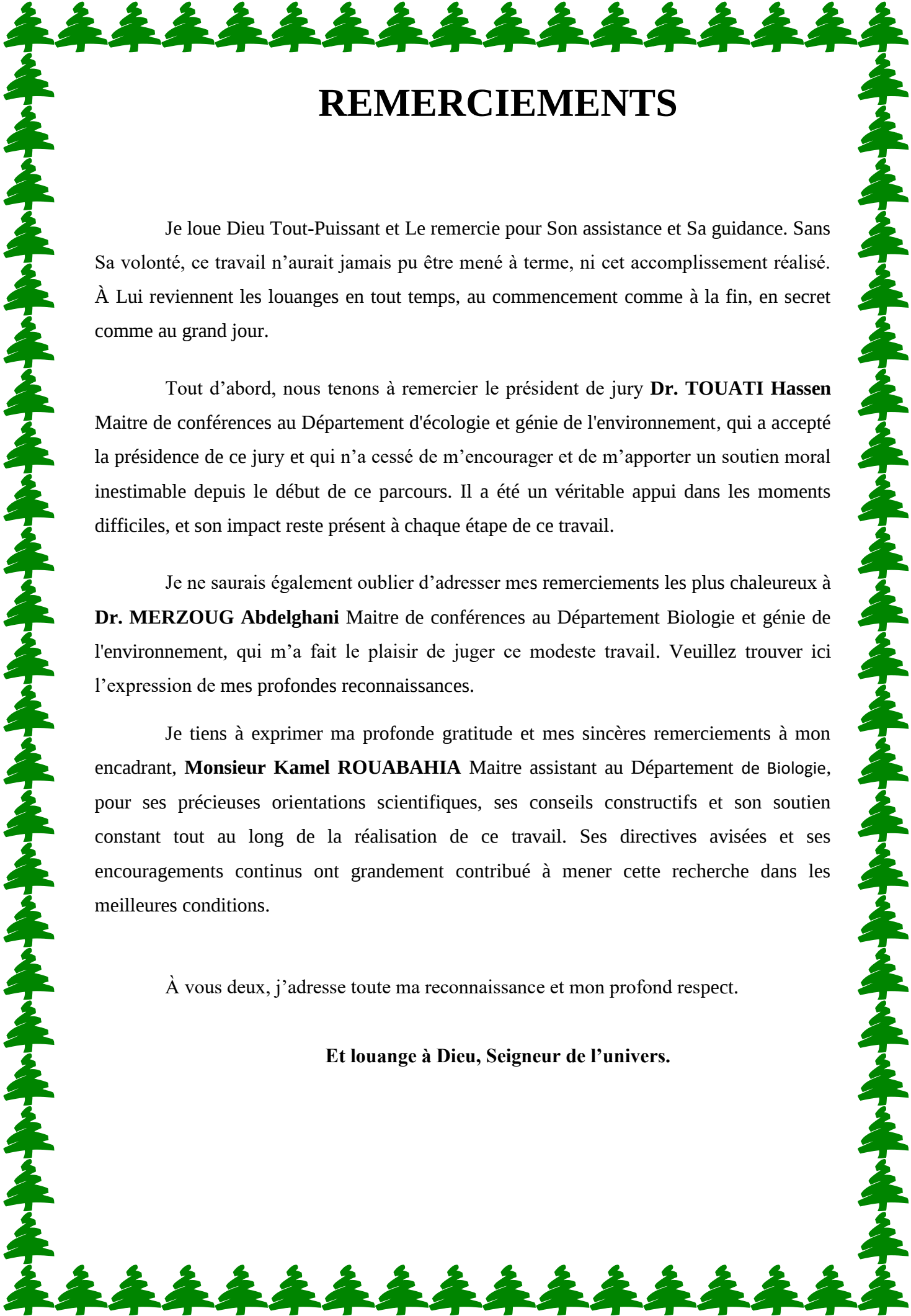


Juin 2025



REMERCIEMENTS

Je loue Dieu Tout-Puissant et Le remercie pour Son assistance et Sa guidance. Sans Sa volonté, ce travail n'aurait jamais pu être mené à terme, ni cet accomplissement réalisé. À Lui reviennent les louanges en tout temps, au commencement comme à la fin, en secret comme au grand jour.

Tout d'abord, nous tenons à remercier le président de jury **Dr. TOUATI Hassen** Maître de conférences au Département d'écologie et génie de l'environnement, qui a accepté la présidence de ce jury et qui n'a cessé de m'encourager et de m'apporter un soutien moral inestimable depuis le début de ce parcours. Il a été un véritable appui dans les moments difficiles, et son impact reste présent à chaque étape de ce travail.

Je ne saurais également oublier d'adresser mes remerciements les plus chaleureux à **Dr. MERZOUG Abdelghani** Maître de conférences au Département Biologie et génie de l'environnement, qui m'a fait le plaisir de juger ce modeste travail. Veuillez trouver ici l'expression de mes profondes reconnaissances.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadrant, **Monsieur Kamel ROUABAHIA** Maître assistant au Département de Biologie, pour ses précieuses orientations scientifiques, ses conseils constructifs et son soutien constant tout au long de la réalisation de ce travail. Ses directives avisées et ses encouragements continus ont grandement contribué à mener cette recherche dans les meilleures conditions.

À vous deux, j'adresse toute ma reconnaissance et mon profond respect.

Et louange à Dieu, Seigneur de l'univers.



Dédicace

À ma chère patrie, l'Algérie,

À sa terre pure sur laquelle j'ai grandi, à son air que j'ai respiré,

À ce pays bien-aimé dont je suis fier d'être le fils,

Je dédie ce modeste travail, en espérant qu'il soit une modeste contribution à son développement et à sa grandeur.

À ma religion, l'Islam, source de lumière et de guidance,

En soutien à la vérité et en fidélité aux valeurs et aux principes qu'elle nous enseigne.

Je prie Dieu que ce travail soit inscrit dans les œuvres utiles et bénéfiques, et qu'il serve à la diffusion du savoir.

J'exprime également ma profonde gratitude à mon encadrant,

Monsieur le Professeur Kamel Rouabahia,

Pour son accompagnement, ses conseils scientifiques avisés et son soutien constant tout au long de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères à **l'Organisation Voix Nationale des Étudiants Algériens" V.N.E.A "**

Pour leur appui, leurs encouragements et leur engagement aux côtés des étudiants tout au long de leur parcours universitaire.

À mon ami cher **Said Hamouda**, pour son soutien, sa sincérité et sa précieuse amitié qui m'ont accompagné tout au long de ce chemin.

À tous ceux qui ont partagé ce parcours avec moi, je dédie ce travail, en espérant qu'il soit accepté et couronné de succès par la grâce de Dieu.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I	L'eau.....	03
1.	Cycle de l'eau	03
2.	Différentes sources de l'eau	04
2.1.	Eaux de pluie	04
2.2.	Eaux souterraines	04
2.3.	Eaux de surface	05
2.4.	Eaux de mer	05
3.	Importance et besoin de l'eau	05
3.1.	Teneur en eau des différentes parties du corps humain	06
3.2.	Rôles principaux de l'eau pour la santé	07
3.2.1.	Rôle de transporteur	07
3.2.2.	Rôle régulateur	07
3.2.3.	Rôle protecteur	07
3.2.4.	Rôle embellisseur	07
3.2.5.	Rôle dans la digestion	07
3.3.	Rôle vital ajouté	07
3.3.1.	Thermorégulation	07
3.3.2.	Système de transport et d'excrétion	08
3.3.3.	Réactions chimiques	08
3.3.4.	Hydratation des tissus	08
II	Pollution de l'eau	08
1.	Définition de la pollution	08
2.	Origines de la pollution	09
2.1.	Pollution industrielle	10

2.2.	Pollution agricole	10
2.3.	Pollution domestique	10
2.4.	Pollution par les eaux pluviales	10
2.5.	Pollution d'origine naturelle	10
2.6.	Pollution par les substances associées au traitement de l'eau	11
3.	Les principaux polluants de l'eau	11
4.	Les maladies à transmission hydrique (MTH)	12
4.1.	Maladies à transmission hydrique d'origine bactérienne	13
4.1.1.	Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	14
4.1.2.	Choléra	14
4.1.3.	Gastroentérites et diarrhées	14
4.1.4.	Infections cutanées	15
4.2.	Maladies d'origine virale	16
4.3.	Maladies d'origine parasitaire	16
4.3.1.	La bilharziose	16
4.3.2.	L'onchocercose	17
4.3.3.	Cryptosporidiose	17
4.4.	Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique	17
4.4.1.	Métaux lourds	18
4.4.2.	Pesticides et produits agricoles	18
4.4.3.	Nitrates et nitrites	19
5	Critères de potabilité de l'eau	19
5.1.	Les paramètres organoleptiques	19
5.1.1.	La couleur	19
5.1.2.	L'odeur	19
5.1.3.	Le goût et la saveur	19
5.2.	Les paramètres physico-chimiques	20
5.3.	Les paramètres bactériologiques	22

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1.	Situation géographique du Guelma	25
2.	Prélèvement et échantillonnage	25
3.	Méthodes d'analyses physicochimiques	25
3.1.	Température	26

3.2.	Potentiel d'Hydrogène	26
3.3.	Conductivité électrique	26
3.4.	Oxygène dissous	27
3.5.	Salinité	27
4.	Méthodes d'analyses Bactériologiques	27
4.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux	28
4.2.	Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides	31
4.2.1.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux	31
4.2.2.	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	31
4.3.	Recherche des streptocoques fécaux en milieu liquide	34
4.4.	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR)	36
Chapitre III : Résultats et discussion		
1.	Résultats des paramètres organoleptiques	38
2.	Résultats des analyses physico-chimiques	38
2.1.	Température	38
2.2.	Potentiel d'Hydrogène (pH)	39
2.3.	Conductivité électrique (CE)	40
2.4.	Oxygène dissous (O2)	41
2.5.	Salinité	42
3.	Résultats de l'analyse bactériologique	43
3.1.	Résultats des germes totaux	43
3.2.	Résultats des coliformes totaux et fécaux	44
3.3.	Résultats des streptocoques fécaux	45
3.4.	Résultats des spores des anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)	46
Conclusion et perspectives		47
Références bibliographiques		51
Résumés		

Liste des abréviations

AFNOR : Agence Française de Normalisation

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

AW : Activité de l'eau

BCPL : Bouillon lactosé au poupre de bromocrésol

CE : Conductivité électrique

CF : Coliforme Fécaux

D/C : Double concentration

E. coli : *Escherichia coli*

EPA : Eau peptonée alcaline

MTH : Maladies à transmission hydrique

NA : Norme algérienne

NPP : Nombre le plus probable

OMS : Organisation mondiale de santé

pH : Potentiel hydrogène

S/C : Simple concentration

SF : Streptocoque fécaux

VF : Viande fois

TGEA : Glucose tryptonée à l'extrait d'agar

UFC : Unité formant colonies

μS : Micro siemens

μS/cm : Microsiemens par centimètre

Liste des Figures

Figure N°	Titre	Page N°
1	Schéma représente les différentes étapes du cycle de l'eau	03
2	Position géographique de la source dans la commune de Guelma	24
3	Photos de la source	25
4	Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.	30
5	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.	33
6	Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux.	35
7	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfitoréducteurs (ASR).	37
8	Variations de la température de l'eau de la source	39
9	Variations du pH de l'eau de la source	40
10	Variation de la conductivité de l'eau de la source	41
11	Variation de l'oxygène dissous de l'eau de la source	41
12	Variations des nombres des germes totaux de l'eau de la source	43

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page N°
01	Besoins quotidiens en eau recommandés	06
02	Teneur en eau des différentes parties du corps humain	06
03	Présente les diverses substances que l'on peut retrouver dans l'eau	12
04	Normes concernant les paramètres organoleptiques d'une eau potable	20
05	Normes concernant les paramètres physico-chimiques d'une eau potable	21
06	Classes de turbidité usuelles (NTU= nephelometric turbidity unit)	22
07	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	22
08	Normes bactériologiques –Eau de source en Algérie	22

Introduction

Introduction

La terre est généralement appelée la « Planète Bleue » car l'eau représente trois quarts de sa surface, constituant la principale composante de toute matière vivante où elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Ces principales caractéristiques sont qu'elle est inodore, incolore et sans goût **(Gerard, 1999)**.

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie des humains et dans leurs l'activité. Cette composante majeure participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies **(Laidani et al., 2009)**.

Les eaux souterraines constituent une excellente source d'eau douce et le plus souvent une eau de bonne qualité. Cependant, leur exploitation représente un avantage économique estimable, pour le maintenir, il est nécessaire de prendre des mesures pérennes de protection de la qualité de cette richesse **(Bouleknafet et Derradji, 2017)**.

La pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos belles réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement. Cependant, les eaux souterraines représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine et autre **(MARGAT J., 1992)**.

Parmi les différentes sources d'approvisionnement, les eaux de sources naturelles occupent une place particulière, notamment dans les zones rurales et montagneuses où elles représentent parfois la seule source d'eau potable disponible.

En Algérie, les eaux de sources naturelles constituent une ressource précieuse, notamment dans les régions rurales et montagneuses où elles sont souvent utilisées comme principale source d'approvisionnement en eau potable. Ces eaux, issues de nappes souterraines, sont généralement perçues comme pures en raison de leur filtration naturelle à travers les couches géologiques. Cependant, cette perception peut s'avérer trompeuse, car ces sources peuvent être vulnérables à diverses formes de pollution, qu'elles soient **d'origine naturelle** (altération des roches, érosion, activité géothermique) ou **anthropique** (activité agricole, déversements d'eaux usées, présence humaine non contrôlée).

Dans ce contexte, l'évaluation de la qualité de l'eau devient une étape fondamentale pour garantir la santé publique et préserver les écosystèmes. Deux types d'analyses sont généralement indispensables : les analyses physicochimiques, qui permettent de déterminer des paramètres tels que le pH, la température, la conductivité, ou encore la concentration en nutriments et en éléments traces ; et les analyses bactériologiques, qui visent à détecter la présence de micro-organismes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale, tels que les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) ou les streptocoques fécaux.

La réalisation de ces analyses est indispensable pour déterminer la potabilité de l'eau selon les normes algériennes (NA) et les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Elle permet également d'identifier les sources de pollution potentielles et de proposer des mesures de protection ou de traitement adaptées.

L'objectif de ce mémoire est de mettre en évidence l'importance des analyses physicochimiques et bactériologiques dans l'évaluation de la qualité des eaux de sources naturelles, en s'appuyant sur une étude de cas et une revue des normes en vigueur. Une telle démarche permet non seulement d'évaluer la potabilité de l'eau, mais aussi d'anticiper les risques sanitaires et de proposer des mesures de gestion adaptées pour la protection des ressources hydriques.

Pour évaluer la qualité des eaux de la source de cité des frères RAHABI dite source JURODANT, nous avons étudiés sa qualité physicochimique et bactériologique.

Nous avons organisé notre mémoire en trois chapitres interdépendants :

- Le premier purement théorique rassemble des généralités sur l'eau.
- Le deuxième chapitre est consacré à la description du site d'étude et aux matériel et méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques et bactériologique spar la recherche et dénombrement des micros organismes dans l'eau de source JURODANT selon les normes algériennes.
- Et le dernier chapitre représenté sous forme des graphes comportent les résultats obtenus au cours de la période d'étude avec une discussion de ces résultats. On termine par une conclusion.

Chapitre I :

Généralité sur l'eau

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I. L'eau

L'eau constitue un élément vital pour le corps humain. Comme l'organisme ne dispose d'aucune réserve en eau, il ne peut survivre que très peu de temps sans en consommer. En effet, alors qu'une personne peut rester jusqu'à 40 jours sans nourriture, elle ne peut survivre sans eau plus d'une semaine, car dès le quatrième jour, sa vie est en danger.

Bien qu'elle ait une valeur nutritive quasi nulle, l'eau demeure le composant fondamental de tout être vivant. Elle gèle à 0 °C et entre en ébullition à 100 °C sous une pression atmosphérique normale (Mercier, 2000).

L'eau est présente presque partout sur Terre et elle est indispensable à la survie de tous les organismes vivants connus. Environ 70 % de la surface terrestre est couverte d'eau, principalement sous forme d'océans. Les masses d'eau peuvent prendre diverses formes : océan, mer, lac, étang, rivière, ruisseau ou canal. La circulation de l'eau entre les différents réservoirs de la planète est expliquée par son cycle biogéochimique (fig.1), appelé le cycle de l'eau (Bertrand., 2008).

1. Cycle de l'eau

L'eau est un élément essentiel à la vie, couvrant environ 72 % de la surface terrestre et représentant un volume total estimé à 1 350 milliards de kilomètres cube dans la biosphère.

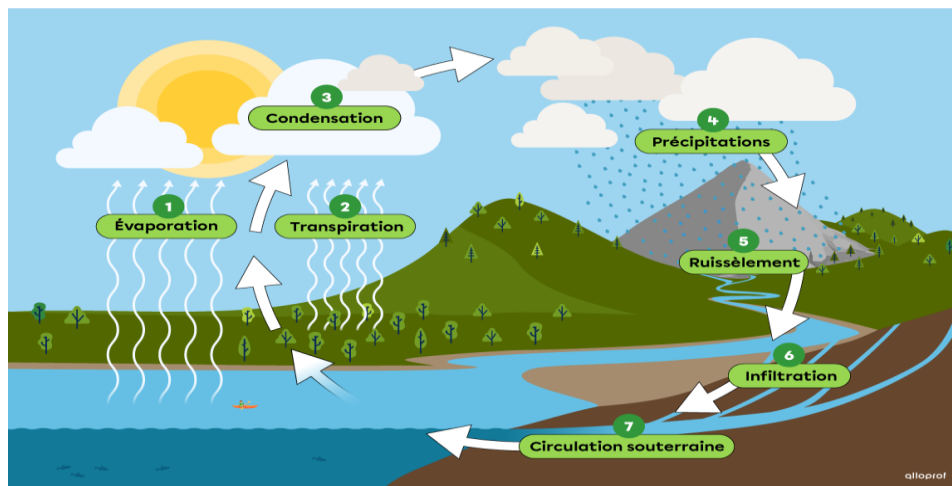


Figure 1. Schéma représente les différentes étapes du cycle de l'eau[1]

La principale source d'eau douce provient de l'évaporation des océans sous l'effet du rayonnement solaire, complétée par celle des rivières, des lacs, ainsi que par l'évapotranspiration des plantes. La vapeur d'eau ainsi formée se condense dans

l'atmosphère, donnant lieu à des précipitations sous forme de pluie ou de neige. Une partie de cette eau alimente les cours d'eau, soit par ruissellement direct, soit par infiltration dans le sol, avant d'être restituée aux rivières par l'intermédiaire des nappes phréatiques et des exurgences (**Genin et al., 2003**).

2. Différentes sources de l'eau

On distingue quatre principales sources d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux marines. Les propriétés générales de chacune de ces sources dépendent étroitement des interactions entre l'eau et son environnement naturel (Desjardins, 1997).

2.1. Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont généralement de bonne qualité pour la consommation humaine. Riches en oxygène et en azote, elles ne contiennent pas de sels dissous, notamment les sels de calcium et de magnésium, ce qui leur confère une grande douceur. Toutefois, dans les régions industrialisées, elles peuvent être altérées par la présence de poussières et de polluants atmosphériques (**Desjardins, 1997**).

2.2. Eaux souterraines

Sur les continents, une grande partie de l'eau provenant des précipitations peut s'accumuler, s'écouler en surface ou s'infiltrer en profondeur dans les plaines, les déserts et les régions montagneuses. L'eau qui s'est infiltrée à travers les couches de sol et de sous-sol voit son âge augmenter avec la profondeur, pouvant aller de quelques années à plusieurs millénaires. La zone supérieure de la partie non saturée est constituée de sol, caractérisé par une structure poreuse composée de vides situés entre les minéraux ou les fragments rocheux, renfermant à la fois de l'air et de l'eau (**Christophe., 2014**).

Bien que l'eau présente dans cette zone ne soit pas accessible aux puits en raison de la tension de surface – également appelée force capillaire – elle reste utilisable par la végétation et peut s'évaporer durant les saisons chaudes. En profondeur, la porosité du sous-sol est complètement remplie d'eau, définissant la zone dite saturée. Cette zone abrite les eaux souterraines ou nappes phréatiques (aussi appelées nappes aquifères), qui représentent la plus grande réserve d'eau douce exploitable par l'humanité. La limite entre la zone non saturée et la zone saturée correspond à la surface supérieure de la nappe phréatique. C'est à partir de ce niveau que la pression devient suffisante pour permettre l'alimentation en eau des puits creusés dans ces milieux. En général, la nappe phréatique se trouve à faible

profondeur à proximité des étendues d'eau de surface permanentes telles que les ruisseaux, les lacs ou les zones humides. La profondeur et la forme de cette nappe varient au fil des saisons, en fonction des précipitations : leur quantité et leur fréquence influencent directement le processus de recharge des eaux souterraines. Ces dernières proviennent essentiellement de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol et dans les roches du sous-sol, à travers un réseau de pores et de fissures qui ont perdu leur eau à cause de l'évaporation ou de l'absorption par les racines des plantes pendant les périodes de sécheresse **(Christophe., 2014)**.

L'écoulement de l'eau souterraine s'effectue lentement au sein des formations rocheuses perméables à des degrés variables. Le terme « aquifère » désigne précisément ces formations géologiques capables de transporter l'eau souterraine. Il peut s'agir de couches de gravier, de sable, de calcaire karstique, de coulées de lave ou encore de massifs plutoniques, comme les intrusions granitiques, qui se fissurent souvent en surface au cours de leur refroidissement progressif **(Christophe., 2014)**

2.3. Eaux de surface

Depuis la naissance de la limnologie, les chercheurs distinguent deux grandes catégories d'eaux de surface : les eaux courantes, désignées comme cours d'eau, et les eaux stagnantes, appelées plans d'eau. Ce dernier terme, à la fois pratique et englobant, désigne l'ensemble des masses d'eau immobiles, quelle que soit la classification retenue par la suite : origine naturelle ou artificielle, taille, ou usage. Les notions de lac, étang, mare ou marais découlent de ces critères, bien que les auteurs débattent encore des définitions précises. Dans ce contexte, on retiendra le terme plan d'eau pour désigner toute étendue d'eau stagnante, d'origine naturelle ou humaine, retenue dans une cuvette ou par un barrage, et d'une superficie supérieure à un are **(Bartout et Touchart, 2013)**.

2.4. Eaux de mer

Les eaux marines constituent une source d'eau brute à laquelle on ne recourt qu'en l'absence d'autres sources d'eau douce disponibles. Elles se distinguent par leur forte teneur en sels dissous, une caractéristique désignée par le terme salinité. Il est important de noter que la salinité varie d'une mer à l'autre **(Desjardins, 1997)**.

3. Importance et besoin de l'eau

L'eau est un élément fondamental à la vie sur Terre. Elle est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme humain. Constituant environ 70 % du poids corporel, l'eau

joue un rôle vital dans notre corps, notamment pour assurer la digestion des aliments. Plus l'apport calorique est élevé, plus le besoin en eau augmente afin d'éliminer les déchets métaboliques associés (Sandja, 2012).

Chaque jour, notre organisme utilise entre 10 et 11 litres d'eau pour bien assimiler les nutriments, tandis qu'en moyenne, nous en perdons environ 2,5 litres. La majorité des aliments que nous consommons contiennent de l'eau, ce qui couvre environ la moitié de nos besoins quotidiens. L'autre moitié provient des boissons que nous ingérons. L'eau est donc indispensable à notre survie. À température ambiante, une absence totale d'apport hydrique peut entraîner la mort en seulement deux à trois jours. Il est donc crucial de compenser toute perte en eau de manière adéquate (Sandja, 2012).

On estime généralement que les besoins quotidiens en eau s'élèvent à 2,5 litres, mais cette quantité peut varier selon l'âge (Tab . 01) , la température ambiante, l'intensité de l'activité physique, l'altitude, et d'autres conditions environnementales (Sandja, 2012).

Tableau 01: Besoins quotidiens en eau recommandés (Sandja, 2012).

Ages	Apports journaliers en eau recommandés
4 – 8 ans	1,6 L tant pour les filles que pour les garçons
9 – 18 ans	1,9 L filles – 2,1 L garçons
Adolescents > 14 ans et Adultes	2 L femmes – 2,5 L hommes

3.1. Teneur en eau des différentes parties du corps humain

Pratiquement toutes les parties du corps humain contiennent une proportion significative d'eau (tab.02). Ce liquide est absolument essentiel à notre survie : alors qu'il est possible de vivre jusqu'à un mois sans nourriture, une privation totale d'eau ne permettrait de survivre qu'environ une semaine. L'eau est indispensable à de nombreuses fonctions vitales, telles que le transport des nutriments dans le sang ou encore le processus de digestion (Mark, 2009).

Tableau 02: Teneur en eau des différentes parties du corps humain (Mark, 2009)

Poumons	Sang	Cerveau	Graisse	Os
90%	82%	75%	25%	22%

3.2. Rôles principaux de l'eau pour la santé

3.2.1. Rôle de transporteur

L'eau dissout les molécules, puis elle assure le transport des nutriments, via le sang, vers les cellules qui en ont besoin. Elle collecte et élimine les déchets et les toxines à travers les urines et les selles. De plus, elle joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du système immunitaire en véhiculant les globules blancs et les anticorps.

3.2.2. Rôle régulateur

L'eau aide à réguler la température corporelle aux alentours de 37 °C grâce à la transpiration. En cas de chaleur, la sueur présente sur la peau s'évapore en absorbant la chaleur corporelle, ce qui permet au corps de se rafraîchir.

3.2.3. Rôle protecteur

L'eau joue un rôle protecteur pour certains organes, notamment le cerveau, en amortissant les chocs.

3.2.4. Rôle embellisseur

L'eau contribue à maintenir une peau saine et éclatante. Au-delà de son rôle esthétique, la peau agit comme une barrière de protection indispensable contre les agressions extérieures. Lorsqu'elle est déshydratée ou mal entretenue, son efficacité diminue. Par ailleurs, la peau est l'organe le plus étendu du corps humain et est constituée de plus de 80 % d'eau [5]

3.2.5. Rôle dans la digestion :

Une bonne hydratation favorise le bon déroulement de la digestion, en particulier en facilitant le transit intestinal. L'eau joue également un rôle clé dans l'absorption des nutriments au niveau de l'intestin grêle. Ainsi, elle aide à purifier l'organisme et participe efficacement à la prévention de la constipation [6]

3.3. Rôle vital ajouté

3.3.1. Thermorégulation

L'eau permet de maintenir une température corporelle stable en absorbant l'excès de chaleur, puis en l'éliminant sous forme de sueur, qui en s'évaporant, rafraîchit le corps.

3.3.2. Système de transport et d'excrétion

L'eau assure le transport des nutriments, des hormones et des enzymes via le sang, tout en permettant l'acheminement de l'oxygène jusqu'aux cellules. Elle joue également un rôle essentiel dans l'élimination des déchets métaboliques à travers les urines.

3.3.3. Réactions chimiques

L'eau participe à de nombreuses réactions chimiques au sein de l'organisme, notamment à la glycolyse, un processus essentiel à la production d'ATP (adénosine triphosphate), source principale d'énergie utilisée notamment pour la contraction musculaire [7].

3.3.4. Hydratation des tissus

Une bonne hydratation des muscles et des tendons permet de prévenir l'apparition des crampes, des blessures et des inflammations tendineuses [8].

II. Pollution de l'eau

1. Définition de la pollution:

La pollution de l'eau figure aujourd'hui parmi les principales préoccupations environnementales, car l'eau constitue une interface essentielle entre l'atmosphère et le sol. On considère qu'une eau est polluée lorsque son équilibre naturel est durablement altéré par l'introduction massive de substances, parfois toxiques, d'origine naturelle ou résultant des activités humaines (Sari, 2014).

La pollution de l'eau se caractérise par une altération de sa qualité causée par les substances qu'elle accumule au fil de son utilisation. Ces éléments nocifs proviennent principalement de rejets chimiques, d'effluents industriels divers, ainsi que du déversement de produits toxiques dans la nature, tels que les produits d'entretien, les résidus pharmaceutiques ou encore les perturbateurs endocriniens. Ces polluants perturbent gravement les écosystèmes, en particulier les milieux aquatiques (**Derrouiche et Hammidi, 2020**).

Ce phénomène représente incontestablement l'un des aspects les plus préoccupants de la dégradation de l'environnement. En effet, l'eau pure n'existe pas à l'état naturel : elle contient toujours divers éléments, parmi lesquels :

- Des substances dissoutes issues des terrains qu'elle traverse durant son cycle (telles que le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les bicarbonates, les sulfates, les chlorures et l'azote),
- Des particules d'argile, qui agissent comme des éponges capables d'absorber bactéries et molécules,
- Des bactéries qui se développent dans l'environnement aquatique,

Et des matières organiques provenant de la décomposition naturelle des végétaux et des animaux (**Derrouiche et Hammidi; 2020**).

2. Origines de la pollution

La pollution de l'eau correspond à une modification de ses caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques, perturbant son état naturel et compromettant l'équilibre de l'environnement. Elle représente un danger majeur pour les écosystèmes aquatiques et leurs alentours, affectant à la fois la faune, la flore, mais aussi la santé, la sécurité et la qualité de vie des personnes qui en dépendent [9].

Dès le XIX^e siècle, les activités humaines ont commencé à déverser dans les milieux aquatiques des eaux usées contenant des substances étrangères à la composition naturelle de ces milieux, dépassant ainsi leurs capacités naturelles de régénération [9].

À partir du XX^e siècle, on assiste à une prolifération rapide de substances chimiques et organiques issues des activités humaines – qu'elles soient industrielles, agricoles ou domestiques – qui se retrouvent inévitablement dans les milieux naturels. Parmi ces polluants figurent les hydrocarbures, les métaux lourds, les solvants, les microplastiques, les engrais, ainsi que les pesticides [9].

Au début du XXI^e siècle, une nouvelle catégorie de contaminants est venue aggraver la situation : les polluants émergents. Il s'agit de substances récentes, absentes des environnements passés, mais dont les effets sur la nature suscitent une inquiétude croissante. On observe par exemple des phénomènes alarmants tels que la féminisation des poissons. Ces polluants comprennent des produits industriels et pharmaceutiques, des perturbateurs endocriniens, des nanoparticules, des antibiotiques, des hormones, des produits ménagers, ainsi que des mélanges complexes de ces substances [9].

2.1. Pollution industrielle

La composition des eaux industrielles varie fortement en fonction de l'usage qui en est fait dans les différents processus (refroidissement, lavage, extraction, dissolution, etc.) ainsi que selon la nature de l'activité industrielle (industrie chimique, traitement de surface, ... etc.). Étant donné que l'eau est un excellent solvant, elle peut contenir une large gamme de sous-produits générés par ces activités industrielles (**Attalah et Ghennai , 2018**)

2.2. Pollution agricole

Les activités agricoles ont profondément modifié la qualité et le comportement de l'eau dans les écosystèmes. En modifiant la couverture végétale, en travaillant le sol, et en utilisant massivement engrais et pesticides, l'agriculture influence le cycle naturel de l'eau. Au fil des dernières décennies, l'intensification de la production agricole, notamment par la mécanisation et l'augmentation des rendements, a entraîné une dégradation notable des sols et des ressources en eau dans de nombreuses régions du monde. L'ampleur et la nature de ces impacts varient selon le type d'agriculture pratiquée, son degré d'intensification, ainsi que les conditions climatiques propres à chaque territoire (**Laurent, 2012**).

2.3. Pollution domestique

Cette eau usée d'origine domestique provient essentiellement des habitations et est généralement acheminée par les réseaux d'assainissement. Elle se distingue par plusieurs caractéristiques :

- Une concentration élevée en matières organiques ;
- La présence de sels minéraux, notamment d'azote et de phosphore ;
- Des traces de détergents ;
- La présence de micro-organismes d'origine fécale (**GENIN *et al.*, 2003**).

2.4. Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas non plus négliger la pollution causée par les eaux pluviales. En effet, en traversant l'atmosphère, l'eau de pluie se charge en impuretés, notamment en captant les polluants présents dans l'air tels que les fumées industrielles (**Bouchemal et Hammoudi, 2016**).

2.5. Pollution d'origine naturelle

Certaines substances présentes naturellement dans l'environnement peuvent, dans certains cas, provoquer la contamination de l'eau potable. Parmi elles figurent des composés

inorganiques tels que le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures. Ces éléments peuvent altérer la qualité de l'eau destinée à la consommation. Les eaux souterraines sont particulièrement exposées à ce risque, surtout lorsqu'elles traversent des formations géologiques riches en métaux **(Bouchemal et Hammoudi, 2016)**

2.6. Pollution par les substances associées au traitement de l'eau

La chloration de l'eau destinée à la consommation est un procédé largement utilisé et reconnu pour son efficacité. Elle est d'ailleurs considérée par de nombreux experts comme l'une des avancées majeures en santé publique du XXe siècle. Ce traitement permet de neutraliser efficacement la majorité des virus et des bactéries présents dans l'eau. Cependant, la présence de matières organiques dans l'eau peut entraîner la formation de sous-produits de chloration (SPC), dont certains, comme les trihalométhanés (THM), sont soupçonnés d'être cancérogènes. Par ailleurs, le sulfate d'aluminium est couramment utilisé pour la coagulation des impuretés dans l'eau. Bien que ce traitement améliore la clarté de l'eau, il augmente également sa teneur en aluminium par rapport à l'eau non traitée. Des études ont examiné la toxicité de l'aluminium, notamment en lien avec la maladie d'Alzheimer, une affection neurologique qui affecte la mémoire et le comportement **(Bouchemal et Hammoudi, 2016)**.

3. Les principaux polluants de l'eau

Parmi les principaux polluants de l'eau (tab.03), les substances organiques telles que les hydrocarbures, les pesticides, les solvants industriels et les résidus pharmaceutiques représentent une menace importante pour les écosystèmes aquatiques **(Schwarzenbach et al., 2006)**.

Ces composés altèrent la qualité de l'eau et peuvent avoir des effets écotoxiques chroniques sur la faune et la flore. Les polluants inorganiques, notamment les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium) et les nutriments en excès (nitrates et phosphates), contribuent à l'eutrophisation et à la bioaccumulation toxique dans les chaînes alimentaires **(Jarup, 2003 ; Smith et al., 1999)**. À cela s'ajoute la pollution microbiologique, souvent liée aux rejets d'eaux usées non traitées, qui introduit dans les milieux aquatiques des pathogènes responsables de maladies hydriques comme le choléra ou la dysenterie **(WHO, 2017)**. Les déchets plastiques, en particulier les microplastiques, sont aujourd'hui omniprésents dans les eaux de surface, affectant les organismes aquatiques par ingestion ou asphyxie

(Andrady, 2011). Enfin, des formes plus discrètes comme la pollution thermique (modification de la température de l'eau par les rejets industriels) ou radioactive peuvent perturber profondément les équilibres biologiques. Ces formes de pollution, souvent cumulatives, nécessitent une gestion intégrée des ressources en eau et des politiques strictes de prévention à l'échelle locale et mondiale.

Tableau 03: Présente les diverses substances que l'on peut retrouver dans l'eau (Boudeffa, 2015)

État et forme des éléments dans l'eau	Nature des éléments
M.E.S. (Matières en suspension)	Sable, boues, argile, diverses roches en débris, matières organiques et végétales, débris divers solubles.
Sels minéraux	(Carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorures, nitrates... etc) de Ca, Mg, K, NH)
Matières organiques solubles	Troubles , déchets végétaux, matières azotés, produits de synthèse organiques solubles
Gaz	O ₂ , N ₂ , CO ₂ , NH ₃ , H ₂ S
Organismes vivants d'origine animale, végétale, bactérienne et virale	Plancton, algues, champignons, vers, lames d'insectes, bactéries, virus.

4. Les maladies à transmission hydrique (MTH)

Même si l'eau joue un rôle essentiel dans la santé des êtres humains et des animaux, son absence ou sa rareté entraîne un déficit en hygiène, ce qui favorise l'émergence de maladies et d'épidémies. La détérioration de l'environnement est fréquemment à l'origine de la propagation d'épidémies et de pathologies transmises par l'eau ou par l'alimentation. Parmi les affections les plus répandues figurent la fièvre typhoïde, les dysenteries ainsi que l'hépatite virale A, avec une moyenne annuelle d'environ 10 000 cas de maladies à transmission hydrique (MTH) (Camille et Trébaol, 2003).

Le tableau global des maladies liées à l'eau est complexe pour de nombreuses raisons. Au cours des dix dernières années, les enjeux sanitaires liés à l'eau se sont considérablement élargis, marqués par l'apparition de nouvelles infections hydriques ainsi que la résurgence de maladies déjà identifiées (Camille, 2000).

Certaines maladies liées à l'eau et à l'hygiène, comme la salmonellose, le choléra ou la shigellose, disposent déjà de données disponibles. En revanche, d'autres pathologies

telles que le paludisme, la schistosomiase, ainsi que des infections plus récentes comme la légionellose ou les SARS, nécessitent encore des analyses approfondies pour mieux en comprendre l'ampleur et les impacts (**Guasmi et al , 2006**).

Les maladies hydriques regroupent l'ensemble des affections provoquées par l'ingestion d'eau souillée par des excréments d'origine humaine ou animale, contenant des agents pathogènes. Elles se transmettent principalement lorsque les réseaux d'approvisionnement en eau potable sont contaminés par l'urine ou les matières fécales d'individus ou d'animaux infectés (**Labres, 2002**).

4.1. Maladies à transmission hydrique d'origine bactérienne :

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), « une eau de boisson de bonne qualité apporte davantage à la santé publique que n'importe quel traitement ou vaccin ». Pourtant, toutes les huit secondes, un enfant perd la vie à cause d'une maladie liée à une eau contaminée. Chaque année, l'eau impropre à la consommation reste la principale cause de décès dans le monde, devant même la malnutrition, en raison de la présence de pathogènes (virus, bactéries, parasites) et de substances toxiques comme les pesticides, l'arsenic ou le fluor.

Dans les pays en développement, environ 80 % des maladies sont dues à la consommation d'eau polluée. Les experts classent les maladies hydriques en quatre grands groupes :

- **Les maladies d'origine hydrique** : provoquées par l'ingestion d'eau contaminée par des excréments humains ou animaux contenant des agents pathogènes. Elles comprennent le choléra, la fièvre typhoïde et d'autres infections diarrhéiques.
- **Les maladies liées à une mauvaise hygiène** : causées par un manque d'hygiène corporelle et le contact direct (peau, yeux) avec de l'eau polluée. On y retrouve le trachome, la gale, le typhus ainsi que des maladies véhiculées par des parasites externes comme les puces, poux ou tiques.
- **Les maladies parasitaires transmises par l'eau** : résultant de la présence de parasites dans des organismes aquatiques. Ce sont des affections souvent causées par des vers (helminthes).

- **Les maladies transmises par des insectes aquatiques** : ce groupe inclut les pathologies comme la dengue, la filariose, la fièvre jaune et le paludisme, toutes propagées par des moustiques se reproduisant dans l'eau stagnante (Olivaux, 2007).

4.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :

Il s'agit en réalité de septicémies causées par des bactéries du genre *Salmonella*, en particulier *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* des types A, B et C (**Délaras, 2008**). La transmission s'effectue par voie digestive, notamment par l'ingestion d'eau souillée par des matières fécales, d'aliments contaminés ou encore par un manque d'hygiène des mains. Ces infections se manifestent par de la fièvre, des maux de tête, des douleurs abdominales, des diarrhées, ainsi qu'un état de grande fatigue (le typhos). Elles peuvent entraîner des complications sévères, parfois mortelles, telles que des hémorragies intestinales, un collapsus cardiovasculaire, ou encore des atteintes au niveau du foie, des poumons ou du système nerveux (**Roland, 2003**).

4.1.2. Choléra:

Il s'agit d'une maladie infectieuse d'origine bactérienne, hautement contagieuse, qui engendre des infections intestinales aiguës. Elle se manifeste par des diarrhées abondantes, des vomissements incontrôlables, une sensation intense de soif et une déshydratation rapide. En l'absence de traitement, les cas graves peuvent entraîner la mort dans près de 80 % des situations (**SARI, 2014**).

4.1.3. Gastroentérites et diarrhées :

La gastro-entérite est une infection inflammatoire aiguë du système digestif, se manifestant principalement par l'apparition soudaine et répétée de diarrhées, avec des selles liquides et abondantes [13]. La bactérie *Escherichia coli* est fréquemment à l'origine de gastro-entérites sévères, qui peuvent s'avérer fatales en l'absence d'une prise en charge médicale appropriée (**Perrière, 1992**)[14]. C'est une bactérie saprophyte présente naturellement dans le tube digestif de l'homme et des animaux, qu'elle colonise dès les premières heures de vie. Elle se développe massivement dans les matières fécales, atteignant des milliards d'unités.

En raison de leur abondance et de leur forte résistance dans le milieu aquatique, ces bactéries sont utilisées comme indicateurs de contamination fécale de l'eau. Malgré leur grand nombre, la majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes : seules 5 à 6 % des souches peuvent provoquer des infections chez l'enfant. Dans de rares cas, elles peuvent

traverser la barrière intestinale et entraîner des septicémies ou des infections urinaires. Outre leur présence dans les eaux polluées par des matières fécales humaines ou animales, ces bactéries peuvent aussi être hébergées dans le système digestif des ruminants, qui en sont souvent porteurs sains (**Vilaginès, 2010**).

Les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*) représentent des micro-organismes largement répandus dans le système digestif des êtres humains et des animaux, où elles participent activement aux processus de digestion et de fermentation. Il existe plusieurs centaines de souches d'*E. coli*, dont la majorité ne présente aucun danger pour la santé humaine.

Parmi les bactéries coliformes, *E. coli* est reconnue comme l'indicateur le plus fiable de contamination fécale. Des méthodes de détection efficaces ont été développées pour identifier sa présence dans l'eau rapidement et avec précision. Cette bactérie se distingue par sa spécificité fécale, sa faible capacité de prolifération dans l'environnement extérieur, et son excrétion massive dans les matières fécales (environ 10^9 cellules par gramme), ce qui permet de la détecter même à de très faibles concentrations. De plus, sa longévité dans le milieu est comparable à celle d'autres pathogènes intestinaux. Ces caractéristiques font de *E. coli* un marqueur essentiel pour évaluer la pollution fécale dans les ressources en eau (**Menant et al, 1984**).

4.1.4. Infections cutanées :

Les infections causées par *Staphylococcus aureus* revêtent une importance particulière en pathologie infectieuse en raison de leur diversité clinique, de leur sévérité et de leur fréquence, notamment en milieu hospitalier. Ces environnements favorisent la sélection de souches multirésistantes aux antibiotiques, conséquence de l'usage répété de traitements antimicrobiens. Ces souches sont souvent transmises lors d'actes de soins, en particulier chez les patients immunodéprimés (**Leminor et Veron, 1989**).

- *Staphylococcus aureus* possède un fort pouvoir pathogène et est à l'origine de nombreuses infections tant chez l'homme que chez l'animal. Cette bactérie est capable d'apparaître et de se multiplier grâce à sa grande résistance aux conditions environnementales défavorables, comme la chaleur (elle peut résister pendant une heure à 60 °C), la sécheresse (elle survit pendant plusieurs mois dans des matières pathologiques desséchées) et la salinité de l'eau (**Leminor et Veron, 1989**).

Ces bactéries peuvent aussi être retrouvées dans divers milieux, notamment le sol, les eaux douces et marines, l'air, la poussière, ainsi que dans les environnements domestiques (comme la cuisine et le réfrigérateur), les établissements de soins, les zones de transformation alimentaire et certains produits alimentaires (Alia et al, 2018).

4.2. Maladies d'origine virale :

Parmi les différents types d'hépatites, seuls les types A et E se transmettent par voie hydrique et sont susceptibles de provoquer des épidémies à large échelle. Ces formes d'hépatite entraînent une atteinte hépatique, souvent accompagnée de symptômes tels que vomissements, maux de tête et fièvre, pouvant évoluer vers une insuffisance hépatique mortelle. (Cherif, 2006).

La poliomyélite : est une maladie strictement humaine, souvent désignée comme une paralysie infantile. Elle est provoquée par le poliovirus, qui cible principalement la substance grise de la moelle épinière (le terme "polio" signifiant gris et "myélite" désignant la moelle). La transmission se fait principalement par la voie oro-fécale (digestive) ou, plus rarement, par la voie oro-orale (salive et sécrétions respiratoires).

La maladie se manifeste sous deux formes cliniques :

- **Poliomyélite non paralytique :** forme bénigne durant généralement de 10 à 14 jours, caractérisée par des symptômes respiratoires (toux, fièvre, parfois vomissements) et digestifs (douleurs abdominales, nausées, vomissements, constipation, et rarement diarrhée). Cette forme guérit spontanément en quelques jours.
- **Poliomyélite paralytique :** dans cette forme, le virus attaque et détruit les nerfs moteurs responsables du contrôle des muscles, entraînant ainsi une paralysie. Il n'existe aucun traitement curatif contre cette maladie, toutefois deux types de vaccins sont disponibles pour la prévention : un vaccin oral et un vaccin injectable (BOURAS, 2013).

4.3. Maladies d'origine parasitaire :

4.3.1. La bilharziose :

Outre les maladies causées par des bactéries ou des virus, il existe également des épidémies d'origine hydrique provoquées par des parasites, telles que l'ankylostomiase, la dracunculose ou encore le téniasis (Ayed, 2016).

Également, la bilharziose est une maladie parasitaire causée par le ver *Schistosomamansoni*, qui se développe dans les veines abdominales humaines et libère ses œufs par l'urine et les selles. Elle est largement présente dans les zones tropicales, avec environ deux millions de personnes infectées. La personne atteinte finit souvent par succomber après plusieurs années de dégradation progressive de ses facultés mentales (Ayed, 2016).

4.3.2. L'onchocercose :

Une affection parasitaire présente principalement en Afrique, pouvant entraîner la perte de la vue. Elle est causée par un ver transmis à l'homme par la simule, une mouche dont les larves se développent dans les eaux vives. L'élimination de cette maladie nécessite le traitement des rivières avec des insecticides, et ce, sur une longue période, parfois plusieurs années (Ayed, 2016).

4.3.3. Cryptosporidiose :

La cryptosporidiose est une maladie causée par un protozoaire appelé *Cryptosporidium*, se transmettant principalement par la voie fécale-orale. Elle se manifeste surtout par une diarrhée aqueuse, souvent accompagnée de troubles digestifs divers. Chez les personnes ayant un système immunitaire intact, l'infection tend généralement à disparaître d'elle-même. En revanche, elle peut devenir grave et persistante chez les individus immunodéprimés, notamment ceux atteints du VIH à un stade avancé.

Le diagnostic repose sur la détection du parasite ou de ses antigènes dans les selles. Chez les patients immunocompétents, si un traitement est nécessaire, on utilise le nitazoxanide administré par voie orale. Pour les personnes vivant avec le VIH, une thérapie antirétrovirale intensive est recommandée, accompagnée de soins de soutien. Le nitazoxanide peut atténuer les symptômes, mais ne permet pas toujours d'éliminer complètement l'infection, surtout chez les patients en phase terminale de la maladie [18].

4.4. Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique :

Certaines substances, telles que les métaux lourds, ne sont pas éliminées naturellement par le corps humain. Elles s'y accumulent progressivement, et une exposition prolongée, même à de faibles concentrations dans l'eau, peut entraîner des maladies graves. En cas d'ingestion massive, notamment lors d'un épisode de pollution accidentelle, ces substances deviennent rapidement toxiques (Khiter, 2018).

4.4.1. Métaux lourds :

Le plomb est un métal lourd particulièrement dangereux en raison de sa capacité à s'accumuler dans le corps. Il provoque des atteintes neurologiques irréversibles, surtout chez les enfants, chez qui même de faibles expositions peuvent nuire au développement cérébral. Une exposition prolongée entraîne des troubles cognitifs, des anomalies du comportement ainsi que des retards de croissance.

Le mercure, sous forme de méthylmercure, est hautement toxique. Il traverse aisément les barrières hémato-encéphalique et placentaires, causant des lésions neurologiques chez les adultes et perturbant le développement cérébral des fœtus. L'intoxication aiguë se manifeste par des tremblements, une mauvaise coordination motrice et des troubles sensoriels.

Quant à l'arsenic, il peut se retrouver naturellement dans certaines formations géologiques et contaminer les eaux souterraines. Une exposition prolongée à cet élément est associée à un risque accru de cancers (cutané, pulmonaire, vésical), de pathologies cardiovasculaires ainsi que de diabète. Des altérations cutanées typiques peuvent apparaître après plusieurs années d'exposition.

Le cadmium, quant à lui, s'accumule principalement dans les reins et le foie, entraînant une toxicité rénale progressive et perturbant le métabolisme osseux. Une exposition chronique favorise le développement de l'ostéomalacie et augmente la fragilité osseuse, rendant les fractures plus probables.

4.4.2. Pesticides et produits agricoles :

Les herbicides tels que l'atrazine et le glyphosate sont des polluants courants des eaux souterraines et de surface, particulièrement dans les régions à forte activité agricole. L'atrazine est reconnu pour son effet perturbateur sur le système hormonal, tandis que le glyphosate fait l'objet d'inquiétudes croissantes quant à son lien possible avec certains cancers.

Quant aux insecticides de type organophosphoré et carbamate, ils agissent en bloquant l'enzyme acétylcholinestérase, cruciale pour le bon fonctionnement du système nerveux. Une exposition aiguë entraîne des symptômes caractéristiques du syndrome cholinergique : nausées, hypersalivation, rétrécissement des pupilles et difficultés respiratoires. Lors d'une exposition prolongée, ces substances peuvent provoquer des atteintes des nerfs périphériques ainsi que des troubles cognitifs durables.

4.4.3. Nitrates et nitrites:

Provenant en grande partie des fertilisants agricoles et des rejets issus de l'élevage, les nitrates contaminent couramment les eaux souterraines dans les zones rurales. Une fois dans l'organisme, ils se transforment en nitrites, lesquels convertissent l'hémoglobine en méthémoglobine, une forme incapable de transporter efficacement l'oxygène. Cette altération est particulièrement dangereuse pour les nourrissons, chez qui elle peut entraîner le « syndrome du bébé bleu », une condition potentiellement mortelle. Par ailleurs, une exposition prolongée aux nitrates soulève des inquiétudes quant à un lien possible avec le cancer de l'estomac, en raison de la formation de composés N-nitrosés, connus pour leur effet cancérigène [19].

5. Critères de potabilité de l'eau :**5.1. Les paramètres organoleptiques :**

Les caractéristiques organoleptiques telles que la couleur, le goût, la turbidité et l'odeur servent fréquemment de signaux d'alerte en cas de pollution de l'eau, bien qu'elles ne soient pas nécessairement synonymes de danger pour la santé (**Genoudet, 2001**).

5.1.1. La couleur :

La couleur de l'eau est qualifiée de réelle lorsqu'elle résulte uniquement de substances dissoutes. En revanche, on parle de couleur apparente lorsque des particules en suspension contribuent également à la coloration. Dans les eaux peu troubles ou limpides, les deux types de coloration – réelle et apparente – sont généralement très proches (Rodier, 2005).

Une coloration devient un signe de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/L en platine-cobalt (Lefèvre, 1991).

5.1.2. L'odeur:

Toute odeur détectée dans l'eau constitue généralement un indice de pollution ou indique la présence de matières organiques en décomposition. Elle résulte de composés volatils perçus par le système olfactif, et peut être définie comme l'ensemble des sensations olfactives provoquées par ces substances en suspension dans l'air (Rodier, 2005).

5.1.3. Le goût et la saveur:

Le goût se définit comme l'ensemble des perceptions sensorielles – gustatives, olfactives et chimiques - ressenties lors de la présence de la boisson en bouche. Quant à la

saveur, elle correspond plus spécifiquement aux sensations déclenchées par l'action de substances solubles sur les bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

5.2. Les paramètres physico-chimiques :

En matière d'eau potable, seuls les composés susceptibles de nuire directement à la santé ou d'altérer ses qualités organoleptiques font l'objet d'un contrôle. Leurs teneurs doivent être évaluées par rapport aux concentrations maximales admissibles (CMA), d'où l'intérêt de confronter ces valeurs aux recommandations établies. Les normes des différentes caractéristiques, rapportées sur le tableau ci-dessous, sont des valeurs maximales admissibles pour une eau potable.

Tableau 04 : Normes concernant les paramètres organoleptiques d'une eau potable (Nouasria et Khalla, 2019) .

Paramètres organoleptiques	Unité	Norme OMS	Norme (Algérienne, 2000)
Turbidité	Unité Jackson	05 (OMS 2011)	Au maximum 2
Couleur	mg/l de platine	-	Au maximum 25
Odeur	Seuil de perception à 25°C	2 (OMS 2006)	Au maximum 4
Saveur	Seuil de perception à 25°C	4 (OMS 2006)	Au maximum 4

En matière d'eau potable, seuls les composés susceptibles de nuire directement à la santé ou d'altérer ses qualités organoleptiques font l'objet d'un contrôle. Leurs teneurs doivent être évaluées par rapport aux concentrations maximales admissibles (CMA), d'où l'intérêt de confronter ces valeurs aux recommandations établies (**Nouasria et Khalla, 2019**)

Les tableaux 05 à 07 donnent les normes concernant les paramètres physico-chimiques analysés.

Tableau 05 : Normes concernant les paramètres physico-chimiques d'une eau potable
(Nouasria et Khalla, 2019)

Paramètres physico-chimiques	Unité	Norme OMS	Norme (Algérienne, 2000)
Température	°C	25 (OMS 2011)	-
pH	-	6,5 à 8,5 (OMS 2011)	6.5 à 8.5
Conductivité	µs/cm	1400 (OMS 2011)	1000
Résidus secs	mg/l après séchage	Max 2000 (OMS2006)	Max 2800
Alcalinité totale	°F	≥ 2,5(OMS 2006)	-
TDS	mg/l	≥1000	-
Dureté totale	mg/l	≥1500	10 à 50
Chlorure	mg/l de Cl ⁻	250 (OMS 2011)	200 à 500
Calcium	mg/l de Ca ²⁺	75 (OMS 2011)	200
Bicarbonate	mg/l de HCO ₃ ⁻	500 (OMS 2011)	-
Magnésium	mg/l de Mg ²⁺	50 (OMS 2011)	-
Sulfates	mg/l de SO ₄ ²⁻	250 (OMS 2011)	200 à 400
Sodium	mg/l de Na ⁺	200 (OMS 2006)	200
Potassium	mg/l de K ⁺	12 (OMS 2006)	-
Fer	mg/l	0.3 (OMS 2011)	Au maximum 0.3

Tableau 06: Classes de turbidité usuelles (NTU= nephelometricturbidity unit) (Merzoug, 2009).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Tableau 07: Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Monod., 1989).

Conductivité électrique (µS/Cm)	Qualité des eaux	Classe
CE < 400	Excellente	1A
400 < CE < 750	Bonne	1B
750 < CE < 1500	Passable	2
1500 < CE < 3000	Médiocre	3

5.3. Les paramètres bactériologiques :

Les paramètres bactériologiques de l'eau sont des indicateurs essentiels pour évaluer la qualité sanitaire de l'eau, notamment en ce qui concerne la présence de micro-organismes pathogènes. Ces paramètres permettent de détecter une contamination fécale ou une prolifération bactérienne nuisible à la santé humaine et à l'environnement.

Les **normes bactériologiques de l'eau de source** sont établies pour garantir qu'elle est **saine, potable et sans danger** pour la consommation humaine. Ces normes sont fixées par des autorités sanitaires nationales ou internationales (OMS, UE, Algérie, etc.).

En **Algérie**, la qualité bactériologique de l'eau de source (qu'elle soit embouteillée ou destinée à la consommation humaine) est réglementée principalement par les normes algériennes officielles. Le tableau 08 montre les principaux critères bactériologiques appliqués à l'eau de source destinée à la consommation humaine en Algérie.

Tableau 08 : Normes bactériologiques – Eau de source en Algérie (**Norme NA 4707, 2018**).

Paramètre	Valeur maximale admissible	Interprétation
Escherichia coli (E. coli)	0 / 100 mL	Absence obligatoire. Indicateur de contamination fécale récente.
Coliformes fécaux	0 / 100 mL	Doivent être absents. Présence = eau non potable.
Coliformes totaux	0 / 100 mL	Indicateur de contamination générale.
Entérocoques (streptocoques fécaux)	0 / 100 mL	Doivent être absents.

Tableau 08 : (suite)

Clostridium perfringens (spores)	0 / 100 mL	Indicateur de contamination ancienne.
Germes aérobies mésophiles à 22°C	100 / mL	Charge microbienne globale, acceptable à ce seuil.
Germes aérobies mésophiles à 37°C	20 / mL	Représente les bactéries potentiellement pathogènes.

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Situation géographique du Guelma

La wilaya de Guelma est située au Nord-est de l'Algérie à 60 Km environ de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est 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 (Guebailia, 2017).

La source d'eau étudiée est située au nord-est de la commune de Guelma au cité des frères RAHABI, aux coordonnées géographiques 36°27'52.7"N et 7°27'53.0"E, elle se situe à côté de la route nationale n°20 en face de la station de traitement des eaux de la Société Algérienne des Eaux, unité de Guelma. Donc la source se trouve dans une zone urbaine.

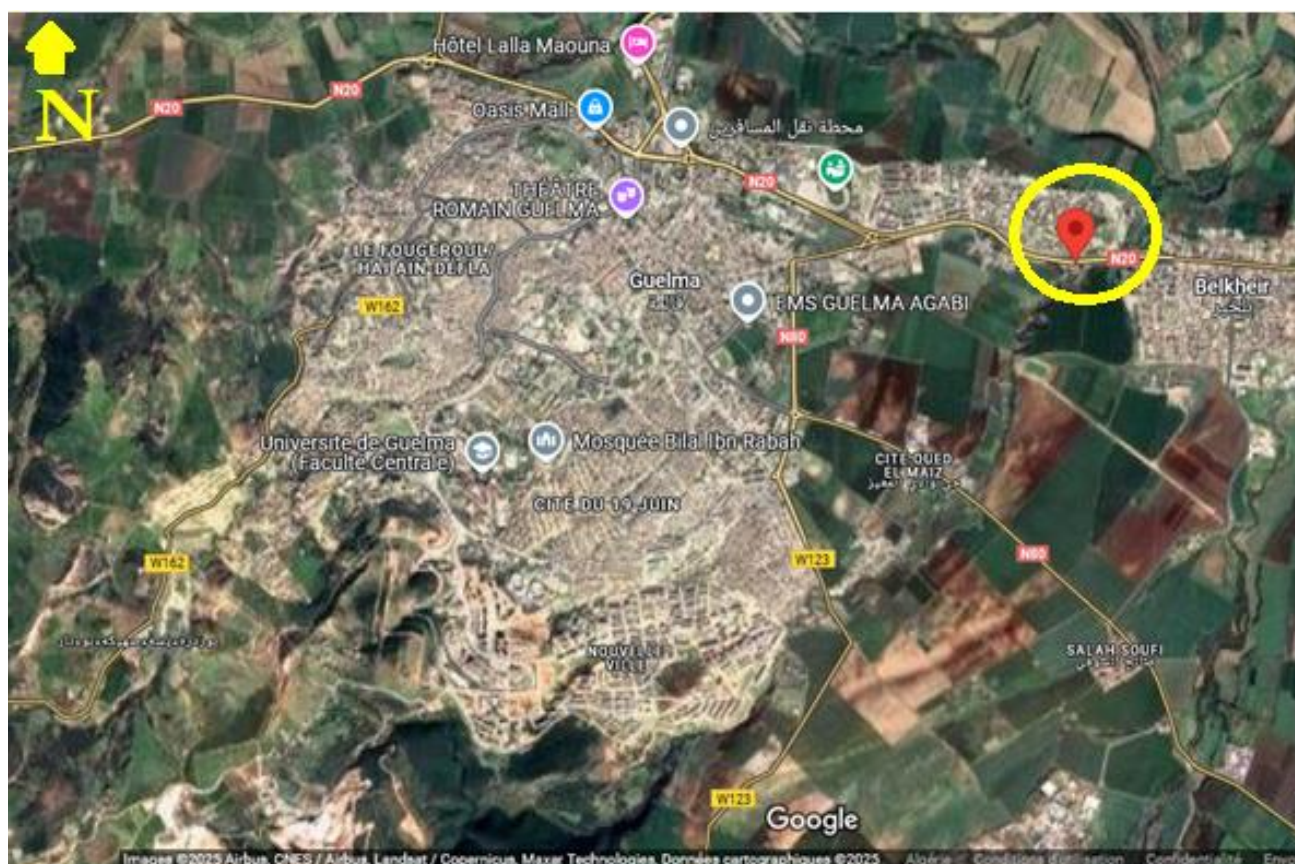


Figure 02. Position géographique de la source dans la commune de Guelma (Google Maps 2025)



Figure 03. Photos de la source.

2. Prélèvement et échantillonnage

Afin de réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques de la source d'eau située dans la zone urbaine de la cité des frères RAHABI, nous avons prélevé des échantillons entre mars et avril 2024, à raison d'un échantillon par mois.

3. Méthodes d'analyses physicochimiques

L'estimation de la qualité physicochimique d'une eau s'effectue par la mesure d'un ensemble de paramètres constituant l'eau. Les paramètres physicochimiques étudiés sont : La température (T), le potentiel d'hydrogène (pH) et la conductivité, l'oxygène dissous, la salinité, qui sont mesurés sur site à l'aide d'un multi-paramètre de terrain de type WTW 1970 i.

Il est essentiel de commencer par identifier le point de sortie de l'eau, puis d'aménager un dispositif de captage approprié. Cela peut consister à introduire un tuyau dans la source pour canaliser l'eau et faciliter son prélèvement, ou, dans le cas où l'eau s'écoule sans pression depuis le sol, à aménager une rigole. Quoi qu'il en soit, ces installations doivent être mises en place au moins 24 heures avant le prélèvement afin d'éviter toute perturbation immédiate de l'échantillon (Rodier et al., 2009).

3.1. Température

Il est essentiel de mesurer la température de l'eau avec une grande précision, car elle affecte la solubilité des sels, et plus particulièrement celle des gaz. En effet, la température a un impact direct sur la capacité de l'eau à dissoudre l'oxygène : plus l'eau est froide, plus cette capacité augmente. Cette mesure est généralement réalisée directement sur le terrain à l'aide d'un appareil multiparamètre portable (**Rodier et al, 2009**).

Une élévation de la température de l'eau stimule la prolifération des micro-organismes et peut renforcer ses caractéristiques organoleptiques telles que le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994). À l'inverse, une température en dessous de 10 °C tend à freiner les processus chimiques intervenant lors des traitements de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

3.2. Potentiel d'Hydrogène

Le pH, ou potentiel hydrogène, correspond au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydronium [H_3O^+]. Il indique si une eau est acide ($\text{pH} < 7$) ou basique ($\text{pH} > 7$). Bien que le pH n'ait pas de signification hygiénique directe, il est un indicateur essentiel pour évaluer l'agressivité de l'eau vis-à-vis des matériaux.

Le pH des eaux naturelles dépend fortement de la nature géologique des sols traversés. En général, il se situe entre 7,2 et 7,6 (**Bremond et Vuichard, 1973**). Toutefois, selon le caractère acide ou basique du terrain, il peut varier de 4 à 10. Un pH faible peut entraîner une présence accrue de métaux sous forme ionique, souvent plus toxique, tandis qu'un pH élevé favorise la formation d'ammoniac, substance nocive pour les poissons (**De Villers et al., 2005**).

3.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) constitue un paramètre physico-chimique fondamental pour évaluer la capacité de l'eau à transporter un courant électrique entre deux électrodes. Cette propriété est principalement liée à la présence de substances dissoutes sous forme d'ions, porteurs de charges électriques.

Ainsi, plus la concentration en ions est élevée, plus la conductivité est importante, ce qui permet d'estimer indirectement la teneur en sels dissous dans l'échantillon analysé. Il convient également de noter que la conductivité est fortement influencée par la température de l'eau : elle augmente généralement avec l'élévation de la température. Cette grandeur s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (**Detay, 1993**).

La conductivité électrique d'une eau est généralement mesurée par un appareil multi paramètre. La valeur de conductivité s'affiche directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ **(Rodier, 2005)**.

3.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous (O_2) représente un paramètre fondamental dans l'évaluation de la qualité des eaux, en particulier pour les systèmes aquatiques où il conditionne la vie biologique et les réactions chimiques, notamment les réactions d'oxydoréduction. En effet, l'oxygène est un constituant de base de nombreux composés organiques et minéraux, et il forme des oxydes avec la majorité des éléments chimiques **(Rejsek, 2002)**.

3.5. Salinité

La salinité est un paramètre physico-chimique essentiel qui reflète la concentration en sels dissous dans l'eau, notamment les ions comme les chlorures, les sulfates, le sodium, le magnésium, le calcium et le potassium. Elle joue un rôle déterminant dans l'équilibre écologique des milieux aquatiques. Une variation, notamment une salinisation excessive, peut provoquer des perturbations notables au sein de la biocénose, c'est-à-dire l'ensemble des espèces vivant dans un même habitat, sans qu'il soit nécessairement question d'une pollution anthropique **(Merzoug, S. 2009)**.

4. Méthodes d'analyses Bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour objectif principal la détection des germes pathogènes susceptibles d'y être présents. L'échantillon destiné à l'analyse est prélevé de manière à refléter aussi fidèlement que possible les caractéristiques du milieu d'origine.

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes **(Rodier, 2005)**. Dans ce contexte, la manipulation doit être effectuée dans des conditions optimales de stérilité.

L'échantillon pour l'analyse bactérienne est collecté en remplissant complètement des bouteilles propres et pré-stérilisées avec de l'eau de source, en évitant la formation de bulles d'air. Une fois le prélèvement effectué, renseigné l'étiquette avec les informations nécessaires à l'identification de l'échantillon. Remettre le flacon dans son emballage en

papier, en prenant soin de bien protéger le bouchon ainsi que le goulot. Sur une feuille séparée, inscrire toutes les données utiles à l'analyse. Si besoin, placer l'ensemble dans un étui métallique (Rodier et al, 2009).

4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Les micro-organismes revivifiables (germes totaux) désignent l'ensemble des bactéries, levures et moisissures aptes à se développer et à former des colonies sur un milieu de culture déterminé, lorsqu'ils sont soumis aux conditions d'incubation définies par la norme (ISO 6222, 1999). Ces micro-organismes se multiplient en milieu aérobie et leur présence traduit une contamination bactérienne. Le comptage de ces germes permet d'évaluer la qualité sanitaire de l'eau destinée à la consommation humaine. Par conséquent, ils fournissent des indications sur le niveau de protection des nappes souterraines alimentant la source analysée (Soudani, 2016).

➤ Principe

La méthode consiste à compter les micro-organismes en incorporant des volumes précis de l'échantillon, ou de ses dilutions, dans un milieu gélosé. Le dépistage et la quantification des germes revivifiables s'effectuent à deux températures distinctes : 22 °C pour détecter les micro-organismes psychrophiles, et 37 °C pour cibler les mésophiles (Rejsek, 2002).

➤ Mode opératoire

- Prélever de manière aseptique deux aliquotes de 1 ml de l'échantillon d'eau à analyser et les déposer séparément dans deux boîtes de Pétri stériles et numérotées à cet effet.
- Ajouter ensuite environ 20 ml de gélose TGEA fondue, refroidie à 45 °C, dans chaque boîte.
- Mélanger doucement le contenu en effectuant des mouvements circulaires et en forme de « 8 », afin d'assurer une bonne homogénéisation de l'échantillon avec la gélose, tout en évitant la formation de bulles d'air et le contact avec les parois de la boîte.
- Laisser durcir la gélose à température ambiante, puis verser une seconde couche d'environ 5 ml de la même gélose (TGEA) pour protéger le milieu de culture contre toute contamination externe.
- La première boîte sera incubée, couvercle en bas à 22°C.

- La seconde boîte sera incubée, couvercle en bas à 37°C(**Fig 01**).

➤ **Lecture**

Les germes revivifiabiles apparaissent, dans les deux cas, sous forme de colonies lenticulaires se développant en profondeur dans le milieu.

- Une première observation est effectuée après 24 heures d'incubation.
- Une seconde lecture est réalisée à 48 heures.
- Une dernière vérification a lieu à 72 heures.

Les boîtes de Pétri doivent être placées à l'envers pour l'incubation : l'une est incubée à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 heures, tandis que l'autre est maintenue à 22 °C pendant 72 heures. Une lecture est effectuée toutes les 24 heures.

Le nombre de colonies développées est ensuite utilisé pour estimer la concentration de germes par millilitre d'échantillon.

➤ **Dénombrement**

L'objectif est de compter l'ensemble des colonies observées, en respectant les consignes suivantes:

- Ne prendre en compte que les boîtes de Pétri présentant un nombre de colonies compris entre 15 et 300.
- Les résultats doivent être exprimés en unités de micro-organismes revivifiabiles par millilitre d'eau analysée, aux températures de 22 °C et 37 °C (**Lebres, 2006**).

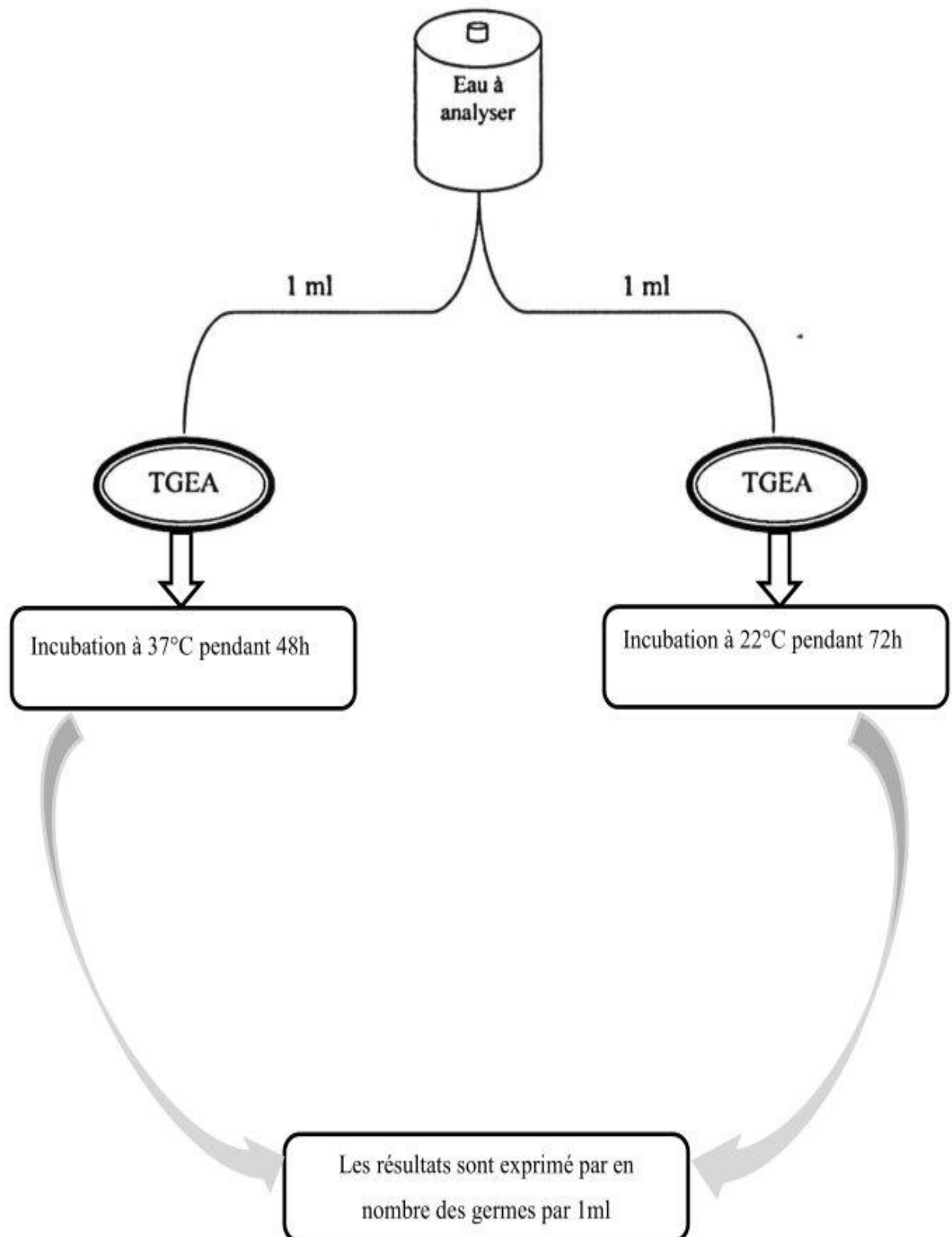


Figure 04: Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

4.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides

L'analyse des coliformes ainsi que l'identification d'*E. coli* ont été réalisées en utilisant la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP), également connue sous le nom de méthode colimétrique.

4.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes sont des bactéries en forme de bâtonnet, à Gram négatif, ne produisant pas de spores, pouvant se développer en conditions aérobies ou anaérobies facultatives. Elles ont la capacité de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents tensioactifs aux effets inhibiteurs similaires, et sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou d'aldéhyde) et de gaz, dans un délai de 48 heures, à une température comprise entre 35 et 37 °C (INSPQ, 2010).

Les coliformes constituent un groupe de bactéries étroitement liées, que l'on retrouve généralement dans l'environnement. Leur détection dans l'eau peut indiquer une possible contamination du réseau de distribution d'eau (CIEFFQE, 2011).

4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux)

Il s'agit de bactéries en forme de bâtonnets, à Gram négatif, pouvant vivre en milieu aérobie ou anaérobie facultatif, non sporulées, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures de 36 °C et 44 °C en moins de 24 heures. On les regroupe fréquemment sous l'appellation d'*Escherichia coli*.

Les coliformes fécaux présentent un intérêt particulier car ils sont largement présents dans les excréments des animaux à sang chaud, ce qui en fait des indicateurs fiables de contamination fécale (Harlye et al., 2010).

➤ Milieux de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation : bouillon de Schubert ;
- Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.

➤ Mode opératoire

- Première étape : Test présomptif pour la présence ou l'absence des coliformes.

À partir de l'échantillon d'eau à analyser, des volumes spécifiques sont ensemencés de manière aseptique dans différents milieux de culture contenant une cloche de Durham :

- Trois volumes de 10 ml sont introduits dans trois tubes contenant chacun 10 ml de milieu BCPL D/C.
- Trois volumes de 1 ml sont transférés dans trois tubes avec 10 ml de milieu BCPL S/C.
- Trois volumes de 0,1 ml sont ajoutés à trois autres tubes contenant également 10 ml de milieu BCPL S/C.
- Avant incubation, il convient d'éliminer toute présence éventuelle de gaz dans les cloches de Durham, puis de bien homogénéiser les contenus.
- Les tubes sont ensuite incubés à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 heures.

Un tube est considéré comme positif s'il remplit les conditions suivantes :

- Présence d'un dégagement gazeux supérieur à un dixième de la hauteur de la cloche de Durham,
- Apparition d'un trouble microbien accompagnée d'un changement de couleur du milieu vers le jaune, traduisant la fermentation du lactose.

La lecture finale des résultats se fait à l'aide des tables de Mac Grady du Nombre le Plus Probable (NPP).

- **2ème étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'E. Coli.**

Le test de confirmation, également connu sous le nom de test de Mac Kenzie, permet de vérifier la présence de coliformes fécaux, en particulier celle redoutée d'*Escherichia coli*.

À partir des tubes BCPL ayant donné un résultat positif, on prélève quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur, après agitation, pour les ensemencer dans un tube contenant le milieu Schubert équipé d'une cloche de Durham (Fig.01). Il est important d'éliminer tout gaz éventuellement présent dans la cloche, puis d'homogénéiser le contenu du tube. L'incubation s'effectue à 44 °C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Un résultat est interprété comme positif lorsque le tube présente simultanément les éléments suivants :

- Une production notable de gaz, dépassant un dixième de la hauteur de la cloche de Durham.
- L'apparition d'un anneau rouge ou rosé à la surface du milieu, indiquant la formation d'indole par *Escherichia coli* après l'ajout de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
- L'interprétation finale se base sur les valeurs de la table de Mac Grady (méthode NPP).
- Il convient de rappeler que *E. coli* est une bactérie capable de produire à la fois du gaz et de l'indole à une température de 44 °C.
- La présence de *E. coli* repose sur un seul tube confirmatif (Tfyeche, 2014).

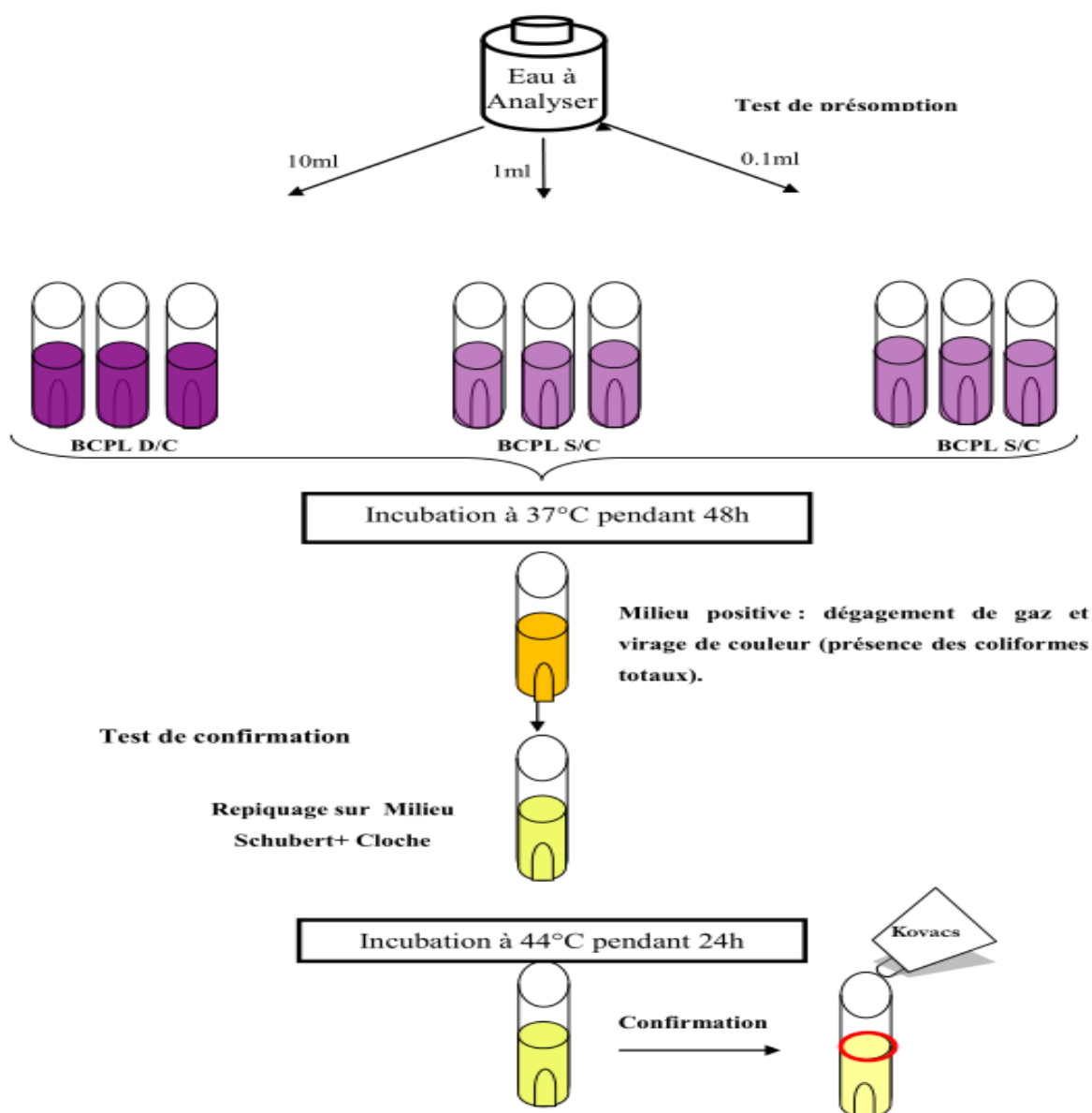


Figure 05: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

4.3. Recherche des streptocoques fécaux en milieu liquide

Ces bactéries, naturellement présentes dans l'intestin de l'homme ainsi que chez les animaux à sang chaud, se répartissent principalement entre deux genres : *Streptococcus* et *Enterococcus*, ce dernier regroupant la majorité des espèces. La détection de ces micro-organismes dans les eaux présente un intérêt particulier, car leur comportement microbiologique se distingue de celui des coliformes.

En tant que cocci à Gram positif, ils bénéficient d'une résistance accrue dans les environnements aquatiques, ce qui en fait de bons indicateurs de contaminations anciennes (Hade, 2003).

➤ **Milieus de culture :**

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C)
- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C)
- Milieu de confirmation d'Eva Litsky

➤ **Mode opératoire**

- **Étape 1 : Test présomptif**

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C (double concentration) ;
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (simple concentration) ;
- 3 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

- **Étape 2 : Test confirmatif**

Le test de confirmation consiste à vérifier la présence effective de streptocoques fécaux détectés lors de l'étape présomptive. Pour ce faire, on sélectionne les tubes ROTHE ayant donné un résultat positif, puis, après agitation, on prélève quelques gouttes de chaque tube à l'aide d'une pipette Pasteur. Ces gouttes sont ensuiteensemencées dans un tube contenant le

milieu de culture LITSKY EVA. Le mélange doit être homogénéisé soigneusement avant d'incuber à 37 °C pendant 24 heures.

➤ Lecture

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

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé (Tfyeche, 2014).

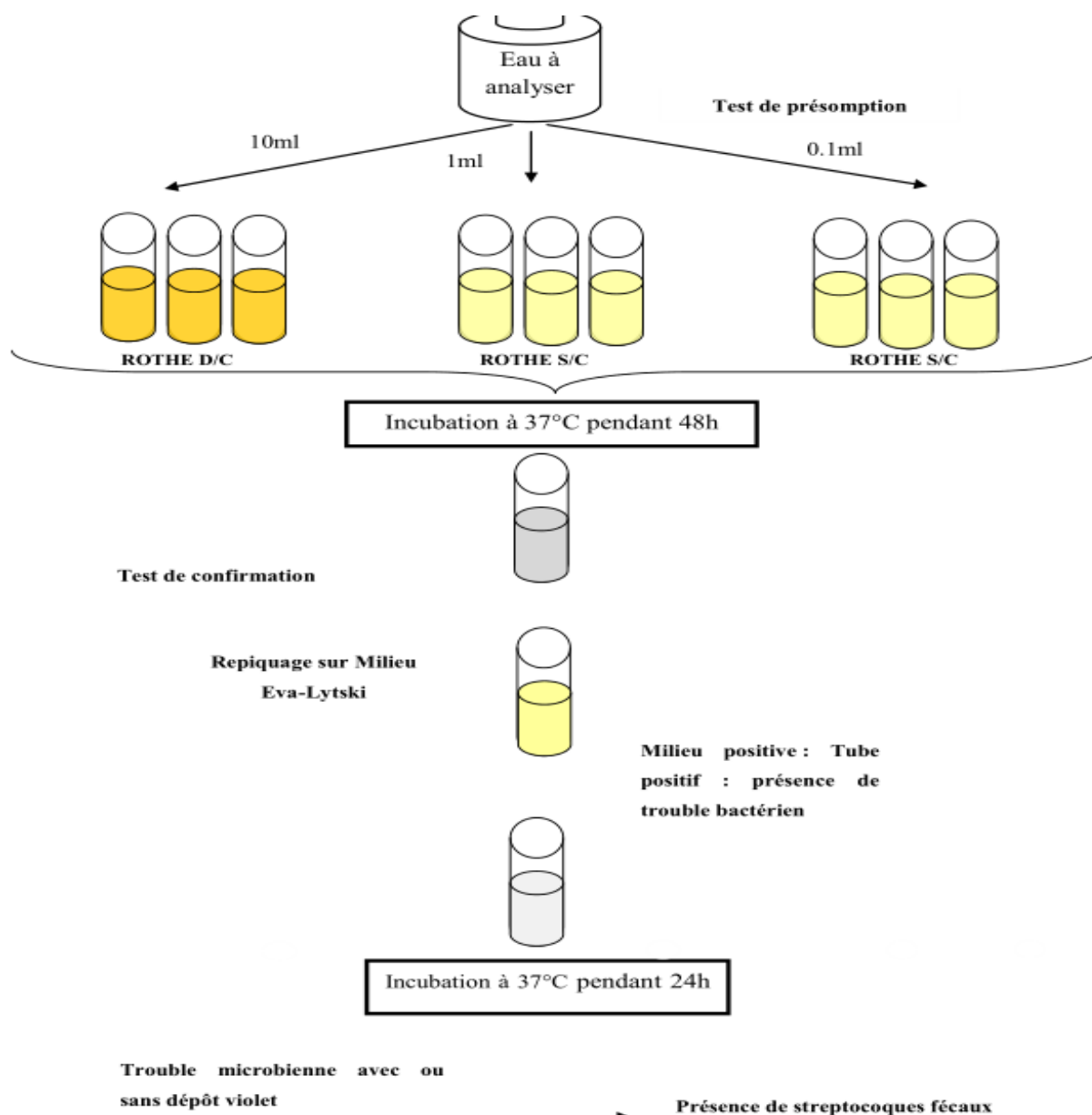


Figure 06: Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux.

4.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito réducteurs (ASR)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont fréquemment utilisés comme indicateurs potentiels de pollution d'origine fécale. Grâce à leur capacité à former des spores, nettement plus résistantes que les formes végétatives, ils présentent une meilleure survie que les coliformes ou les streptocoques fécaux, ce qui en fait des marqueurs possibles de contaminations anciennes ou intermittentes.

Cependant, sans entrer dans le débat sur la pertinence de cette indication temporelle, il est important de souligner que ces bactéries, bien qu'associées à la flore fécale, sont également présentes dans le sol. Leur détection ne permet donc pas d'affirmer avec certitude une origine exclusivement fécale (Rodier et al., 2009).

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont capables de se développer en 24 à 48 heures sur un milieu gélosé à base de Viande Foie (VF). Ils forment des colonies caractéristiques, traduisant leur capacité à réduire le sulfite de sodium (Na_2SO_3) présent dans le milieu. Cette réduction conduit à la formation de sulfure, lequel réagit avec les ions ferreux (Fe^{2+}) pour produire du sulfure de fer (FeS), reconnaissable à sa coloration noire (Lebres, 2006).

➤ Milieu de culture

Gélose de foie (VF) et les additifs : Solution de sulfite de sodium et Solution d'alun de fer.

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Prélever environ 25 ml de l'échantillon dans un tube stérile, puis le soumettre à un traitement thermique à 80 °C pendant 8 à 10 minutes, afin d'éliminer les formes végétatives des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) éventuellement présentes.
- Refroidir rapidement le tube chauffé sous un filet d'eau du robinet.
- Répartir ensuite le contenu obtenu dans quatre tubes stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter à chaque tube environ 20 ml de gélose Viande Foie préalablement fondue, enrichie d'une ampoule d'alun de fer et d'une ampoule de sulfite de sodium, puis ramenée à une température de 45 ± 1 °C.

- Homogénéiser délicatement le mélange sans générer de bulles d'air, en prenant soin d'éviter toute introduction d'oxygène.
- Laisser la gélose se solidifier à température ambiante pendant environ 30 minutes, avant d'incuber les tubes à 37 °C pour une durée de 24 à 48 heures.

➤ **Lecture**

Une première lecture doit impérativement être réalisée au bout de 16 heures d'incubation. À ce moment-là, il convient d'identifier et de compter l'ensemble des colonies noires développées en masse. Le nombre total de ces colonies doit ensuite être rapporté à un volume de 20 ml d'eau analysée (**Lebres, 2006**).

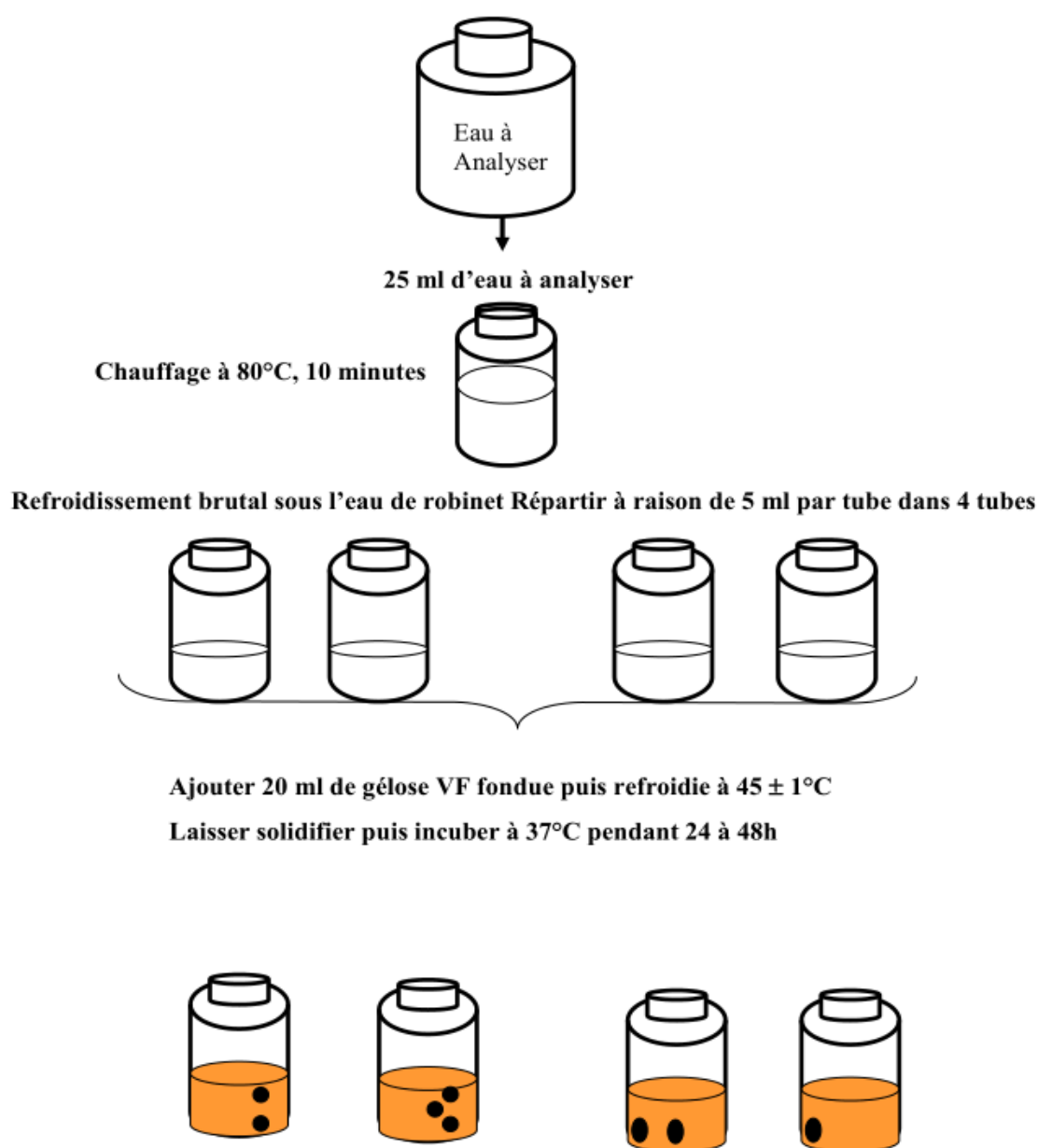


Figure 07: Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfitoréducteurs (ASR).

Chapitre III :

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

L'eau de source a toujours été considérée comme l'une des eaux naturelles les plus pures, car elle provient de nappes souterraines protégées contre la pollution. Elle présente généralement une composition minérale stable et peut être consommée directement à la source sans traitement intensif, tout en respectant les normes de potabilité. Toutefois, la qualité de l'eau de source reste étroitement liée aux conditions géologiques et environnementales locales, et peut parfois être influencée par les activités humaines avoisinantes ou par les changements climatiques (Armand, 1996).

1. Résultats des paramètres organoleptiques

L'eau provenant de la source se présente constamment claire, ce qui suggère vraisemblablement l'absence des ions métalliques tels que le fer ferreux (Fe^{2+}) et le fer ferrique (Fe^{3+}), reconnus comme étant les principaux responsables de la variation de la couleur de l'eau, ainsi que des colloïdes en suspension (Rodier et al., 2009).

L'eau analysée de la source de la cité des frères RAHABI, dite source JURODANT, se présente claire, sans odeur désagréable ni mauvais goût, ce qui pousse la population locale à la juger potable et adaptée à la consommation.

2. Résultats des analyses physico-chimiques**2.1. Température**

La température de l'eau constitue un facteur essentiel influençant divers processus, notamment l'intensification des réactions chimiques, le développement de l'activité bactérienne ainsi que l'évaporation. Elle est sujette à des variations selon la température ambiante, les saisons, ainsi que la profondeur de la nappe par rapport à la surface du sol.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau est considérée agréable à consommer lorsqu'elle est fraîche. D'après ses recommandations, la température idéale pour l'eau destinée à la consommation humaine est d'environ 25°C (Saoud, 2014).

Après l'apparition des résultats (fig. 08), la température minimale de l'eau a été enregistrée à la source de cité des frères RAHABI dite source JURODANT durant le mois de mars, avec une valeur de 14,6°C. En avril, elle était légèrement plus élevée au même point de prélèvement, atteignant 19,2°C. Cette variation est généralement liée à la

température ambiante, qui influence celle du sol. Nous avons également observé une augmentation progressive vers la fin de l'étude, sachant que l'eau de la source ne se situe pas à une grande profondeur sous terre.

Selon **Rodier (1984)**, cette élévation de température est principalement conditionnée par les facteurs environnementaux, notamment la localisation géographique de la région, la nature géologique des sols traversés, les caractéristiques hydrologiques de l'écosystème, et surtout les conditions climatiques dominantes.

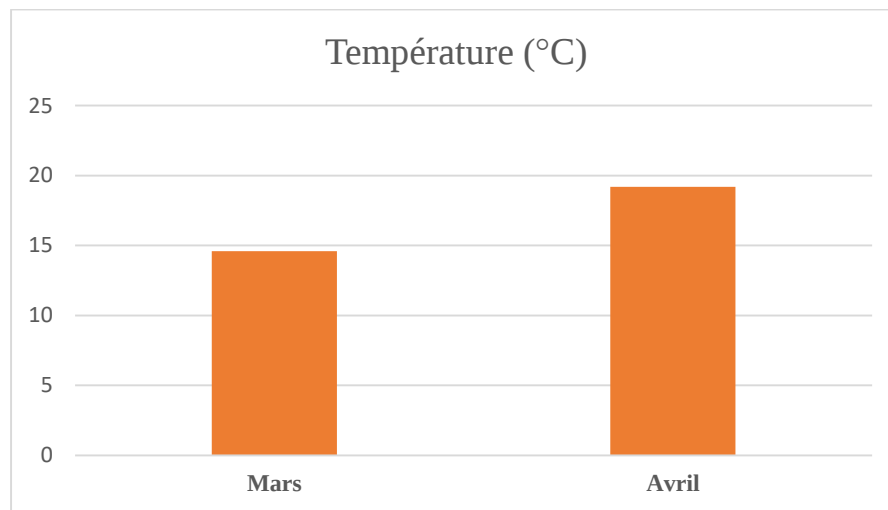


Figure 08 : Variations de la température de l'eau de la source

2.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH représente la concentration en ions hydrogène (H^+) dans l'eau, ce qui permet d'évaluer son caractère acide ou basique, sur une échelle logarithmique allant de 0 à 14. Ce paramètre joue un rôle essentiel dans le déroulement des réactions chimiques et biologiques au sein des milieux aquatiques. Dans les eaux naturelles, les valeurs de pH se situent généralement entre 6 et 8,5 (**Chapman et al., 1996**).

Le pH des eaux est en partie lié à leur conductivité : en effet, plus une eau est riche en minéraux, plus son pH tend à être élevé. Dans les milieux naturels, cette valeur dépend également de la composition géologique des sols traversés.

Ce paramètre joue un rôle déterminant dans la cinétique de nombreuses réactions chimiques, telles que l'ammonification, la nitrification et la dénitrification. Cette dernière devient complète lorsque le pH dépasse 7, avec une vitesse de réaction optimale observée entre les valeurs de 8 et 10.

Selon les résultats (Fig. 09), Le pH est légèrement basique en mars (8,23), ce qui est courant dans les eaux de source peu contaminées. En avril, le pH diminue à 7,33, se rapprochant de la neutralité. Cette baisse pourrait résulter d'un apport de matière organique ou d'un changement dans les équilibres chimiques naturels (ex. : CO_2 dissous). La baisse du pH peut être causée par les processus microbiens ainsi que par la dégradation de la matière organique (Neal et al., 2000).

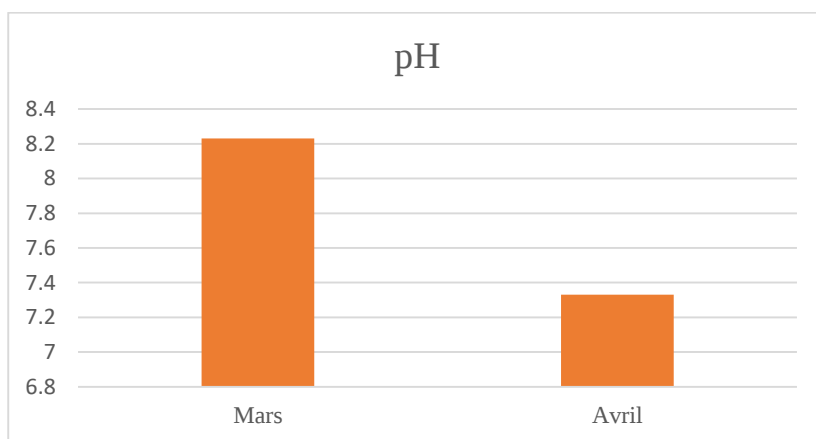


Figure 09: Variations du pH de l'eau de la source

Selon la grille d'évaluation de la qualité des eaux établie par le ministère algérien des ressources en eau, on peut affirmer que l'eau de la source située au quartier des frères RAHABI, connue sous le nom de source JURODANT, présente une bonne qualité, avec des valeurs de pH comprises dans l'intervalle de 6,5 à 8,5.

2.3. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 2005).

La figure 10 montre que l'eau de la source de cité des frères RAHABI dite source JURODANT présente une conductivité électrique estimée à $576 \mu\text{S}/\text{cm}$ durant le mois de mars, et à $468 \mu\text{S}/\text{cm}$ durant le mois d'avril. Toutes ces valeurs restent dans les limites fixées par les normes algériennes, qui indiquent une valeur seuil de $2880 \mu\text{S}/\text{cm}$ à une température de 20°C .

La conductivité électrique, qui reflète la concentration en ions dissous (minéraux, sels), a diminué de $576 \mu\text{S}/\text{cm}$ en mars à $468 \mu\text{S}/\text{cm}$ en avril. Cette baisse suggère une dilution des minéraux, probablement causée par une recharge de la source en eau douce (ex. : infiltration d'eaux de pluie ou de fonte de neige).

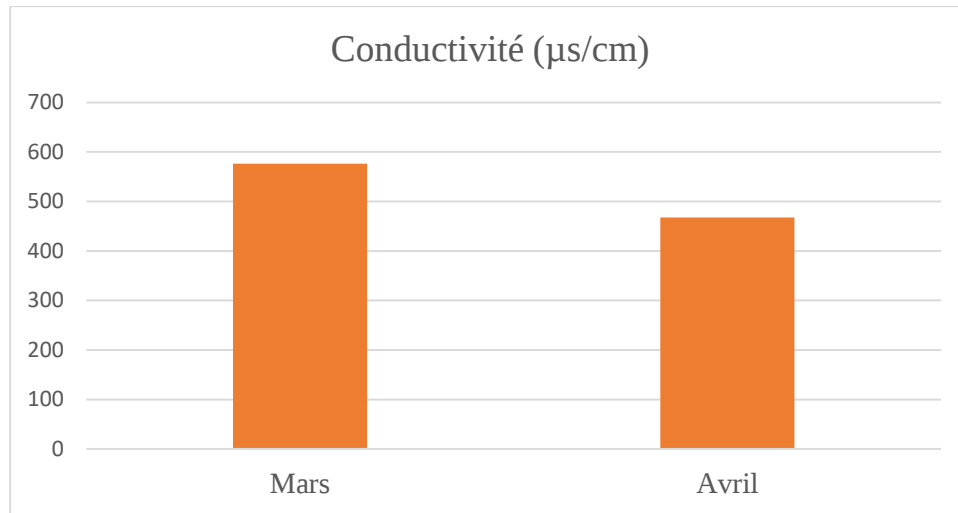


Figure 10: Variation de la conductivité de l'eau de la source

2.4. Oxygène dissous (O₂)

La présence d'oxygène dans l'eau résulte à la fois des échanges gazeux avec l'atmosphère et de la photosynthèse réalisée par les organismes aquatiques. Ce paramètre joue un rôle essentiel dans le développement des micro-organismes (**Alzieu, 1989**).

L'**oxygène dissous** est très faible dans les deux cas (0,37 mg/l en mars et seulement 0,12 mg/l en avril). Ces valeurs sont inférieures aux normes habituelles pour une eau bien oxygénée (>5 mg/l). Cela pourrait s'expliquer par une **stagnation de l'eau**, une **forte activité microbienne**, ou encore un **enfouissement de la source**, limitant les échanges avec l'atmosphère. (Fig. 11).

La capacité de l'eau à dissoudre l'oxygène dépend de plusieurs facteurs, notamment l'altitude, la température ainsi que le degré de minéralisation. En général, plus la température et l'altitude augmentent, plus le taux de saturation en oxygène diminue.

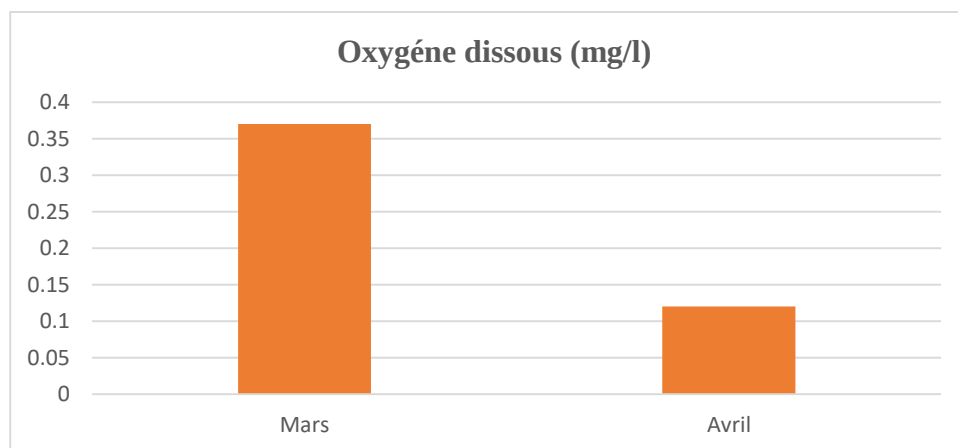


Figure 11: Variation de l'oxygène dissous de l'eau de la source

L'oxygène dissous très bas mérite une attention particulière. Ce déficit en oxygène pourrait limiter la qualité écologique du milieu et favoriser le développement de certaines bactéries anaérobies. Un suivi régulier de ce paramètre, notamment en saison chaude, est recommandé.

2.5. Salinité

La salinité correspond à la teneur en sels minéraux dissous dans l'eau. On qualifie une eau de douce lorsque sa salinité est inférieure à 1 g/l [01]. Les résultats obtenus dans notre étude confirment pleinement cette définition, puisque aucune trace de sels minéraux dissous (0 g/l) n'a été détectée.

Elle est restée nulle (0 g/l) durant les deux mois, ce qui confirme l'absence de contamination saline et la nature douce de cette eau.

3. Résultats de l'analyse bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau de la source de cité des frères RAHABI dite source JURODANT ont été présentés et obtenus sous formes graphiques montrant les variations entre les différents paramètres étudiés durant les mois de mars et d'avril.

3.1. Résultats des germes totaux

L'analyse des germes totaux a été réalisée à deux températures d'incubation : 22 °C et 37 °C, pour les mois de mars et avril. Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 12.

Les germes totaux à 22 °C représentent les bactéries environnementales (sol, végétation, air, poussières). Leur diminution entre mars (20 UFC/ml) et avril (11 UFC/ml) peut être interprétée comme :

- Une baisse des contaminations environnementales, peut-être liée à une réduction du ruissellement ou à une amélioration des conditions de captage.
- Une température ambiante plus élevée en avril, qui rend le développement de bactéries psychrotrophes (qui préfèrent 22 °C) moins favorable.

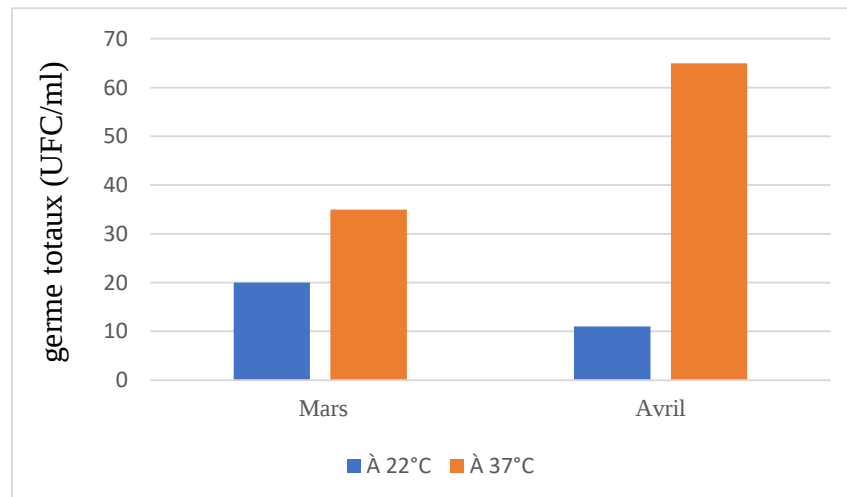


Figure 12: Variations des nombres des germes totaux de l'eau de la source.

Les germes totaux à 37 °C indiquent une contamination d'origine fécale potentielle (humaine ou animale), car ils croissent à température corporelle. Leur augmentation significative entre mars (35 UFC/ml) et avril (65 UFC/ml) suggère :

- Une dégradation de la qualité sanitaire de l'eau.

- Une possible infiltration d'eaux usées ou de déjections animales à proximité de la source.
- Une absence de mesures de protection du périmètre de captage ou une intensification des activités humaines ou agricoles autour de la source.

Selon les recommandations de l'OMS et les normes algériennes, l'eau de source destinée à la consommation ne doit pas contenir de germes à 37 °C dans 100 ml, ce qui n'est pas respecté ici, notamment en avril.

La présence persistante et en augmentation des germes à 37 °C constitue un risque sanitaire important, pouvant révéler une pollution fécale récente.

L'évolution inverse des deux types de germes (baisse à 22 °C, hausse à 37 °C) indique que la contamination n'est pas environnementale mais d'origine organique récente, probablement liée à une source ponctuelle de pollution fécale.

Les résultats montrent que l'eau de cette source subit une contamination bactérienne significative, particulièrement en avril, où les germes à 37 °C atteignent des niveaux préoccupants. Cette situation compromet la potabilité de l'eau et nécessite :

- Une enquête sur les sources de pollution.
- Une mise en place de mesures correctives (traitement, protection de la source, éloignement des sources de pollution).
- Un suivi régulier des paramètres microbiologiques.

3.2. Résultats des coliformes totaux et fécaux

La détection de coliformes fécaux, notamment *Escherichia coli*, dans une eau indique une contamination d'origine fécale, qu'elle soit humaine ou animale, et suggère la possible présence de microorganismes pathogènes d'origine intestinale. Par conséquent, toute eau présentant ce type de bactéries est impropre à la consommation humaine[22]

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS.1997), la présence de coliformes fécaux constitue un indicateur fiable de pollution d'origine fécale dans les eaux. Ces bactéries sont couramment retrouvées dans les eaux usées, ainsi que dans les eaux de surface et les sols récemment exposés à une contamination fécale. *Escherichia coli*

représente une espèce de coliforme strictement associée à un habitat fécal, ce qui rend sa détection particulièrement significative.

Les coliformes totaux sont généralement utilisés comme indicateurs de la qualité microbiologique de l'eau et de la possible présence de contaminants d'origine environnementale ou organique. Les coliformes fécaux, quant à eux, sont des indicateurs spécifiques de contamination fécale récente, d'origine humaine ou animale.

L'absence totale de coliformes dans les deux périodes étudiées indique que l'eau de la source ne présente aucun signe de pollution fécale ou organique récente. Ces résultats traduisent une bonne qualité microbiologique, et ce malgré l'augmentation observée des germes mésophiles à 37 °C au mois d'avril (voir discussion précédente).

Selon la norme algérienne (NA), les coliformes totaux et fécaux doivent être absents dans 100 ml d'eau destinée à la consommation humaine. Les résultats obtenus respectent pleinement cette exigence, ce qui atteste de la potabilité bactériologique de cette source durant la période étudiée.

3.3. Résultats des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux constituent des marqueurs fiables de la contamination d'origine fécale, en raison de leur capacité limitée à se reproduire dans l'environnement. Contrairement aux coliformes, ils présentent une meilleure résistance aux conditions environnementales défavorables (**Gantzer et al., 1998**).

L'analyse bactériologique visant à détecter la présence de streptocoques fécaux a été réalisée sur des échantillons d'eau de source prélevés en mars et en avril. Ces analyses montrent une absence totale de streptocoques fécaux dans les deux échantillons d'eau analysés.

Les streptocoques fécaux, également appelés entérocoques intestinaux, sont des indicateurs microbiologiques spécifiques de contamination fécale d'origine humaine ou animale. Ils sont souvent plus résistants aux conditions environnementales que les coliformes, ce qui en fait des indicateurs complémentaires pour évaluer une contamination ancienne ou persistante.

L'absence de streptocoques fécaux dans les échantillons de mars et d'avril indique une absence de pollution fécale avérée, confirmant ainsi les résultats obtenus pour les

coliformes totaux et fécaux (également absents). Ces résultats traduisent un très bon état sanitaire de la source durant cette période.

Selon la norme algérienne, les streptocoques fécaux doivent être absents dans 100 ml d'eau destinée à la consommation humaine. Cette exigence est parfaitement respectée dans les échantillons analysés.

3.4. Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (Rejsek, 2002).

Aucune spore d'anaérobies sulfito-réducteurs n'a été détectée dans les échantillons d'eau analysés au cours des deux mois.

Les anaérobies sulfito-réducteurs, et en particulier les spores du genre *Clostridium* (comme *Clostridium perfringens*), sont des indicateurs de contamination fécale ancienne ou de pollution persistante, en raison de leur grande résistance dans l'environnement. Contrairement aux coliformes et aux streptocoques fécaux, ils peuvent survivre longtemps même après disparition de la contamination initiale.

L'absence totale de spores ASR dans les deux échantillons étudiés est un indicateur très favorable. Elle confirme non seulement l'absence de contamination fécale récente (comme démontré par les coliformes et streptocoques), mais aussi l'absence de pollution ancienne ou chronique. Ce résultat suggère que la source est protégée de façon durable contre les intrusions de matières fécales, humaines ou animales.

Selon la réglementation algérienne (NA), les spores ASR doivent être absentes dans 20 ml d'eau potable, ce qui est parfaitement respecté ici.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'analyse de la qualité de l'eau de la source JURODANT (Nord-est commune Guelma), réalisée durant les mois de mars et avril, a permis d'évaluer son état sanitaire à travers une série de paramètres bactériologiques (germes totaux, coliformes, streptocoques fécaux, spores ASR) et physico-chimiques (température, pH, conductivité, oxygène dissous, salinité).

L'analyse microbiologique des eaux de la source étudiée a révélé une diminution des germes totaux à 22 °C entre mars et avril, traduisant un recul de la flore environnementale, tandis qu'une augmentation marquée à 37 °C a été constatée en avril, suggérant une éventuelle contamination fécale ou anthropique. Bien que les concentrations restent inférieures aux limites fixées par la réglementation algérienne, ces variations indiquent un déséquilibre microbiologique nécessitant un suivi régulier, ainsi que des investigations complémentaires pour évaluer les risques sanitaires potentiels.

L'étude bactériologique de l'eau d'une source naturelle, réalisée durant les mois de mars et avril, a porté sur plusieurs indicateurs microbiens :

- Les germes totaux à 22 °C (flore environnementale) et à 37 °C (flore mésophile, souvent liée à une contamination organique).
- Les coliformes totaux et fécaux, indicateurs classiques de pollution d'origine fécale.
- Les streptocoques fécaux, marqueurs plus résistants et spécifiques de contamination intestinale humaine ou animale.

L'évaluation microbiologique de l'eau de la source, menée sur deux mois consécutifs (mars et avril), a permis d'apprécier la qualité de cette ressource en s'appuyant sur deux groupes d'indicateurs : les germes totaux (à 22 °C et 37 °C) et les coliformes (totaux et fécaux). Les résultats ont montré une baisse des germes totaux à 22 °C entre mars (20 UFC/ml) et avril (11 UFC/ml), traduisant une diminution de la flore bactérienne environnementale, probablement en lien avec les conditions saisonnières. En revanche, les germes totaux à 37 °C ont fortement augmenté, passant de 35 UFC/ml en mars à 65 UFC/ml en avril, suggérant une activité microbienne mésophile plus élevée, parfois associée à une contamination organique ou anthropique.

Cependant, les résultats des coliformes totaux et fécaux sont rassurants : aucun coliforme n'a été détecté dans les deux prélèvements. Cela indique l'absence de pollution fécale ou organique récente, ce qui est un critère essentiel pour garantir la potabilité de l'eau.

Conformément aux exigences de la norme algérienne, les seuils réglementaires n'ont été dépassés pour aucun des paramètres mesurés :

- Les germes totaux à 22 °C et 37 °C sont restés inférieurs à 100 UFC/ml.
- Les coliformes totaux et fécaux sont absents dans 100 ml d'eau, ce qui est conforme à la réglementation.

Dans l'ensemble, tous les paramètres analysés respectent les exigences de la norme algérienne, qui impose l'absence de coliformes, streptocoques fécaux et spores ASR, et limite les germes totaux à moins de 100 UFC/ml.

En conclusion, l'eau de la source analysée présente une bonne qualité bactériologique et ne montre aucun signe de contamination fécale au cours des mois de mars et avril. Toutefois, la hausse des germes à 37 °C en avril mérite une surveillance régulière, car elle peut révéler un déséquilibre microbien ou une influence anthropique ponctuelle. Un suivi prolongé et saisonnier permettrait de confirmer cette tendance et d'assurer la sécurité sanitaire de cette ressource sur le long terme. Cette source peut être considérée comme propre à la consommation sur le plan bactériologique, mais il est recommandé de poursuivre un suivi microbiologique saisonnier, d'élargir les investigations aux paramètres physicochimiques, et de protéger le périmètre de captage pour prévenir d'éventuelles pollutions futures.

Sur le plan physico-chimique on observe une hausse naturelle de la température entre mars et avril, accompagnée d'une diminution du pH vers la neutralité, et d'une baisse de la conductivité, traduisant probablement une dilution des ions due à des apports d'eaux météoriques. La salinité nulle confirme l'origine douce de l'eau. En revanche, l'oxygène dissous est très faible pour une eau de source (0,37 mg/l en mars à 0,12 mg/l en avril), ce qui pourrait refléter une mauvaise aération, une stagnation, ou une forte activité microbienne ou organique. Ce point mérite une investigation complémentaire.

L'ensemble des résultats indique que l'eau de la source est conforme aux normes algériennes de potabilité sur le plan microbiologique, sans signe de pollution fécale. Les paramètres physico-chimiques mesurés sont globalement acceptables, mais l'oxygène dissous

anormalement bas constitue un point faible qui justifie un suivi plus approfondi, notamment durant les périodes chaudes.

En définitive, la source JURODANT peut être considérée comme propre à la consommation humaine sur le plan microbiologique à la période étudiée. Néanmoins, pour garantir la pérennité de cette qualité, plusieurs recommandations s'imposent :

- instaurer un programme de surveillance microbiologique et physico-chimique saisonnier ;
- renforcer la protection du périmètre de captage contre toute source potentielle de pollution ;
- approfondir l'étude de la dynamique hydrogéologique de la source, notamment en ce qui concerne le renouvellement de l'eau et son interaction avec le sol.

Ces actions permettront de préserver cette ressource vitale dans un contexte où la sécurité sanitaire de l'eau représente un enjeu majeur de santé publique et de développement durable.

Perspectives

Afin de compléter et d'approfondir les résultats obtenus dans cette étude, plusieurs axes de recherche peuvent être envisagés :

- **Suivi à long terme** : Élargir la période d'échantillonnage pour inclure les saisons chaudes et humides, afin de mieux évaluer l'influence des variations climatiques sur la qualité de l'eau.
- **Approche multidisciplinaire** : Associer des analyses parasitologiques, virologiques et chimiques (métaux lourds, pesticides) pour une évaluation sanitaire globale de la ressource.
- **Étude hydrogéologique** : Caractériser le bassin d'alimentation de la source, la perméabilité du sol et le temps de résidence de l'eau, pour comprendre les mécanismes influençant la recharge et la qualité de la source.
- **Évaluation de la vulnérabilité** : Identifier les sources potentielles de pollution (agricoles, domestiques ou industrielles) à proximité de la source et mettre en place une cartographie des risques.

- **Sensibilisation et gestion locale** : Impliquer les acteurs locaux (collectivités, usagers, services techniques) dans la gestion durable de la source et promouvoir les bonnes pratiques de protection des eaux.

Ces perspectives ouvrent la voie à une meilleure gestion et valorisation des eaux de source naturelles, en lien avec les enjeux sanitaires, environnementaux et socio-économiques du territoire.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

ATTALAH. K , Ghennai A. (2018), Contribution à l'étude bactériologique de l'oued El Kebir Skikda, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, mémoire de Master, 101 pages.

Alia.D ; Athamnia.W ; Derdech.S (2018).Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma) , Mémoire de Master (2018).

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.

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.

Armand L. (1996). Mémento technique de l'eau. Edition. Tec et Doc.37p.

Alizieu C. (1989) . L'eau milieu de culture. In aquaculture.2ème Ed Tec et Doc, Tome 1, édition C.N.E.X.O, Franc. 395p.

B

Bertrand G. (2008). Utiliser l'eau de pluie. Editions. Eyrolles.130 p.

Bartout, P., Touchart, L., 2013. L'inventaire des plans d'eau français: outil d'une meilleure gestion des eaux de surface. Annales de géographie. Armand Colin, pp. 266-289.

Bouchemal.M, A.C.Hammoudi,2016. Mémoire de Master, Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh, Université Larbi Ben M'hidi– Oum El Bouagh,.

Boudeffa.M, 2015. Mémoire de Master, Procédures De Traitement et Dimensionnement de L'extension de la Station de Traitement de Bouhamdene, Université de Guelma .

Bouras .Z et Sekfali .S., (2013) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20p.

Bouleknafet Z. et Derradji E. (2017). Hydrogéologie et vulnérabilité à la pollution des ressources en eau dans la plaine du Kebir Ouest. Rev. Sci. Technol., Synthèse 34: 85 -94.

Bermond R. et Vuichaard R. (1973). Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris.

C

Christophe,L ., 2014.L'eau sur la terre : propriétés physicochimiques et fonctions biologiques ,iste édition (265p).

Camille D., Trébaol B., (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation, prélèvements, Analyses. Lavoisier Masson. P 594.

Camille D., (2000). Microbiologie de l'environnement. Gaetan Morin. Pp 25-34

Chérif Ibrahima K., (2006) : étude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université cheikh Anta Diop de Dakar, 16 p

Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau: CIFFQE. (2011). Qualité de l'eau 101 : Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable, Canada, 138P.

ChapmanT. Choffat Y. Lucas W. Kubli E. Partridge L (1996). Lack of response to sex peptide results in increased cost of mating in dunce *Drosophila melanogaster* females. J. Insect Physiol. 42(11-12): 1007--1015.

D

Décret exécutif n° 93-245 du 10 octobre 1993 – relatif à l'eau destinée à la consommation humaine.

Desjardins, R., 1997. Le traitement des eaux, Presses inter Polytechnique.

Derrouiche .C , Hammidi N . 2020 ; Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhamdane ; Mémoire de Master

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

DE Villers J., Squilbin M. et Yourassowsky C. (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

Detay M. (1993). Le forage d'eau ; Réalisation, Entretien et Réhabilitation. Masson. 379p.

G

Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L., et Jofre J. (1998). Virologie. Vol 2, numéro 2. 117p.

Genin, B., Chauvin, C., Ménard, F., 2003. Cours d'eau et indices biologiques: pollution, méthodes, IBGN, Educagri éditions.

Gennin B., Chauvin C., Menard F., (2003) : Cours d'eau et indices biologiques : pollution, méthodes, IBGN ; 2ème édition : 221 p.

Genoudet, A. 2001. L'eau du robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

Gerard G., (1999). L'eau, milieu naturel et maîtrise, Édition INRA: Volume1, 204p.

Guasmi I., Dlabri L., Hani A., Lamouroux C., (2006). Pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal. N°05. Pp 113-119.

Guebailia A., (2017). Comportement et succès reproducteur des Libellulidae (*genres Crocothemis et Trithemis*) (Odonata: Anisoptera) dans les milieux lenticques du bassin versant de la Seybouse. Université Mohammed Seddih Benyahia-Jijel.48p.

H

Harlye J P. Klein D A et Prescott Lansing M. (2010). Microbiologie, 3ème édition. Boeck. 1216 p.

Hade A. (2003). Nos Lacs: Les Connaitre Pour Mieux les Protéger. Éditions. FIDES. 359 p.

I

Institut National de Santé Publique du Québec: INSPQ. (2010). Fiches Synthétiques sur l'Eau Potable et la Santé Humaine. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie.

Institut National de Santé Publique du Québec: INSPQ. (2010).

ISO 6222 : 1999 : Qualité de l'eau - Dénombrement des microorganismes revivifiabiles

comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

J

Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167–182.

K

Khiter F., (2018) Caractérisation Hydrochimique De Quelques Sources Thermales De La Wilaya De Guelma Nord-Est Algérien Mémoire de master. Université 08 mai 1945 Guelma.

L

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

Labres E., (2002). 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

Leminor L et Veron M. (1989). Bactériologie Médicale. Flammarion Médecine Sciences. 845p.

Lefèvre S, 1991. Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi : la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck- Clevenot.

Laidani Y., Henini G., Khatmi B., et Dellal A. (2009). Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de L'Oued Mina. 2ème colloque international de chimie -CIC2- Batna, du 1 au 3 décembre 2009.

Lebres E. (2006). Manuel des travaux pratique : analyse des eaux, Institut Pasteur d'Algérie. 60p.

M

Mercier J. (2000). Le grand livre de l'eau. Edition: la reconnaissance du livre. Collecte art de livre. 91p.

Mark N. (2009). L'eau source de vie. Editions Gründ, paris. 192p.

Menant G., Oria M. et Raffin J. (1984). Anatomie, physiologie, hygiène, 3ème élément de Médecine Tropicale.

Merzoug S, 2009. Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher Ben Azouz, Wilaya de Skikda. Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945- Guelma, 113 p.

Monod I, 1989. Mémento technique de l'eau, 9ème édition. T1. Dégagement. France, 591 p.

MARGAT J., 1992. L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan.

N

Neal C., Harrow M., et Wickham H. (2000). The water quality of a tributary of the thames, the Pang, southern England. Sci. Total Environ. 251-252: 459-475.

Norme NA 4707 (2018) – adoptée par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR).

Nouasria.A et Khalla.I,2019 .Caractéristiques physico-chimiques et potabilité des principalessources de la wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien). Mémoire de Master Université de Guelma .

O

Olivaux, Y. (2007). La nature de l'eau. Marco Pietteur, France, 563 p.

(OMS, 2000) Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève : OMS.-1050p.

OMS. (1997). Organisation Mondiale de la Santé Directives de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition, Additif au Vol 1 – Recommandations. Genève. 48p.

R

Roland vilagins., (2003) 2ème édition .Eau, environnement et santé publique. Édition médicales internationales P 43-138

Rodier J, Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005.l'analyse de l'eau : eaux naturelle, eau résiduaire et l'eau de mer. 8ème Ed. Dounod, paris : 1383p.

Rodier J., Legube B. et Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod. Paris 1579p.

Rodier J, Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005.l'analyse de l'eau : eaux naturelle, eau résiduaire et l'eau de mer. 8ème Ed. Dounod, paris : 1383p.

Rejsek, F. (2002) Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Techniques biologiques. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.

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

S

Saoud I. (2014). Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa), Mémoire de master. Université Kasdi Merbah, Ouargla. 42p.

Sandja T.J. (2012). Contribution à l'étude de la qualité hygiénique de l'eau de boisson vendue en sachet dans les différents lieux publics de la ville de Kisangani : Cas de la commune de Mangobo. Mémoire master. Université de Kisangani.

Sari H., (2014) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » Tlemcen. Mémoire de Master. Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen. 9-10- 35p.

Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Hofstetter, T. B., Johnson, C. A., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2006). The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313(5790), 1072-1077.

Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.

Soudani S. (2016). Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider – Biskra. 83p.

T

Tfyeche L. (2014). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement, Mémoire de master. Université Kasdi Merbah, Ouargla. 46p.

V

Vilaginès R. (2010). Eau, environnement, et santé publique (introduction à la l'hydrologie). 3e édition. Lavoisier. 217p.

W

WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. *World Health Organization*, Geneva.

Site web

- [1] <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/le-cycle-de-l-eau-s1381> consulté le [//2 à].
- [2] <https://www.space4water.org/fr/news/technologies-spatiales-pour-la-detection-la-surveillance-et-la-gestion-des-eaux-souterraines> consulté le [//2 à].
- [3] <https://www.space4water.org/fr/news/technologies-spatiales-pour-la-detection-la-surveillance-et-la-gestion-des-eaux-souterraines> consulté le [//2 à].
- [4] <https://biodynamizer.com/leau/lenergie/lhumain-est-avant-tout-une-vibration-consciente/composition-de-leau/> consulté le [//2 à].
- [5] https://spa.be/fr/inspiration-conseils/eau-et-sante?utm_source consulté le [//2 à].
- [6] https://watershop.fr/le-role-essentiel-de-leau-dans-lorganisme-comprendre-son-impact-sur-la-sante/?utm_source consulté le [//2 à].
- [7] https://www.isostar.fr/blog/quelle-est-limportance-de-leau-dans-le-corps-humain/?utm_source consulté le [//2 à].
- [8] https://biogroup.fr/blog-sante/actualites/leau-vitale-pour-notre-sante/?utm_source consulté le [//2 à].
- [99] https://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieus-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/la-pollution-des-eaux-ses-origines-et-natures-diverses/?utm_source consulté le [//2 à].
- [9] https://www.eaufrance.fr/les-substances-polluantes-des-milieus-aquatiques?utm_source consulté le [//2 à].
- [10] https://nuitdeschercheurs-france.eu/?LesPolluantsDeLEau25LesMetauxLourd=&utm_source consulté le [//2 à].
- [11] https://cobamil.ca/plan-directeur-de-leau/contamination-microbiologique/?utm_source consulté le [//2 à].
- [12] https://www.epa.gov/sciencematters/epa-researching-impacts-freshwater-salinization-syndrome?utm_source consulté le [//2 à].
- [13] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Gastro-ent%C3%A9rite> consulté le [//2 à].
- [14] https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli?utm_source consulté le [//2 à].
- [15] https://www.researchgate.net/figure/Photographie-dEscherichia-coli-visualisee-par-microscope-electronique-a-balayage_fig18_339536416 consulté le [//2 à].

[16] <https://www.passeportsante.net/portail/maladies> consulté le [//2 à].

[17] <https://www.alamyimages.fr/photo-image-sous-un-fort-grossissement-de-10-000x-cette-l-analyse-des-electrons-microphotographie-sem-montre-souche-de-staphylococcus-aureus-74193493.html> consulté le [//2 à].

[18] https://www.msdmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/protozoaires-intestinaux-et-microsporidies/cryptosporidiose?utm_source consulté le [//2 à].

[19] https://www.llucs.lu/actualites/les-contaminants-de-eau/?utm_source consulté le [//2 à].

[20] <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/la-salinite-de-l-eau-s1342> consulté le [//2 à].

[21] <https://www.lac-sainte-marie.com/> consulté le [//2 à].

Résumés

Résumé

Cette étude a porté sur l'évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau de source JURODANT (Nord-est la commune de Guelma - Algérie), à travers des prélèvements effectués durant les mois de mars et avril. Les analyses microbiologiques ont inclus la recherche des germes totaux à 22 °C et 37 °C, des coliformes totaux et fécaux, des streptocoques fécaux, ainsi que des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs. Les résultats ont révélé une diminution des germes totaux à 22 °C et une augmentation à 37 °C, sans toutefois dépasser les normes algériennes de potabilité. Aucun indicateur de pollution fécale n'a été détecté, témoignant de l'absence de contamination récente ou ancienne. Sur le plan physico-chimique, une élévation de la température et une baisse du pH et de la conductivité ont été enregistrées en avril. L'oxygène dissous, quant à lui, est resté à un niveau très bas, ce qui pourrait indiquer une stagnation de l'eau ou une activité microbienne importante. La salinité nulle confirme le caractère doux de la source. L'ensemble des paramètres mesurés respecte les exigences réglementaires, mais la faible teneur en oxygène dissous justifie une surveillance accrue. Il est recommandé de mettre en place un programme de suivi régulier et de protéger le périmètre de captage afin d'assurer la qualité durable de cette ressource.

Mots clés : Eau de source JURODANT, analyse bactériologique, qualité physico-chimique, potabilité, Guelma.

Abstract

This study focused on the evaluation of the bacteriological and physicochemical quality of the JURODANT spring water (northeast of the municipality of Guelma, Algeria), based on samples collected during the months of March and April. The microbiological analyses included the detection of total germs at 22 °C and 37 °C, total and fecal coliforms, fecal streptococci, as well as spores of sulfite-reducing anaerobes. The results revealed a decrease in total germs at 22 °C and an increase at 37 °C, without exceeding the Algerian drinking water standards. No indicators of fecal contamination were detected, indicating the absence of both recent and past pollution. From a physicochemical perspective, an increase in temperature and a decrease in pH and conductivity were recorded in April. Dissolved oxygen levels remained very low, which may indicate water stagnation or significant microbial activity. The zero salinity confirms the freshwater nature of the spring. All measured parameters comply with regulatory standards, but the low dissolved oxygen content justifies increased monitoring. It is recommended to implement a regular monitoring program and to protect the catchment area in order to ensure the long-term quality of this resource.

Keywords: JURODANT spring water, bacteriological analysis, physicochemical quality, potability, Guelma.

الملخص:

تركزت هذه الدراسة على تقييم الجودة البكتريولوجية والفيزيوكيميائية لمياه منبع جيرودان (شمال شرق بلدية قالمة - الجزائر)، من خلال عينات تم جمعها خلال شهري مارس وأفريل. شملت التحاليل الميكروبيولوجية البحث عن الجراثيم الكلية عند 22 درجة مئوية و37 درجة مئوية، القولونيات الكلية والبرازية، العقديات البرازية، بالإضافة إلى الأبواغ اللاهوائية المختزلة للكبريتات. أظهرت النتائج انخفاضًا في عدد الجراثيم الكلية عند 22 درجة مئوية، وزيادة عند 37 درجة مئوية، دون تجاوز المعايير الجزائرية الخاصة بمياه الشرب. ولم يتم الكشف عن أي مؤشرات لتلوث برازية، مما يدل على عدم وجود تلوث حديث أو قديم. أما من الناحية الفيزيوكيميائية، فقد لوحظ ارتفاع في درجة الحرارة وانخفاض في كل من الرقم الهيدروجيني والتوصيلية خلال شهر أفريل. كما بقي تركيز الأكسجين المذاب منخفضًا جدًا، مما قد يشير إلى ركود المياه أو نشاط ميكروبي مرتفع. وتؤكد نسبة الملوحة المنعدمة على الطابع العذب للمصدر. جميع القيم المقاسة كانت مطابقة للمعايير التنظيمية، إلا أن انخفاض الأكسجين المذاب يتطلب مراقبة دقيقة. ويوصى بوضع برنامج متابعة دورية، وحماية منطقة الالتقاط لضمان الحفاظ على جودة هذه الموارد المائية على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية: مياه منبع جيرودان، التحليل البكتريولوجي، الجودة الفيزيوكيميائية، الصلاحية للشرب، قالمة