**OMS, 2011**). Nos résultats sont inférieurs à celles obtenus par **Chena et Grara (2015)** ; **Slama Ismail et al., (2021)**.

2. Coliformes totaux (CT) :

Ce groupe hétérogène de coliforme appartient à la famille des entérobactéries et comprend plusieurs genres bactériens qui représentent la flore intestinale normale. Cependant, la plupart des espèces se retrouvent aussi naturellement dans le sol, la végétation et aussi dans l'eau. De ce fait, cette analyse n'est pas considérée comme un indicateur de contamination fécale ou de risque sanitaire. La présence de coliformes totaux dans les eaux souterraines peut avoir plusieurs significations dont la recroissance bactérienne et une déficience ou une absence de traitement (**Singh et al., 2016**).

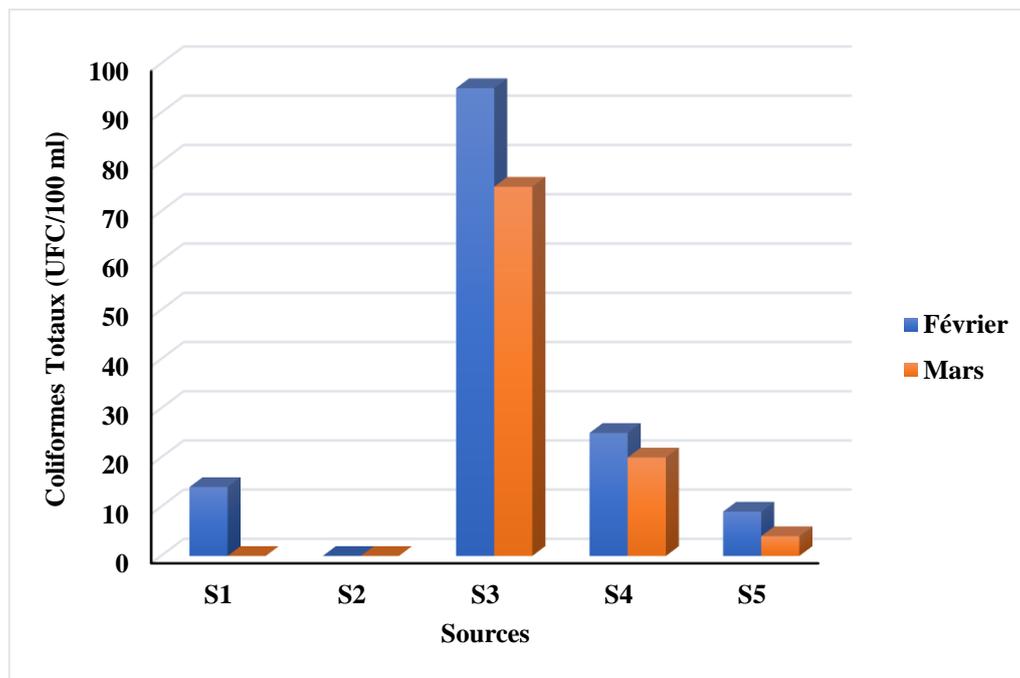


Figure 22: Variation des coliformes totaux dans les sources étudiées.

Les résultats présentés sur la figure (22) montrent qu'à l'exception d'eau de source (S2) qui est potable par l'absence totale de ces germes, toutes les autres eaux de sources (1, 3, 4, et 5) renferment des coliformes totaux à des concentrations qui fluctue de 04 CT/100 ml à 95 CT/100 ml. La concentration maximale en ces germes est observée dans la source S3 (95 CT/100 ml), suivie de la S4 (25 CT/100 ml), la S1 (14 CT/100 ml), et la S5 (9 CT/100 ml) pendant le mois de Février.

Tandis que, on note une diminution du nombre des germes dans le mois Mars par rapport au mois de Février pour les sources (3, 4, et 5), et l'absence totale de ces germes dans les sources (1 et 2)

Ces valeurs sont élevées en comparaison avec les normes algériennes (**JORA, 2011**) et celles de l'**OMS (2011)**, qui exigent que le nombre de coliformes totaux soit inférieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux destinées à la consommation humaine sauf pour les sources 2 et 5. Cette contamination est causée par les rejets domestiques, par la proximité des puits avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eau de surface dans les puits. Ces causes rejoignent celles détectées dans l'étude menée par **El Haissoufi et al. (2011)** sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenus par **Gueroui (2015)** [1-240 germe/100ml].

3. Coliformes fécaux (CF) :

Les coliformes fécaux sont le paramètre microbiologique le plus important dans le contrôle de la qualité de l'eau. Ce type de bactérie est particulièrement sensible à la désinfection et a la particularité de se développer difficilement dans le réseau. Sa présence indique qu'une contamination bactérienne s'est introduite dans le réseau (RQEP, 2006).

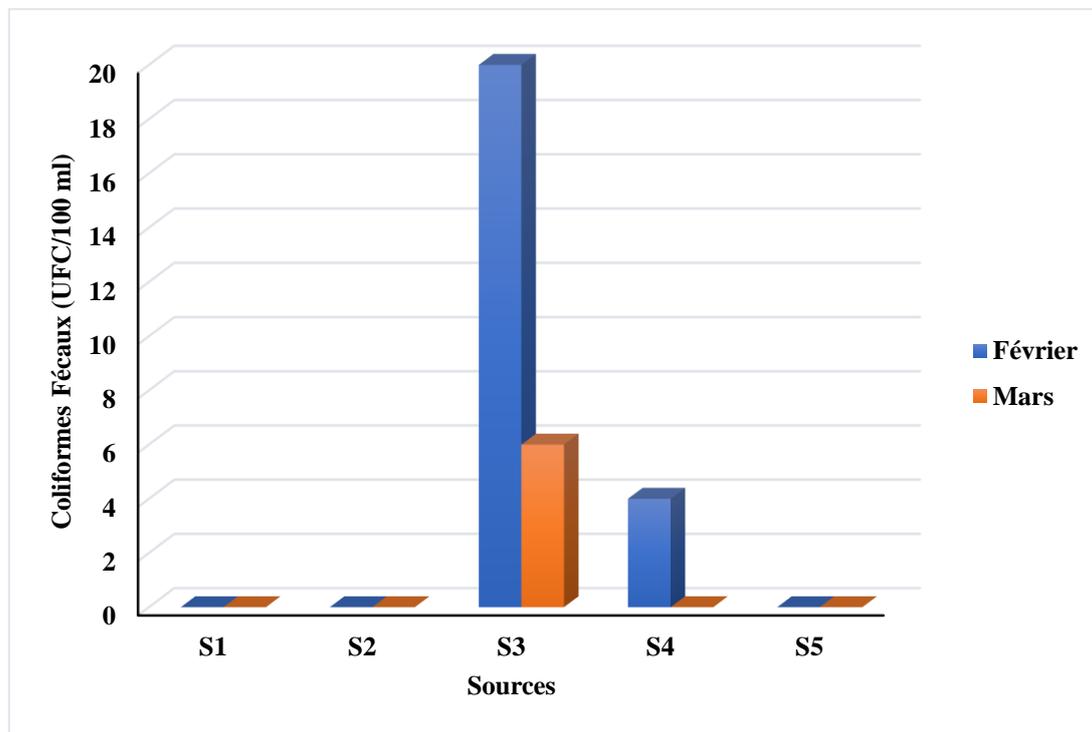


Figure 23: Variation des coliformes fécaux dans les sources étudiées.

L'examen d'histogramme illustré dans la figure (23) montre que les eaux de sources S1, S2, et S4 ne contiennent pas de coliformes fécaux durant les deux périodes d'étude, contrairement à tous les autres deux sources analysées qui en renferment avec des concentrations qui varient de 04 CF/100 ml à 20 CF/100 ml. La concentration de cette flore atteint son maximum (20 CF/100 ml) dans la source S3 pendant le mois de Février, et qui dépassent la norme (0 germe/100ml) de l'OMS (2011). Cette charge en Coliforme Fécaux est dû à leur localisation au centre-ville, l'exposant au trafic routier des personnes et des passages (déchet domestique et la pollution fécale) qui menace cette source d'eau. Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Gueroui (2015)** [1-160 germe/100ml], et par **Chettir (2021)** [1-88 germe/100ml].

4. Streptocoques fécaux :

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale (Chevallier, 2003 ; Ladjel, 2009).

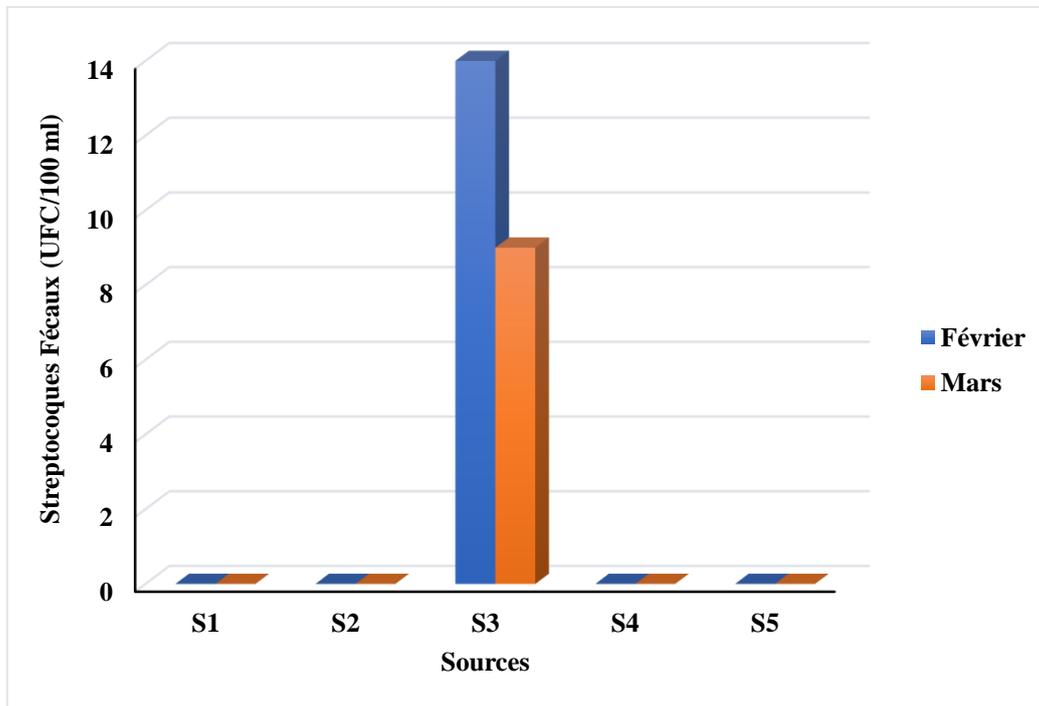


Figure 24: Variation des Streptocoques fécaux dans les sources étudiées.

Nos analyses montrent que ces germes sont déterminés uniquement dans la source (3) avec une charge de 14 SF/100 ml (Fig.24). Ce nombre de streptocoques fécaux dépasse largement les normes locales (JORA, 2011) et celles de l'OMS (2011) qui exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Selon Figarella et Leyral (2002), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation, donc l'absence des streptocoques fécaux dans les sites étudiés (S1, S2, S4, et S5) est expliquée par l'absence des coliformes fécaux. En effet, en étudiant la qualité sanitaire des eaux de consommation de la Suisse, Pruss (1998) a confirmé la corrélation étroite entre la présence des *Enterococcus* et *Escherichia coli* et l'apparition des maladies d'origine hydrique.

D'après nos prospections dans les sites des eaux de sources, la contamination de la source (3) serait due au fumier, aux fosses septiques, aux latrines et aux déchets de toutes natures existantes dans les terrains avoisinants les eaux de sources, donc provenant d'eaux enrichies en

matières organiques. D'après les travaux de **Youmbi et al. (2013)**, la présence de streptocoques fécaux dans les eaux de puits et de sources atteste la contamination des eaux par les matières fécales stockées dans les latrines.

5. Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) :

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al., 2013**).

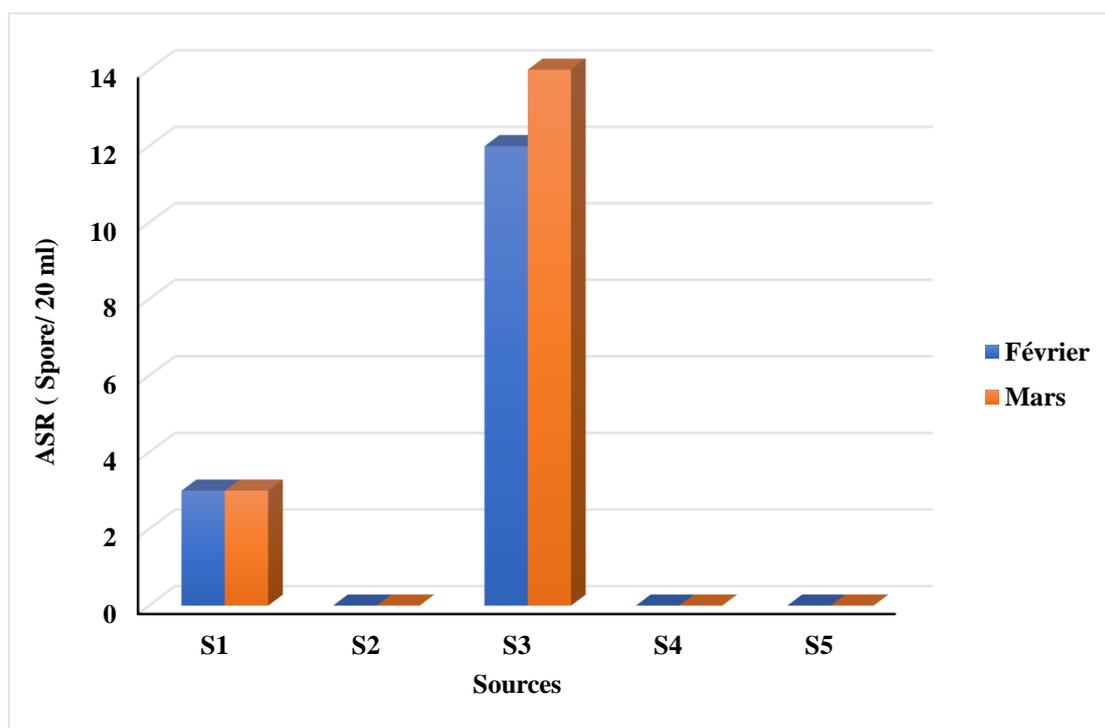


Figure 25: Variation des ASR (anaérobie sulfito- réductrices) dans les sources étudiées.

D'après la figure 25, on remarque que les eaux de sources étudiées sont contaminées par les *Clostridium* sulfito-réducteurs dont le nombre varie de 3 Spore / 20ml (S1) à 14 Spore/20 ml (S3), et est donc considéré comme non conforme aux normes de l'OMS qui exigent leur absence totale dans l'eau de consommation. Cependant, une absence totale de ces germes dans les sources (S2, S4, et S5) durant la période d'étude, donc l'absence des spores dans le niveau des eaux souterraines ou alluviales peut être un signe de l'efficacité de la filtration naturelle.

Selon **Guessoum et al., (2014)**, la présence des spores des anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne.

6. Germes pathogènes :

Les agents microbiologiques pathogènes pouvant être présents dans l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) sont essentiellement des bactéries, des virus ou des protozoaires, issus pour la plupart d'entre eux des déjections humaines ou animales. Ils peuvent être à l'origine de maladies infectieuses (en France métropolitaine, essentiellement des gastro-entérites aiguës) et constituent le principal risque à court terme pour la santé liée à une contamination de l'eau de boisson [13].

En pratique, le contrôle sanitaire relatif à la qualité microbiologique des eaux de sources repose essentiellement sur la recherche et le dénombrement d'indicateurs de contamination d'origine fécale et d'autres micro-organismes pathogènes comme : Salmonelles et les *Vibrions Cholériques...etc* qui sont des bactéries pathogènes responsables des maladies transmises hydriques, comme la fièvre typhoïde et le choléra.

Nos résultats révèlent l'absence totale de ces germes pathogènes dans les différentes sources (S1, S2, S3, S4, et S5) durant les deux périodes étudiées. Ces analyses n'étaient pas obligatoires mais après l'apparition de choléra en Algérie en 2018/2019, sont devenus obligatoires pour chaque échantillon analysé.

L'absence de ces germes pathogènes dans l'ensemble des puits analysés pourrait être due au fait que la teneur élevée en coliformes dans la plupart des puits peut exercer un effet compétitif voire inhibiteur sur la croissance de ce germe (**Razzolini et al., 2011**), que la quantité d'eau prélevée a été insuffisante par rapport au nombre relativement très faible de ces micro-organismes dans les eaux, ou que la technique adoptée n'a pas été assez fiable pour la culture de ce germe stressé dans ces eaux, on parle alors de bactéries « viables mais non cultivables » (**Gruzdev et al., 2001**). Ces bactéries bien que viables ne peuvent être dénombrées par les méthodes classiques. Cette perte de cultivabilité est le résultat de divers stress (stress nutritionnel, thermique, lumineux) que subissent les bactéries fécales lorsqu'elles sont rejetées dans un milieu aquatique naturel (**Gruzdev et al., 2001**). Par ailleurs, ces bactéries viables mais non cultivables peuvent conserver leur pathogénicité (**Busse, 1995 ; Habimana et al., 2014**).

Conclusion

Les eaux souterraines jouent un rôle primordial dans la stabilité des populations rurales dans la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Elles sont exploitées par des puits, des sources et des forages ; drainées par différentes techniques traditionnelles et modernes utilisées pour extraire les eaux des nappes pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

L'eau est exposée à de nombreux risques, dont la pollution de l'eau qui entraîne un affaiblissement de sa qualité, et cette dernière a un impact direct sur la propagation des maladies parasitaires telles que le choléra et la typhoïde.

L'analyse bactériologique est donc une action obligatoire de l'expertise sanitaire par ce qu'il permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau.

La présente étude avait pour objectif de contrôle de la qualité bactériologique de 5 sources d'eau situées dans la Wilaya de Guelma à savoir : Ain El douar (S1), Ain El qantara (S2), Ain trab (S3), Ain Reggada (S4), et Ain larbi (S5).

Les résultats de la qualité bactériologique des eaux de nos sources montrent que :

- Le taux des germes totaux dénombrée à 37 °C et 22 °C sont conforme à la norme recommandée par l'OMS.
- Une charge importante en coliformes totaux qui dépasse les normes relevées dans les 3 sources Ain El douar (S1), Ain trab (S3), Ain Reggada (S4).
- L'ensemble des sources répondent aux normes en vigueur pour les coliformes fécaux, sauf exception de la source de Ain trab (S3).
- De même la charge des streptocoques fécaux est notée dans la station de Ain trab (S3).
- Une absence totale des formes de résistance bactérienne à l'exception de Ain El douar (S1), et Ain trab (S3).
- Une absence totale des germes pathogènes dans l'ensemble des sources étudiées.

En guise de conclusion nous pourrions dire que la qualité de l'eau en fonction de la concentration des coliformes fécaux est :

- Les sources Ain El douar (S1), Ain El qantara (S2), et Ain larbi (S5) sont de bonne qualité ;
- La source Ain Reggada (S4) est qualité raisonnable, peut être consommée telle quelle ;
- La source d'Ain trab (S3) est contaminé, mais un traitement adéquat peut améliorer la qualité bactériologique de cette eau.

En perspectives :

- Elargir la période d'étude (plusieurs saisons) ;
- Rechercher d'autres germes à savoir : les parasites, les levures et moisissures ;
- Dosage des métaux lourds et les pesticides.

La protection de l'eau potable est devenue un enjeu majeur mobilisant tous les acteurs des secteurs public et privé. Adopter des comportements écologiques pour mieux maîtriser les consommations est un impératif économique et environnemental vital pour notre planète.

Par conséquent, des règles et des directives doivent être établies conformément à l'Organisation mondiale de la santé pour préserver la qualité de l'eau. Parmi ces règles, nous mentionnons les suivantes :

- La protection des ressources naturelles contre toute forme de pollution.
- L'exploitation durable de l'eau potable.
- Contrôle continu de la qualité des sources par les autorités en charge ;
- L'état technique et structurel des installations.
- Les moyens techniques mis en œuvre pour traiter l'eau.
- Le sens des responsabilités de tous les intervenants.
- Surveiller l'utilisation des pesticides et des engrais dans les terres agricoles pour éviter les risques de transfert de ces matières vers les eaux souterraines.
- Prendre soin de l'aspect sanitaire et promouvoir l'hygiène en améliorant leurs différentes conditions.

Références bibliographies

A

Abdellioui Sana, Hamzaoui Hayat Boukadim Amina (2012). Qualité microbiologique d'un écosystème lotique cas de l'oued El Kebir Ouest (Skikda. Nord – Est Algérien). Mémoire de Masters. Université 8Mai 1945de Guelma, 76p.

Adesakin A. T, Oyewale T. A, Bayero U, Mohammed A. N, Aduwo I. A, Zubeidat P.A, Adetunde, L.A., et Glover, R.L.K. (2020). Evaluation of bacteriological quality of drinking water used by selected secondary schools in Navrongo in Kassena- Nankana district of upper east region of Ghana. Prime J. Microbiol. Res. 1, 47–51.

AIDAOUI Aida, HARKETT Sara, (2013). Evaluation de la Qualité Microbiologiques de l'eau du lac Souterrain : Bir Osman Hammam Debagh-Guelma. 33-36P.

AIDE (2014). Pollution de l'eau.

Akram Soltani, Abderahmane Yahi, Larbi Djabri, Younes Hamed, Hamza Bouguerra (2019). *Interferences des polluants endogènes et exogènes dans les eaux des puits et de l'Oued seybouse : cas de plaine de Guelma*, journal international science et technologique de l'Eau et de l'Environnement STEE, Volume IV - Numéro 2 Décembre 2019, en Tunisie), P4

Alain S. et Denis F. (2007). Épidémiologie des diarrhées infectieuses en France et en Europe. Arch. pédiatrie. 14 : 132-134.

Algéo (Alger Géophysique) (1997). Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.

Alouane, H. (2012). Mémoire de Magister : Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, p49.

Aouissi A. (2010). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de Magister en Hydro-écologie, université de 08 Mai 1945 Guelma.

Araba O H. et Bouchmel H. (2016). Contribution à l'étude de la biodiversité entomologique dans un verger d'agrumes dans la région de Guelma. Mémoire de Master. Université du 8 Mai 1945 Guelma.

Aroura, A. (1997). L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135.

Ayed W (2016). Thèse de doctorat : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche (Skikda), p156.

Ayed W., (2016). Evaluation De La qualité Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux Souterraines : Cas Des Puits De La Région D'el-Harrouch (Wilaya De Skikda). Thèse de doctorat ; université Badji Mokhtar Annaba 33-37p.

B

Baurant R. (1971). L'eau : Milieu vivant. Chaire de Zoölogie appliquée.Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux. P5.

Bazie, S., Ayalew, A., & Woldetsadik, K. (2014). Antifungal activity of some plant extracts against (*Colletotrichum musae*) the cause of postharvest banana anthracnose. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 5(2), 1-4.

Beer M. (2010). Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable.Département fédéral de l'intérieur DFI.Confédération suisse.,france. P6-7.

Belaid, N. (2010). Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques (Doctoral dissertation, Limoges).

Belghiti M.L., CHAHLAOUI A., Bengoumi D., EL Moustaine R. (2013). Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Ma roc), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, pp. 21- 36.

Bello, O.O., Osho, A., Bankole, S.A., Bello, T.K., (2013). Bacteriological and physicochemical analyzes of borehole and well water sources in ijebu-ode, southwestern Nigeria. *Journal of Pharmaceutical and Biological Research* 8 (2), 18– 25.

Benchabane R. et Merzoug N. (2015). Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique de l'eau du marais de Bousedra el Bouni (Annaba). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma.

Bengarnia, B. (2016). Thèse de doctorat : Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'Oued Es-Soura, cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra, p133.

Benhalima L., (2019). Polycopié pour le Master Microbiologie Appliquée Maladies à transmission hydrique P7.

Benhamou D., Bru J.P., Chidiac C., Etienne J., Léophonte P., Marty N., Poirier R. et Rouquet R.M. (2005). Légionellose : définition, diagnostic et traitement. Med. Mal. Infect. 35(1) : 1-5.

Benmarce K. (2007). Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma (N.E Algérien). Mémoire de magister en hydrogéologie, IST. Université Annaba. 126 p.

Bern C., Martines J., de Z I., Glass R.I. (1992). The magnitude of the global problem of diarrhoeal disease: a ten-year update. Bull. World Health Organ. 70(6) :705-714.

Blinda M., Et Thivet G. (2009). Ressources et demandes en eau en Méditerranée : situation et perspectives, Vol 20 N°1, p 9-16.

Bouaicha, F., & Dib, H. (2018). *Le géothermalisme de la région de Guelma* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

Boucherit A. et Hakimi H. (2016). Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debegh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma.

Boudouda Raja, et Kherchiche Fawzia, (2012). Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de baignade de la région de Guelma (piscines et retenus naturelles).48P

Bourgeois C.M. et Leveau J.Y. (1980). Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. APRIA. 331p

Bouteffas W. et Benoughidene S. (2016). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quatre sources d'eau dans le bassin de Guelma.Mémoire de Master.Université du 8 Mai 1945 Guelma.

Bouziani M. (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, p247.

Bronfin D.R. (2002). Yersinia enterocolitica infection. En ligne <http://www.emedecine.com/ped/topic2465.htm> (Consulté le 3 Aout 2018).

C

Carbonelle D., Kouyoumdjian S., & Audurier A., (1988). Bactériologie médicale techniques usuelles. Med. Mal. Inf. France. 251p.

Cardot, H., Ferraty, F., & Sarda, P. (1999). Functional linear model. *Statistics & Probability Letters*, 45(1), 11-22.

Cazalet C. et Buchrieser C. (2005). What do we learn from the genome of Legionella pneumophila? M/S : Médec. Sci. 21 (5) : 455-457.

Chamsaur H., (2007). Analyse microbiologique des eaux. Dans : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème édition. Rodier. J et coll. Dunod. Chap. E, p.743-862.

Chaouch. R., (2007). Identification et quantification des déchets solides encombrants plages d'Annaba : aspect physico-chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 105p.

Chena Basma, G. (2015). Contribution À L'étude De La Qualité Physico-chimique Etbactériologique De Quelques Eaux De Sources Dans Le Bassin De Guelma [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 - Guelma].

Chettir Safia Khoudi Chahinez Salhi Soumia (2021). La qualité de l'eau mise en distribution dans la région de Guelma-Nord Est de l'Algérie. Université de M'Hamed BOUGARA, Boumerdès.

Chevalier, P. (2003). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4.

Collin, H., Meistertzheim, A. L., David, E., Moraga, D., & Boutet, I. (2010). Response of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*, Thunberg 1793, to pesticide exposure under experimental conditions. *Journal of Experimental Biology*, 213(23), 4010-4017.

Collin, J. (2004). Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, p27-49.

D

Degremont G. (2005). Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et doc, p3- 38.

Djabri, L. (1996). Thèse de Doctorat : 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, p176.

Delarras, (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle, sanitaire, TEC &DOC, Paris, 159p.

Derghoum. N; Foughalti. N; Messakher. D (2021). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Guelma. PP (12-13).

Djabri, L. (1996). Thèse de Doctorat : 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, p176.

Diallo, T. M., Morin, A. J., & Lu, H. (2017). The impact of total and partial inclusion or exclusion of active and inactive time invariant covariates in growth mixture models. *Psychological methods*, 22(1), 166.

Dinar, A., & Nigatu, G. S. (2013). Distributional considerations of international water resources under externality: The case of Ethiopia, Sudan and Egypt on the Blue Nile. *Water Resources and Economics*, 2, 1-16.

E

El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A., (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, PP: 37-68.

Emand et al (1999). Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine ; Guide méthodologique et réglementaire, Edition BRGM, manuels et méthodes n°33, 2ème édition, p19.

E.NA.GEO. (1971). Entreprise Nationale De Géophysique. Etude Géophysique Dans La Région De Guelma. 52 p.

Esharegoma, O.S., Awujo, N.C., Jonathan, I., Nkonye-Asua, I.P., (2018). Microbiological and physicochemical analysis of Orogodo River, agbor, delta state, Nigeria. International Journal of Ecological Science and Environmental Engineering 5 (2), 34–42.

F

Fields B.S., Benson R.F. and Besser R.E. (2002). Legionella and Legionnaires disease: 25 years of investigation. Clin. Microbiol. 15 (3): 506-526.

Figarella J., Leyral G., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

G

Gao L.Y. and Abu Kwaik Y. (1999). Apoptosis in macrophages and alveolar epithelial cells during early stage of infection by Legionella pneumophila and its role in cytopathogenicity. Infect. Immun. 67 : 862-870.

Gofti-Laroche L. (2001). Evaluation du risque microbiologique hydrique : validation épidémiologique des fonctions dose-réponse du risque viral et parasitaire. Etude E.MI.R.A. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier - Grenoble1, Faculté de Pharmacie. 259 p.

Grairia S., Guerfi R. et Houmri R (2022). Inventaire des Columbiformes au niveau de la région de Guelma à travers la méthode des transects.Mémoire de Master.Universite de 8 Mai 1945 Guelma.

Grosclaude, G. (1999). Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maîtrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, p19.

Gueroui Y., (2015). Caractérisation Hydrochimie et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse doctorat. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 159.

GUESSOUM, H., BENBRAHIM, F., HALILAT, M., Tahar, L. F., BENSALAMA, M., & DAREM, S (2014). Caractérisation Microbiologique des Eaux de la Nappe Phréatique de la Région de Ghardaia (cas de Sebseb).

H

Hadji, Feyrouz, Bouceredj imane, (2020). Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de master. Université 8mai1945 Guelma.

Hamed M., Guettache A., Bouamer L. (2013). Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie option Contrôle de Qualité et d'Analyse, département des Sciences, université de Bechar, pp.3-18.

Hamlaoui B. Behailil M., Laraisia H, (2011). Qualité bactériologique et Physicochimique des eaux de sources de la région de Guelma, Mémoire de Masters, Université 8Mai 1945de Guelma, 73-76 p.

Hélène, R. (2000). Thèse d'Ingénieurs : Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc-Roussillon (France), p81.

Hocine F., Chaibderraine M., Lahouareche L. et Kebbabsa I., (2022). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de quelques sources naturelles dans la région de Guelma.Mémoire de Master.Université 08 mai 1945 de Guelma. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de L'univers.

Hoogkamp-Korstanje J.A.A. and Stolk-Engelaar V.M.M. (1995). Yersinia enterocolitica infection in children. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 14 : 771-775.

J

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), (2011). Décret exécutif n° 11 - 125, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : BirMourad Raïs, Alger,Algérie, p25.

Joffin Ch. & Joffin J-N. (2011). Microbiologie alimentaire. 6eme Edition. Centre regional de documentation pedagogique d'aquitaire.

JO n° 18. Décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

K

Kettab A., Mitiche R.,et Bennaçar N (2008). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science,Vol 21 N°2, p 247–256.

Kirkpatrick, k et Fleming E. (2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, p12.

L

Labres E., (2002) et Roux., (2003). Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. P34.

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

Ladjel, S. (2009). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, p101.

Laurent F (2012). Agriculture et pollution de l'eau : modélisation des processus et analyse des dynamiques territorialesTHèse de doctorat.Université du Maine. P7.

Levallois P, Festy B, Hartement P, Ledrans M, Payment P, Tricard D (2003). *Environnement et santé publique-Fondements et pratiques*. Paris : Éditions Tec&Doc;. Qualité de l'eau ; pp. 333–368.

M

Madigan M et Martinko J., (2007). Biologie des microorganismes, 11ème édition, pearson. Education, Paris, PP : 918-932.

Metidji T., KHebala A.et Saidia S., (2022). Contribution à l'étude de la pédofaune de la région de Guelma cas Mahouna.Mémoire de Master.Université de 08 Mai 1945 –Guelma.

Marsily, G. (2006). *Les eaux continentales*. Academie des Sciences.

Mouly D. (2016). Ecologie de la santé humaine : contribution à l'étude et à la surveillance des épidémies de gastro-entérite aigüe d'origine hydrique. Thèse de Doctorat. Université Blaise Pascal, 161p.

Mourey, V et Vernoux, J. (2000). Les risques pesant sur les nappes d'eau souterraine d'Ile-de-France, Annales des mines, p32-40.

Mourey, D. A., Zhao, D. A., Sun, J., & Jackson, T. N. (2009). Fast PEALD ZnO thin-film transistor circuits. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 57(2), 530-534.

Muriel, H. (2010). Suivi de la qualité de l'eau produite et distribuée : Elaborer et mettre en œuvre un plan des sécurités sanitaire des eaux, Direction des affaires sanitaires et sociales de la nouvelle Calédonie, Santé et environnement, NOUMEA cedex, p02 Pol. J. Environ. Stud., 22 (1) (2013 Jan 1).

Myrand, S. P., Sekiguchi, K., Man, M. Z., Lin, X., Tzeng, R. Y., Teng, C. H., ... & Wilner, K. D. (2008). Pharmacokinetics/genotype associations for major cytochrome P450 enzymes in native and first-and third-generation Japanese populations: comparison with Korean, Chinese, and Caucasian populations. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 84(3), 347-361.

N

Nedjraoui D et Bedrani S., (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo - La revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8, Numéro 1.

O

OMS (1 mai 2020). L'eau potable

OMS (1994). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p202.

OMS (2014). Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 1977, 143 p.

OMS (2020). Légionellose.

OMS (2022). Détection du virus de la polio dans les eaux usées en Angleterre : analyse de Santé publique France.

OMS et Unicef (2018). Progrès en matière d'assainissement et d'eau potable ; Rapport. 98 p.

OMS. (2011). Organisation mondiale de santé : directive de qualité de l'eau de minérale et l'eau de source Quatrième édition, vol I. recommandation Genève. 541 p.

OUHMIDOU M. et CHAHLAOUI A., (2015). Caractérisation bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil (errachidia-maroc). *larhyss /journal*, issn 1112- 3680, n°22, pp. 183-196.

Ounoki, S., & Achour, S. (2014). Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (20).

P

Pechere J., (1982). Reconnaître traiter les infections. 4ème édition. Edisen ST Hyacinthe. Québec, Canada, 509p.

Pezon C (2000). La gestion du service d'eau potable en France de 1850 à 1995., Presses du CEREM, Paris, ISBN 2-906967-05-X, p46-78.

Pilet C., Bourdon J-L., Toma B., Marchal N., Balbastre C. et Person J-M., (1987). Bactériologie Médicale Et Vétérinaire : Systématique Bactérienne. Doin. 372p.

Prüss, A. (1998). Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. *International Journal of Epidemiology* 27: 1-9.

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J.M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A.D., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M.C., Gordon, B., Hunter, P.R., Johnston, R.B., Mathers, C., Mäusezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., Wolf, J., Cairncross, S. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries *Trop. Med. Int. Health*, 19 (8) (2014 Aug), pp. 894-905.

R

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

Razzolini Maria Tereza Pepe, Günther Wanda Maria Risso, Peternella Francisca Alzira dos Santos, Martone-Rocha Solange, Bastos Veridiana Karmann, Thaís Filomena da Silva Santos, Cardoso Maria Regina Alves (2011). Quality of water sources used as drinking water in a brazilian peri-urban area. *Brazilian Journal of Microbiology.* ;42(2):560–566.

Rejsek F., (2002). Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Scérén, 360p.

Réseaux Partenarial des Données sur l'Eau (RPDE). (2007). Le cycle de l'eau, Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes, p33.

Rodier J., (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème, édition. Dunod, Paris. 1383p.

Rodier, et al. (2009). L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9 ème édition. Bordas, Paris. 1579 p.

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

RQEP (2006). Règlement sur la Qualité de l'Eau Potable, Vol.2, présentation du règlement, Québec, Canada, 282p.

S

Samake H. (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p.

SDE., (2005). En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information. -Dakar. - SDE. -1 dépliant.

Shiklomanov, N. I., & Nelson, F. E. (1999). Analytic representation of the active layer thickness field, Kuparuk River Basin, Alaska. *Ecological Modelling*, 123(2-3), 105-125.

Sila, O.N. (2019). Physico-chemical and bacteriological quality of water sources in rural settings, a case study of Kenya, Africa; Elsevier, Scientific African (2) e0 0 018, 13 p.

Singh C, Chowdhary P, Singh JS, Chandra R, (2016). Pulp and paper mill waste water and coliform as health hazards: A review. *Microbial Res Int*,4(3):28-39.

Slama Ismail., Himri AH et Rahdoun. K, (2021). Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945-Guelma. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers.

Stämpfli, N. (2007). Puits d'infiltration, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Services régionaux, région du Québec, p4.

Stone B.J. and Abu Kwaik Y. (1998). Expression of multiple pili by *Legionella pneumophila*: identification and characterization of a type IV pilin gene and its role in adherence to mammalian and protozoan cells. *Infect. Immun.* 66 (4) : 1768-75.

W

Wein, S., Calas, M., Bressolle, F., Herrera, S., Thomas, A. & Vial, H. (2005). Paludisme : vers un nouveau traitement ! *M/S: médecine sciences*, 21(4),341 –343

Y

Youmbi, J. G. T., Feumba, R., Njitat, V. T., de Marsily, G., & Ekodeck, G. E. (2013). Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaoundé au Cameroun. *Comptes Rendus Biologies*, 336(5-6), 310-316.

Les sites web :

- [1].C:\Users\ABC\Documents\Eau — Wikipédia.mht (Consulté le 30/03/2023).
- [2].file:///C:/Users/ABC/Documents/Définition%C2%A0%20qu'est-ce%20que%20l'eau%C2%A0%20%20Culligan.htm (Consulté le 30/03/2023).
- [3].file:///C:/Users/ABC/Documents/%20Cycle%20de%20l'eau%20%20définition%20et%20explications.htm. (Consulté le 02/04/2023).
- [4].https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27eau (Consulté le 04/04/2023)
- [5].<https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/cycle-de-leau/> (Consulté le 02/04/2023).
- [6].file:///C:/Users/ABC/Documents/Le%20grand%20cycle%20de%20l'eau%20face%20aux%20grands%20défis%20du%20moment.htm (Consulté le 02/04/2023).
- [7]. <https://wikiwater.fr/E28-Les-divers-types-de-puits-et-de-forages-Generalites> (Consulté le 24 Avril 2023).
- [8]. [Gastro-entérites virales | Transmission | Physiopathologie | Symptômes | Causes | Diagnostic \(microbiologie-clinique.com\)](#) (Consulté le 28-05-2021).
- [9]. <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux.souterraines.html>. Consulté le 24 Avril 2023.
- [10]. <http://apieee.org/dossiers/eau-en-deux-sevres/les-nappes-ou-aquiferes/> Consulté le 28 Avril 2023.
- [11].<https://sigessn.brgm.fr/spip.php?article171> (Consulté le 11/04/2023).
- [12].<https://www.google.com/search?q=les+communes+de+la+wilaya+de+guelma&source=1> (Consulté le 01/05/2023).
- [13].<https://www.anses.fr/fr/content/%C3%A9valuation-des-risques-sanitaires-relatifs-%C3%A0-la-pr%C3%A9sence-de-micro-organismes-dans-les-eaux#:~:text=Les%20agents%20microbiologiques%20pathog%C3%A8nes%20pouvant,des%20d%C3%A9jections%20humaines%20ou%20animales> (Consulté le 01/05/2023).

Les Annexes

Annexe

COMPOSITION DES MILIEU DE CULTURE

Milieu Bcpl**Milieu Bcpl Milieu BCPL (Double Concentration) :**

L'extrait de viande de bœu -----	2g/L
Peptone -----	14g/L
Lactose -----	10g/L
Pourpre de bromocrésole 1 % -----	0.06g/L
PH 6.9 + 0.2	

Milieu Bcpl (Simple Concentration) :

L'extrait de viande de bœuf-----	1g / l
Peptone -----	7g / l
Lactose -----	5g / l
Pourpre de bromocrésol 1 %-----	0.03/l
PH 6.9± 0.2	

Milieu de Rothe**Milieu Rothe (Double Concentration) :**

Peptone de caséine -----	40g / l
Extrait de viande -----	3g / l
Glucose -----	8g / l
Chlorure de sodium -----	8g / l
Phosphate dipotassique-----	5.4g / l
Phosphate mono potassique -----	5.4g / l
Azide de sodium -----	0.4g / l
PH 6.9±0.1	

Milieu Rothe (simple concentration)

Peptone de caséine -----	20g / l
Extrait de viande -----	1,59g / l
Glucose -----	4g / l
Chlorure de sodium -----	4g / l
Phosphate dipotassique -----	2,79g / l
Phosphate mono potassique -----	2,7g / l
Azide de sodium -----	0.2g / l
pH 6.9±0.1	

Milieu Schubert

Milieu Tryptone -----	10g / l
Peptone -----	10g / l
Acide glutanique -----	0.2g / l
Tryptophane -----	0.2g / l
Sulfate de magnésium -----	0.7g / l
Sulfate d'ammonium -----	0,4g / l
Chlorure de sodium -----	2g / l
Citrate de sodium -----	0.5g / l
Mannitol -----	7.5g / l
pH 7.6 + Autoclavage pendant 20 min à 120 ° C	

Milieu Viande fois

Milieu Viande Foie Base viande – foie -----	30g / l
D – glucose -----	2g / l
Agar -----	8g / l

Ethyle violet ----- 7,6 ± 0,2g /1

Autoclaver à 124 ° C pendant 15min.

Gélose Salmonella - Shigella (SS) : pH = 7.0

Extrait de viande de bœuf----- 5g/1

Polypeptone----- 5g/1

Lactose ----- 10g/1

Sels biliaires ----- 8,5 g/1

Citrate de sodium ----- 10g/1

Thiosulfate de sodium----- 8,5g/1

Citrate ferrique ----- 13,5g/1

Gélose ----- 1g/1

Vert brillant----- 0,000033g/1

Rouge neutre----- 0,025g/1

Eau distillée----- 10000ml

Milieu GNAB

Tryptone----- 5g/1

Extrait de viande ----- 1g/1

Extrait de levure----- 2g/1

Chlorure de sodium ----- 5g/1

Agar Agar bactériologique----- 12g/1

Milieu de Chapman : pH = 7.4

Peptone bactériologique----- 10g

Extrait de viande de bœuf----- 1g

Chlorure de sodium ----- 75g

Mannitol-----	10g
Rouge de phénol -----	0.025g
Agar-----	15g

Eau peptonée alcaline (EPA) : pH = 8.6

Peptone tryptique -----	30g
NaCl -----	30g
Eau distillée-----	1000ml

Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA) : pH=7.

Extrait de levure-----	1g
Peptone de caséine -----	
Glucose -----	1g
Extrait de viande -----	3g
Agar-----	18g
Eau distillée-----	1000 ml

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C.

Milieu « EVA-LITSKY » : ph : 7

Peptone -----	20g/l.
Glucose -----	5g/l.
Chlorure de sodium -----	5g/l
Phosphate bi potassium -----	2,7g/l
Phosphate mono potassium -----	2,7g/l
Azothydivate de sodium -----	2,7g/l
Ethyle violet -----	5g/l

Milieu au sélénite de sodium (SFB D/C) : ph 7

Peptone pancréatique de caséine -----	5g
Lactose -----	4g
Monohydrogénophosphate de sodium (Na ₂ HPO ₄) -----	10g
Sélénite acide de sodium -----	4g
Eau distillée -----	1000ml

Chauffer le tube pendant 30 min.

Normes Algériennes

Tableau 6: Paramètres microbiologiques (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia coli</i>	nb/100ml	0
	Entérocoques	nb/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	nb/20ml	0

Tableau 7: Qualité de l'eau potable en fonction de la concentration de coliformes fécaux (JORA, 2011)

Coliformes fécaux /100ml	Qualité de l'eau
1-10	Eau de qualité raisonnable, peut être consommée telle quelle
10-100	Eau contaminée, à traiter si possible
100-1000	Eau très contaminée, qui doit être traités
Plus de 1000	Eau massivement polluée, qui devrait être rejetée

Normes de l'OMS

Tableau 8: Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011).

Paramètres bactériologiques	Unités	Les normes OMS
GT	UFC/ml à 37 °c	100
CT	UFC/100ml	10
CF	UFC/100	0
Streptocoques Fécaux	UFC/100ml	0
ASR	UFC/20ml	0

Tableau 9: Normes bactériologiques des eaux souterraines (OMS, 1994).

Microorganismes	Valeurs indicatives	Remarques
A-Toutes les eaux destinées à la consommation : <i>E.coli</i> ou bactéries coliformes Thermotolérantes	0 0	Non détectables dans un échantillon de de 100 ml
B-Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution : <i>E. coli</i> ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 10	Non détectables dans un échantillon de de 100 ml Non détectables dans un échantillon de de 100 ml
C-Eaux traitées dans le réseau de distribution : <i>E. coli</i> ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 10	Non détectables dans un échantillon de de 100 ml Non détectables dans un échantillon de de 100 ml. Dans les installations importantes, lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés, on ne doit pas trouver de Coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois

Tableau 10: Table de NPP

Nombre		caractéristiques		Nombre de cellules
3 Tubes de 10 ml		3 Tubes de 1 ml	3 Tubes de 0.1 ml	NPP dans 100 ml
0	0	0	1	3
0	0	1	0	3
0	0	1	1	6
0	0	2	0	6
1	0	0	0	4
1	0	0	1	7
1	0	0	2	11
1	1	1	0	7
1	1	1	1	11
1	1	2	0	11
1	1	2	1	15
1	1	3	0	16
2	0	0	0	9
2	0	0	1	14
2	0	0	2	20
2	1	1	0	15
2	1	1	1	20
2	1	1	2	30
2	2	2	0	20
2	2	2	1	30
2	2	2	2	35
2	2	2	3	40
2	3	3	0	30
2	3	3	1	35
2	3	3	2	40
3	0	0	0	25
3	0	0	1	40
3	0	0	2	65
3	1	1	0	45
3	1	1	1	75
3	1	1	2	115
3	1	1	3	160
3	2	2	0	95
3	2	2	1	150
3	2	2	2	200
3	2	2	3	300
3	3	3	0	250
3	3	3	1	450
3	3	3	2	1100
3	3	3	3	1400

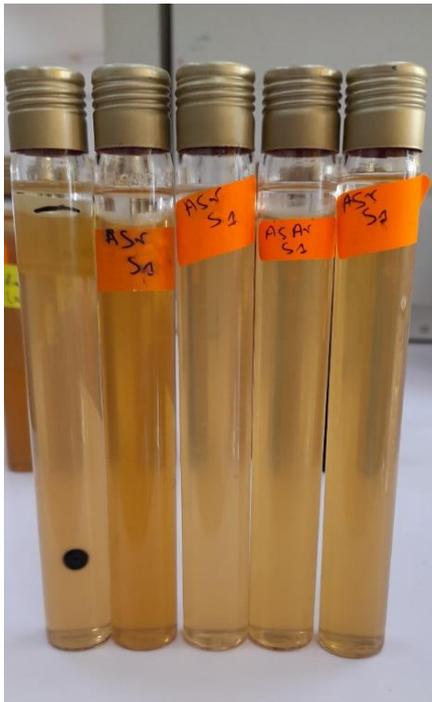


Figure 26: Résultats de la recherche des ASR.

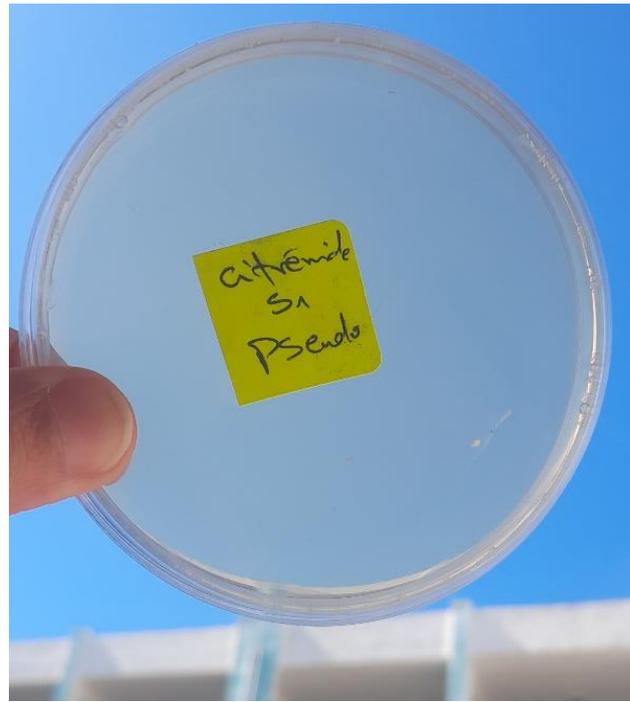


Figure 27: Résultats de la recherche des germes *Pseudomonas*.



Figure 29: Résultats de la recherche des germes *Staphylococcus*.



Figure 28: Résultats de la recherche des germes *Shigella*.

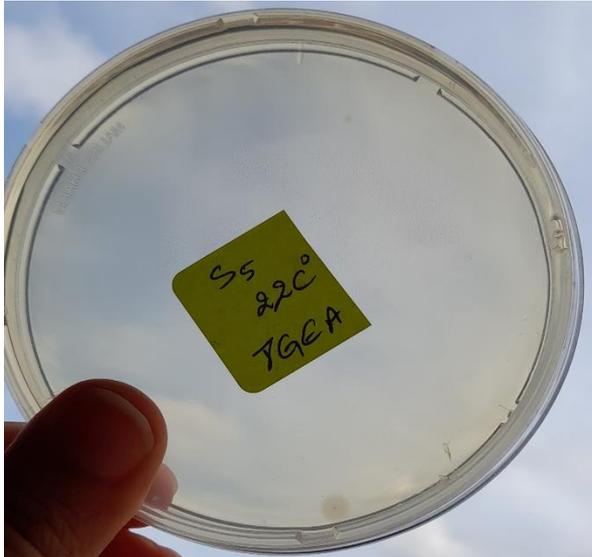


Figure 31: Résultats de la recherche des germes revivifiables à 22°C.



Figure 30: Résultats de la recherche des germes revivifiables à 37°C.



Figure 32: Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes.