

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوقرة بومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdes



كلية العلوم
Faculté des Sciences
قسم البيولوجيا
Département de biologie
En vue de l'obtention du Diplôme de Master II
Option : Nutrition et Sciences Alimentaires

Thème

ETUDE COMPARATIVE DE LA QUALITE PHYSICO-
CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DES
SOURCES. CAS DE LA WILAYA DE BOUMERDES.

Présenté par :

BOUDERBALA Naima
ZEMMOUR Houda

Devant le jury :

M^{me} BENAMROUCHE S.
Mr. HALET F.
Mr. HUOARI K.

MCA(UMBB)
MCB(UMBB)
MCB(UMBB)

Président
Examineur
Promoteur

Promotion 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons Avant tout, nous remerciements infinis sont adressés à « Dieu le Tout Puissant » de nous avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Un moment où s'achève ce travail, permettez-nous de remercier du fond du cœur, tous ceux et toutes celles qui, pendant cette période de travail, nous a dirigé, soutenue, aidé et encouragé.

Tout d'abord, nous tenons particulièrement à remercier notre promoteur
Monsieur

HOUARI KHEMISSI. Enseignant à l'université de Boumerdes, qu'il trouve ici l'expression de notre Profonde reconnaissance tant pour avoir accordé sa confiance, sa grande disponibilité et ses précieux conseils, son aide et le temps qu'il nous a consacré pour la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury Mme BENAMROUCHE et Mr HALET de nous avoir fait l'honneur
D'accepter et d'évaluer ce travail.

Notre reconnaissance va également à tous les enseignants du département de Science Biologie de l'université M'Hamed Bougara de Boumerdes pour l'aide pendant notre formation d'étude.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

NAIMA et HOUDA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma seule source de tendresse et d'amour, à mon seul abri de bonheur, a celle je

Dois toute ma vie et toutes mes réussites, à **ma mère**.

A... la mémoire de **mon très cher père** qui m'a toujours soutenu durant toutes les périodes de vie

A mes très chères sœurs, Maroua et ma petites ange roaâ.

A mon solmate Marwa.

A mes chers frères Abdelali, Abdelmadjid et Ibrahim.

A mon oncle Rabie et ma chère tante Aïcha

A ma merveilleuse et exemplaire binôme Houda, avec laquelle j'ai partagé les bons moments et à sa famille.

A tous mes amies intimes Nora, Amira, Aïcha, Asmaa.

A tous ceux qui M'ont connu de près ou de loin.

A tous mes collègues.

NAIMA

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde : Ma mère et mon père
pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel
durant toutes les étapes de ma vie

A mon marie : Redouane et sa famille BOUNOUA

A ma merveilleuse et exemplaire binôme Naima, avec laquelle j'ai partagé
les bons moments

A mes chères sœurs: Nour Elyaqin , Hafsa, Soumia, Katr Elnada et Nesrine
et ses filles: Rodayna, Tesnim, Anfel

A mes chers frères : Ahmed et Sohaib

Et à mes chères amies : Naima, Rahima, Amira, Imen, Malika et Lina

A tout ma Famille.

HOUDA

Listes des abréviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction.....01

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Généralités sur l'eau.....	03
I.1. Introduction.....	03
I.2. Définition de l'eau.....	03
I.3. Importance de l'eau.....	04
I.4. Cycle de l'eau.....	04
I.5. Sources de l'eau.....	05
I.5.1. Eaux de surface.....	05
I.5.2. Les eaux souterraines.....	05
I.5.3. Barrages.....	05
I.5.4. Rivières.....	06
I.5.5. Eaux des mers et océans.....	06
I.6. Les propriétés physico-chimiques de l'eau.....	08
I.6.1. Un liquide mobile.....	08
I.6.2. Un formidable solvant.....	08
I.6.3. Une chaleur spécifique élevée.....	08
I.6.4. Une chaleur latente de fusion et de vaporisation élevée.....	08
I.6.5. Une molécule particulièrement stable.....	09
I.7. Pollution de l'eau.....	09
I.7.1. Les sources de pollution.....	09
I.7.2. Les principaux polluants.....	11
I.7.2.1. Les polluants biologiques.....	11
I.7.2.2. Les polluants chimiques.....	12
I.8. Qualité de l'eau.....	13
I.8.1. Facteurs organoleptique.....	13
I.8.2. Paramètres physicochimiques.....	14
I.8.3. Facteurs microbiologiques.....	15
I.9. Les maladies transmission hydriques.....	15

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

II.1. Présentation de la wilaya de Boumerdes.....	17
II.1.1. Situation géographique.....	17
II.2. Etude Climatologique.....	17
II.2.1. Climat de L'Algérie.....	18
II.2.2. Climat de Boumèrdes.....	18
II.2.2.1. Température de l'air.....	18
II.1.2.2. Pluviométrie.....	18
II.2.3 Relief.....	19
II.2.4. Population.....	19
II.2.5. Ressources en eau de la wilaya de Boumerdes.....	19
II.3. Présentation de la commune de Boumerdes.....	20
II.3.1. Cadre naturel.....	20
II.3.1.1. Situation et limites géographiques.....	20
II.3.1.2. Hydrographie.....	21
II.3.1.3. Hydrogéologie.....	21
II.3.1.4. Ressources en eau de la commune de Boumerdes.....	22

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. Objectif.....	24
III.2. Echantillonnage.....	24
III.2.1. Prélèvement des échantillons d'eau.....	24
III.2.1.1. Eau de source.....	24
III.2.2. Matériel de prélèvement.....	25
III.2.2.1. Pour l'analyse microbiologique.....	25
III.2.2.2. Pour l'analyse physico-chimique.....	25
II.2.3. Mode de prélèvement.....	25
III.2.4. Identification des échantillons d'eau.....	26
III.2.5. Transport et conservation des échantillons d'eau.....	26
III.3. Analyses physico-chimiques.....	27
III.3.1. Méthodes d'analyses.....	27
III.2. Analyses Bactériologiques.....	39
III.2.1. Dénombrements des germes totaux.....	39

III.2.2. Recherche des coliformes totaux.....	41
III.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux.....	44
III.2.4. Dénombrement des Clostridium sulfito réducteurs.....	47
III.2.5 Recherche des Salmonelles.....	49

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV. 1. Introduction.....	52
IV. 2. Résultats des analyses physico-chimiques.....	52
IV.2.1. Paramètres physiques.....	52
IV.2.1.1. Température.....	52
IV.2.1.2. pH.....	53
IV.2.1.3 Turbidité.....	53
IV.2.1.4 Conductivité.....	54
IV.2.1.5. Résidu sec.....	54
IV.2.2. Paramètres chimiques.....	55
IV.2.2.1 Calcium.....	55
IV.2.2.2 Magnésium.....	55
IV.2.2.3 Sodium.....	56
IV.2.2.4 Potassium.....	57
IV.2.2.5 Chlorure.....	57
IV.2.2.6 sulfates.....	58
IV.2.2.7 Bicarbonates.....	58
IV.2.2.8 Cycle de l'azote.....	59
IV.2.2.9 L'ortho phosphate.....	61
IV. 3 Résultats de l'analyse bactériologique.....	62
IV.3.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....	62
IV.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.....	63
IV.3.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	63
IV.4. Analyse en composante principale.....	64
IV.4.1. Matrice de corrélation.....	63
Conclusion.....	65

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

- ABH** : Agence des Bassins Hydrographiques.
- ACP** : Analyse en Composantes Principales.
- ANAT** : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.
- BCPL** : Bouillons lactose au pourpre de bromocrésol.
- CE** : Conductivité Electrique.
- DHW** : Directions d'hydraulique de la wilaya.
- JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.
- HK** : Gélose Hektoen.
- ISO** : Organisation Internationale de normalisation.
- MTH** : Maladies Transmission Hydriques.
- NPK** : Composent chimique ; azote, phosphate, et potassium.
- NPP** : Nombre le plus probables des microorganismes.
- OMS** : Organisation Mondial de Santé.
- PEHD** : Polyéthylène haute densité.
- pH** : potentiel d'Hydrogène.
- RS** : Résidu Sec.
- SFB** : Bouillon au sélénite.
- TA** : Titre Alcalimétrique
- TAC** : Alcalinité totale complet
- TGEA** : Tryptone glyucose extrait de levure Agar.

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
01	Molécule d'eau	03
02	Présentation des eaux souterraines	07
03	Situation géographique de la wilaya de Boumerdes	18
04	Pluviométrie interannuelle des dix dernières années de la wilaya de Boumerdes	19
05	Situation géographique de la commune de Boumerdes	20
06	Réseau hydrographique de la commune de Boumerdes	21
07	Recherche et dénombrement des germes totaux	40
08	Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau	43
09	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau	46
10	Recherche et dénombrement des clostridium sulfito- réducteurs	48
11	Recherche des salmonelles	50
12	Variation de la température	52
13	Variation du pH	53
14	Variation de la turbidité	53
15	Variation de la Conductivité	54
16	Variation de résidu sec.	54
17	Variation de Calcium	55
18	Variation de Magnésium	56
19	Variation de Sodium	56
20	Variation de Potassium	57

21	Variation de Chlorure	57
22	Variation des sulfates	58
23	Variation du Bicarbonates	59
24	Variation de Nitrates	60
25	Variation de Nitrites	60
26	Variation de l'Ammonium	61
27	Variation d'orthophosphate	61
28	Spectrophotomètre UV-Visible.	Annexe
29	pH mètre et conductimètre à sonde	Annexe
30	Papier pH-mètre	Annexe
31	Turbidimètre	Annexe
32	Spectrophotomètre à flamme	Annexe

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Principaux type des pollutions d'eau, leur nature et leur cause	10
02	Paramètres physicochimiques selon l'OMS et le JOA	14
03	Facteurs microbiologiques selon l'OMS et le JOA	15
04	Principes maladies d'origine hydrique et leur agent responsable	16
05	Potentiel hydrique de la wilaya de Boumerdes	20
06	Potentiel hydrique global dans la commune de Boumerdes	22
07	Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques	65
08	Résultats des analyses physico-chimiques	Annexe
09	Résultats des analyses bactériologiques	Annexe
10	Norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation [Journal officiel n° 18 du 23Mars 2011]	Annexe
11	Les normes de l'OMS	Annexe

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction Générale

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (KIRKPATRICK et FLEMING, 2008). Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (HENRI, 2012)

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable.

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (ROUX, 1987 in. AOUISSI, 2010).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (JOHN et DONALD, 2010). Selon l'OMS (2005), chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra) ; 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

L'objectif de notre travail est d'apprécier la potabilité et déterminer la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau souterraine (cas de source FOES) dans la Wilaya de Boumèrdes.

Nous avons structuré notre démarche en quatre chapitres interdépendants :

➤ Le premier et le second purement théorique rassemblent d'une part des généralités sur l'eau : définitions, normes de qualité d'eau, pollution de l'eau, et maladies pouvant être

Introduction Générale

véhiculée par l'eau. Le deuxième c'est une présentation de la région : climatologie, géologie et une contribution à l'étude de son cadre biotique.

- Le troisième chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail : Analyses microbiologiques (recherche et Introduction 2 dénombrement de microorganismes) et physico-chimiques de l'eau de source FOES dans notre wilaya.
- Le quatrième et le dernier chapitre, mentionne sous formes de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est esquissé par une conclusion finale.

CHAPITRE I
REVUES
BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Généralités sur l'eau

I.1. Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivante, la cellule baigne toujours dans l'eau. Ce dernier joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer. (HUBERT et MARIN 2001).

En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleu » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau. L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie (LUNA et KENNETH, 1972).

I.2. Définition de l'eau

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans (WACKERMANN et ROUGIER, 2010).

La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H₂O. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à 0 °C, il peut devenir vapeur à 100°C qui est sa température d'ébullition, mais ces principales caractéristiques sont qu'il est inodore, incolore et sans goût (GERARD, 1999).

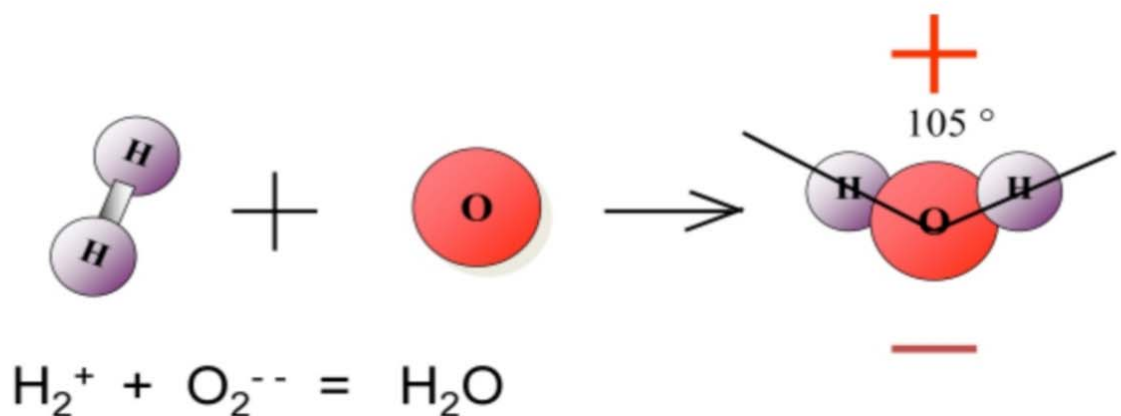


Figure 01 : Molécule d'eau. (BENMOUSSA, 2018).

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I.3. Importance de l'eau

L'eau est considérée comme la substance la plus importante sur la terre Il est l'élément essentiel à notre vie. Tous les êtres humains, les animaux, et les plantes doivent avoir de l'eau pour survivre. S'il n'y avait pas d'eau, il n'y aurait pas de vie sur terre. (CLIFFORD, 1999). Plusieurs recherches ont démontré que l'eau a été toujours considérée comme faisant partie intégrante du développement énergétique, de la production, et aussi un élément fondamental du développement économique durable.

La qualité de l'eau est un facteur influençant l'état de santé et la mortalité à la fois chez l'homme et les animaux. (DAINES, 2012 in KHETTAF, 2018).

I.4. Cycle de l'eau

L'eau qui rentre en contact avec l'atmosphère est réchauffée par le soleil et s'élève sous forme de vapeur. Parallèlement, la transpiration des végétaux fournit une certaine quantité d'eau qui se disperse dans l'air. Cette vapeur se condense en fines gouttelettes d'eau ou de neige. L'eau qui revient ainsi à la terre est recueillie accumule sous forme de nuages qui se refroidissent et permettent à la vapeur de par les océans, les lacs et les cours d'eau et peut également être absorbée par le sol (BENMOUSSA, 2018).

Le cycle de l'eau est décrit comme l'existence et le mouvement de l'eau sur la terre, dans l'atmosphère et dans son sous-sol. L'eau est toujours en mouvement et change constamment d'état physique, de liquide en vapeur et en glace, entre les rivières, les océans, et les eaux souterraines. Ce cycle naturel est continu et fonctionne grâce à la force du soleil. Ce processus fonctionne depuis des milliards d'années et est la source de toute vie sur Terre. (VAN GESTEL et *al.*, 2002).

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I.5. Sources de l'eau

Il existe de nombreuses façons de recueillir l'eau. Les principales sources sont les rivières, les eaux souterraines, les lacs, les mers et les océans.

I.5.1. Eaux de surface

L'eau de surface est l'eau qu'on trouve dans les barrages, les lacs, les ruisseaux et les rivières. La majeure partie de l'eau de surface dans le monde s'évapore dans l'atmosphère, c'est la perte la plus grande d'eau de surface. Les eaux de surfaces ne sont pas recommandées en tant que source directe d'eau potable ; il faut qu'elles soient correctement filtrées, désinfectées et surveillées.

Plusieurs études montrent que l'eau de surface est la ressource de l'eau douce la plus importante pour la production d'eau potable. (GROSCLAUDE, 1999).

I.5.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux qui se trouvent sous la terre dans les fissures et les espaces entre les sols, et les roches où elles sont stockées et se déplacent lentement à travers les formations géologiques des sols et des roches qui sont appelées aquifères. Selon l' littérature, les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement en eau potable dans de nombreux pays. La quantité d'eaux souterraines et leurs qualités dépendent essentiellement de la recharge, qui peut provenir de l'infiltration de précipitation ou de courants de surface. Les eaux souterraines sont généralement considérées moins susceptibles d'être contaminées par rapport aux eaux de surfaces (KHETTAF, 2018).

L'aquifère, ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau. (KETTAB, 1992). Les nappes d'eau souterraine ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains. Les nappes d'eau souterraine sont de l'eau contenue dans les pores ou les fissures des roches saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées (AEAG,2012).

I.5.3. Barrages

Un barrage peut être défini comme toute structure qui obstrue temporairement ou en permanence le passage de l'eau, ou bien l'accumulation d'eau derrière elle. Les barrages peuvent être formés par des processus non humains tels que le mouvement de glace et l'accumulation de débris. Cependant, la majorité des barrages sont construits par des humains pour contrôler le mouvement de l'eau dans les rivières, les ruisseaux et les estuaires ou pour le stocker. Ils ont été construits dans des sociétés de production d'eau potable, agricoles et industrielles, et semblent

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

être les technologies humaines les plus anciennes et les plus durables conçues expressément pour une meilleure gestion des ressources des eaux. (ARZATE, 2008).

I.5.4. Rivières

Les rivières sont alimentées par les précipitations, par le ruissellement de surface, à partir des sources et suintements, ou par la fonte des neiges et des glaciers. La contribution directe des précipitations aux eaux de surface est habituellement mineure, sauf lorsque la majeure partie du bassin est occupée par des lacs. Les pertes en eau au niveau des rivières sont dues aux fuites et aux percolations dans les aquifères adjacents, et plus particulièrement due à l'évaporation (LANTERI, 2009).

I.5.5. Eaux des mers et océans

Il est bien connu que la plus grande quantité d'eau sur la terre est présente dans les mers et les océans. Elle recouvre les deux tiers de la surface du globe terrestre. À cause de la salinité extrême les eaux des mers sont impossibles à consommer. Mais grâce à l'évolution des méthodes et des techniques de dessalement ces eaux sont de plus en plus consommées dans les zones arides méridionales. La distillation et l'osmose inverse sont les techniques les plus répandues. L'osmose inverse produit aujourd'hui environ 42 millions de m³ d'eau potable par jour (AMEL, 2009).

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

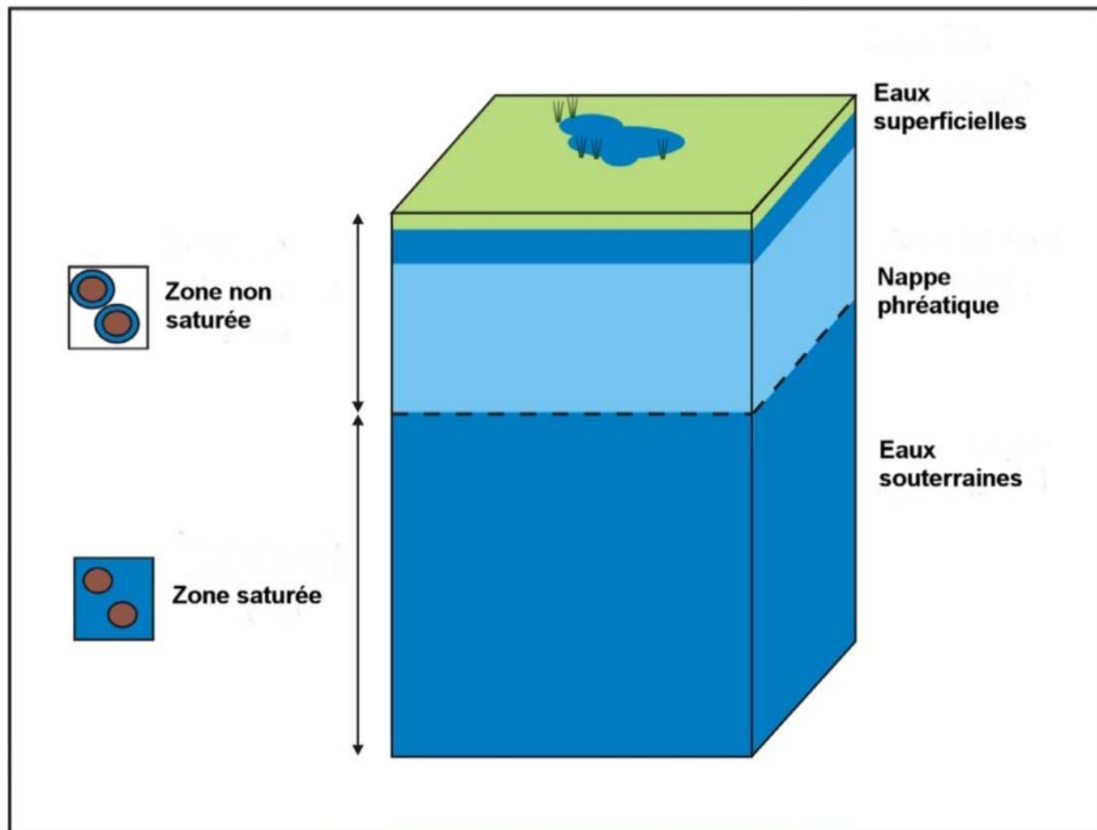


Figure 02: Présentation des eaux souterraines (RAMSAR, 2010).

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I.6. Les propriétés physico-chimiques de l'eau

La liaison hydrogène est à l'origine des propriétés chimiques et physiques particulières de l'eau. L'eau peut se trouver sous trois états : liquide, solide et gazeux. L'état gazeux correspond exactement à la formule classique de la molécule d'eau H_2O . Les deux autres états, liquide et solide, sont plus compliqués, et c'est cette complexité qui leur confère leurs propriétés exceptionnelles (HADJI et BOUCCEREDJ, 2020).

I.6.1. Un liquide mobile

L'eau est un corps continu, sans rigidité, qui coule facilement, remplit tous les interstices, puis s'étale en surface. L'eau possède un fort pouvoir mouillant qui lui donne des propriétés capillaires particulièrement importantes.

I.6.2. Un formidable solvant

L'eau est le plus formidable solvant naturel à la surface de la terre. L'eau est capable de dissoudre quasiment n'importe quel substrat.

I.6.3. Une chaleur spécifique élevée

L'eau est l'élément naturel (à part l'ammoniaque NH_4^+) dont la chaleur spécifique est la plus élevée sur terre. La chaleur spécifique étant la quantité d'énergie qu'il faut fournir à une masse d'eau donnée pour élever sa température de $1^\circ C$, cela revient à dire que l'eau est difficile à chauffer, tout autant qu'elle est difficile à refroidir.

I.6.4. Une chaleur latente de fusion et de vaporisation élevées

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation représentent les quantités de chaleur qu'il faut fournir soit pour fondre de la glace, soit pour produire de la vapeur d'eau. L'énergie nécessaire est prélevée sur le substrat, cela revient à dire, par exemple, que si la majeure partie de la vapeur d'eau atmosphérique vient de l'océan, celui-ci est constamment refroidi par ce mécanisme de vaporisation. (HADJI et BOUCCEREDJ, 2020)

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I.6.5. Une molécule particulièrement stable

La molécule d'eau est particulièrement stable pour la raison que les atomes d'hydrogène et l'atome d'oxygène qui la constituent mettent chacun en commun un électron pour établir leur liaison. De fait, les atomes d'hydrogènes possèdent deux électrons et celui d'oxygène possède huit électrons sur sa couche périphérique. C'est cette saturation de la couche externe de la molécule qui lui confère sa grande stabilité.

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

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale.
- Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdes ou en suspension (MERZOUG, 2009).

I.7. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc la dégradation de ces deux milieux. On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants la consommant. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré. (BOUZIANI, 2000).

I.7.1. Les sources de pollution

L'activité humaine, qu'elle soit son origine, industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui engendrent de différents types de pollution (Tableau 1) qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodiques ou encore accidentelles ou aiguës (RODIER, 2009).

Chapitre I : Revu Bibliographie

Tableur 01 : Principaux type des pollutions d'eau, leur nature et leur cause.
(RAMANDE, 1998).

Type de pollution	Nature de pollution	Source ou agent causal
1. Physique : Pollution thermique Pollution radioactive	Rejeter d'eau chaude Radio-isotope	Centrales électrique Installation nucléaire
2. Chimique : Pollution par les engrais Pollution par des élémentstoxiques.	Nitrates Phosphates Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc...	Agriculture Lessives Industrie, agriculture, combustion (pluie acide)
Pollution par les pesticides Pollution par les détersifs.	Insecticides, herbicides, etc. Agent tensioactifs	Agriculture (industrie) Influence domestique
Pollution par les hydrocarbures.	Pétrole brut et sec dérivés (carburant et autre produits)	Industrie pétrolier, transport
Pollution par les composés Organochloré.	PCB, insecticides, solvants chlorés	Industrie, agriculture
Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse	Très nombreuses molécules > 120 000	Industrie, usage dispersifs en particulier domestique
3. Matières organiques : 4. Pollution Microbiologique	Glucides, lipides, protides, acides, nucléiques Bactéries, virus, Champignons	Effluentes domestique, agricole, industrie de bois Effluentes urbains, élevages, secteur agroalimentaire

I.7.2. Les principaux polluants

Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en quatre groupes : les polluants biologiques, les polluants chimiques, les polluants organiques toxiques et les polluants radioactifs.

I.7.3. Les polluants biologiques

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes (BENNANA, 2013). Ils sont peu nombreux dans les eaux de nappe du fait des conditions habituellement anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de matière organique dans la nappe favorise leur prolifération (KANKOU, 2004). Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les algues.

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (BENNANA, 2013). Parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue :

- Les germes banals : les bacilles coliformes, les Proteus.
- Les bacilles dysentériques dont les Shigella et le bacille de Flexner.
- Les salmonelles, dont le *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* A et B et les bacilles Gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre.
- Les vibrions cholerae qui survivent plus longtemps dans l'eau et peuvent provoquer de graves épidémies.
- Les mycobactéries (bacilles de Kokh), sont responsables de plusieurs types d'infections tuberculeuses.
- Les leptospires sont fréquemment retrouvés dans les eaux de rivières, et les eaux d'égouts.
- D'autres bactéries : Staphylocoques, le *spirobacter ictérogène*, la *pasterelle tularensis* (BOUZIANI., 2000).

I.7.4. Les polluants chimiques

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à des faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité (RODIER, 2009). Cette pollution chimique affecte tout le cycle de l'eau, depuis la pluie jusqu'aux eaux souterraines par exemple : 7,8 % des eaux souterraines dépassent 40 mg/l de nitrates contre 1,6% pour les eaux de surface (HENAUT, 2011). On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux.
- Les métaux lourds.

a) Les éléments chimiques minéraux

Si l'on admet qu'une eau très faiblement minéralisée n'est pas recommandable du fait notamment de sa propriété corrosive, les effets sur la santé humaine des eaux riches en minéraux font encore l'objet actuellement d'interrogations sur lesquelles il est nécessaire de procéder à une actualisation :

- Les nitrates (NO_3^-) sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés engendrent une augmentation des nitrates dans les ressources (LAFERRIERE *et al.*, 1995).
- Le sodium a été impliqué à long terme parmi les facteurs favorisant la genèse d'une hypertension artérielle.
- Les sulfates favoriseraient à long terme un processus d'irritation gastro-intestinale surtout s'ils sont associés au sodium ou au magnésium
- Le calcium et le magnésium facteurs de la dureté de l'eau ont des inconvénients sur l'eau puisqu'ils donnent un goût désagréable et engendrent l'entartrage rapide.
- Les chlorures, outre le goût désagréable qu'ils transmettent à l'eau, peuvent favoriser la mobilisation d'ions indésirables ou toxiques à partir des canalisations métalliques surtout si celles-ci transportent de l'eau chaude. Ces éléments chimiques sont aujourd'hui jugés discutables et la plus grande prudence est recommandée dans l'application des traitements correctifs sur les eaux destinées à la consommation humaine (BOTTA et BELLON, 2004).

b) Les métaux lourds

Les métaux sont présents dans notre environnement en quantités plus ou moins importantes, pouvant aller des traces jusqu'au métal pratiquement pur dans certains gisements miniers. Chaque élément métallique naturel dont la masse volumique dépasse 5 g/ml est considéré comme lourd. 59 éléments du tableau périodique sont classés métaux lourds. 17 d'entre eux sont considérés comme très toxiques mais 13 sont classés polluants prioritaires ; ce sont : antimoine, arsenic, béryllium, cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, nickel, sélénium, argent, thallium et zinc. (KHETTAF, 2018). Les principales sources émettrices de ces métaux lourds sont les industries d'extractions minières et les fonderies, les industries de transformation (métallurgie, galvanoplastie...), les usines d'incinérations et le secteur agricole (les engrais phosphatés) (BOUZIANI, 2000).

I.8. Qualité de l'eau

I.8.1. Facteurs organoleptique

a) Couleur

La coloration d'une eau est dite ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Les couleurs réelles sont apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

b) Odeur

Toutes odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décompositions. L'odeur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

c) Gout et saveur

Le gout peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (RODIER et *al.*, 2005).

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

I.8.2. Paramètres physicochimiques

Tableau 02 : Paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.

(OMS (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006).

Paramètres	Selon l'OMS	Selon le Journal Officiel	Unité
pH	9	6.5 - 8.5	
Conductivité	1000	2800	µs/c
Dureté totale	50	100 – 500	°F
Calcium	100	75 – 200	mg/l
Magnésium	50	150	mg/l
Sodium	150	200	mg/l
Potassium	12	20	mg/l
Sulfates	250	200 – 400	mg/l
Chlorures	600	200 – 500	mg/l
Nitrates	50	50	mg/l
Nitrites	0.1	0.1	mg/l
Ammonium	0.5	0.5	mg/l
Phosphates	5	5	mg/l
Oxydabilité (KMnO4)	5	3	mg/l
Oxygène dissout	5	5	mg/l
Aluminium	0.2	0.2	mg/l
Température	25	25	°C

I.8.3. Facteurs microbiologiques

L'eau ne doit contenir aucuns microorganismes pathogènes, qui pourraient entrainer une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène.

Tableau 03 : Facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.
(OMS (2002), et journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006).

Facteurs	Selon l'OMS	Selon le journal algérien
Germes banaux	100/100 ml	100/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Clostridium sulforéducteurs	0/100 ml	0/100 ml
Salmonelles	0/100 ml	0/100 ml

I.9. Les maladies transmission hydriques

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organisme, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y' vivent et s'y développent (RODIER et *al.*,2005).

Les maladies à transmission hydriques constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteur, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté (BOUZIANI, 2006). Parmi ces maladies on peut citer : le choléra, la poliomyélite, la dysenterie, les diarrhées, l'ascaridiose, la bilharziose, les amibiases, la typhoïde, le paludisme, la fièvre jaune, la shigellose, l'onchocercose, la leptospirose, les giardases, les gastro-entérites, les méningites et les hépatites A et B. (RAISSI, 2005)

CHAPITRE I : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

Tableau 04 : Principes maladies d'origine hydrique et leur agent responsable.

(HASLAY et LECLERC, 1993)

Maladies	Agents
Origine bactérienne	
Fièvre typhoïde et parathyroïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A et B
Dysenterie bacillaire	<i>Shigellacholerae</i>
Choléra	<i>Escherichia coli</i> entérotoxigène
Gastro-entérites aiguës et diarrhées	<i>Campylobacterjejuni/coli</i> <i>Salmonella</i> sp. <i>Shigella</i> sp .

CHAPITRE II
PRESENTATION DE LA
REGION D'ETUDE

II. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

II.1. Présentation de la wilaya de Boumerdes

II.1.1. Situation géographique

La wilaya de Boumerdes est située au nord centre de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 1456,16 Km², et possède une bande littorale dépassant les 80 Km ; allant du cap de Boudouaou l'Ouest à la limite Est de la commune de Afir, avec une population de 801 068 habitants.

Englobant 09 daïras et 32 communes, elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par la wilaya de Tizi-Ouzou, au Sud par la wilaya de Bouira, au sud-ouest par la wilaya de Blida et à l'ouest par la wilaya d'Alger.

La wilaya constitue un carrefour de passage de la capitale vers l'Est de pays par des voies de communication diverses (chemins de fer et autoroute). Son chef-lieu de wilaya est l'aéroport international d'Alger et de 45 Km du chef-lieu de la wilaya d'Alger (la Capitale).



Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Boumerdes. (ANAT, 2001).

II.2. Etude Climatologique

Le climat est défini comme une combinaison des états de l'atmosphère dans un lieu donné et sur une période définie. Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre (PEDELABORDE, 1991 in ATTOU, 2014).

La nature du climat joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. Le comportement des espèces et de leur adaptation impliquent la nécessité de caractériser le climat (RAMADE, 2003 in ATTOU, 2014). Il représente le facteur déterminant fondamental de la distribution des organismes dont l'influence s'exerce et peut être perçu à toutes les échelles d'observation de la biosphère (LACOSTE et SALANON, 2001 in ATTOU, 2014).

II.2.1. Climat de L'Algérie

En Algérie, les régions climatiques rencontrées sont celles des étages et des variétés de climat définies par Emberger (1955). Le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen à deux saisons bien distinctes, celle des pluies et celle de la sécheresse. D'une manière générale le climat de l'Algérie est caractérisé par la fréquence des pluies durant la période froide de l'année, il y a coïncidence de la saison sèche et de la saison chaude (KADIK, 1987).

II.2.2. Climat de Boumèrdes

Le climat à Boumerdes est méditerranéen, froid et humide en hiver, chaud et sec en été. La pluviométrie varie entre 500 et 1.300 mm par an du mois d'octobre jusqu'au mois de mars. Les régions littorales sont connues pour leur climat doux et tempéré, la température annuelle moyenne est à l'ordre de 18 degrés Celsius sur le littoral, et de 25 degrés Celsius dans les régions internes de la wilaya. (BOUHAMADOUICHE, 1993).

II.2.2.1. Température de l'air

Le climat de la région, typiquement continental, est caractérisé par un hiver froid avec des températures minimales au-dessous de 0°C et maximale de 16°C et un été relativement chaud avec des températures atteignant parfois jusqu'à 42°C.

II.2.2.2. Pluviométrie

Les précipitations atmosphériques sont parfois insignifiantes et irrégulières. Elles sont fréquentes essentiellement en hiver et au printemps (de Novembre à Avril). Les quantités de pluie qui tombent varient de 250 à 400 mm/an au nord de la région et n'excède pas 200mm/an avec des exceptions de 700mm. (BOUHAMADOUICHE.,1993).

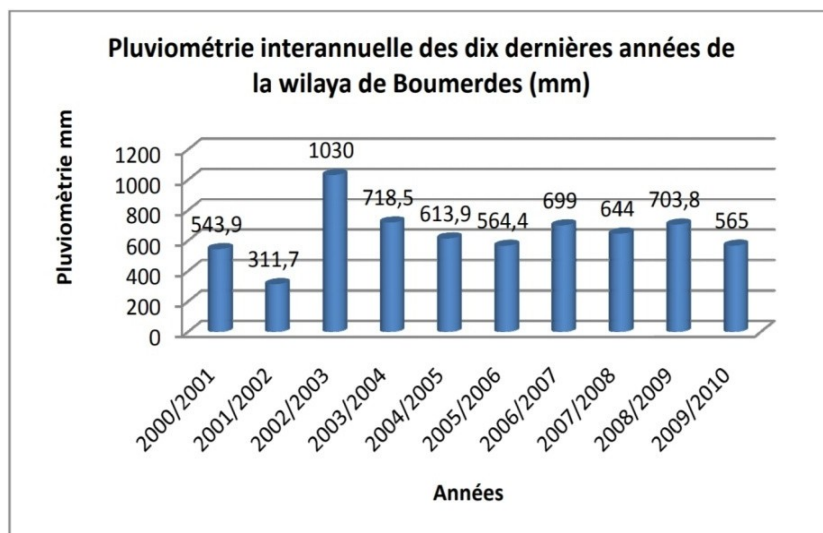


Figure 04 : Pluviométrie interannuelle des dix dernières années de la wilaya de Boumerdes. (DHW Boumerdes, 2010)

II.2.3. Relief

Le relief de la Wilaya de Boumerdes se caractérise par la juxtaposition d'ensembles physiques bien différenciés : La plus grande partie de la wilaya (36,5 %) est une terre basse (plaines et vallées) localisées dans le nord de la région, les collines et plateaux (26,5 %,.) dans la partie intermédiaire et les hautes terres et les massifs montagneux (26 %) sont situés dans le sud.

II.2.4. Population

La population résidente totale des ménages ordinaires et collectifs (MOC) de la wilaya de Boumerdes a atteint 801 068 habitants à la date du 16 Avril 2008. La densité démographique est, en moyenne de 550 habitants/km² et le taux d'accroissement annuel (1998-2008) est estimé à 2,2 %. En matière de répartition spatiale 57,3 % de la population réside dans les agglomérations chefs-lieux, 30,1 % en agglomérations secondaires et 12,6 % en zone éparse.

La répartition de cette population sur son territoire est homogène avec toutefois une nette concentration au niveau des agglomérations chefs lieu des communes.

II.2.5. Ressources en eau de la wilaya de Boumerdes

La wilaya est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500 mm et 1300 mm par an. Les eaux souterraines sont constituées par des nappes profondes et superficielles dont le volume est de 93 hm³. Bien entendu, les eaux superficielles constituent une ressource non négligeable.

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

Tableau 05 : Potentiel hydrique de la wilaya de Boumerdes (DHW Boumerdes, 2010).

Wilaya	Ressource mobilisée m ³	Eau superficielle m ³	Eau souterraine m ³	Eau non conventionnelle m ³	Affectation m ³	
					AEP & Industrie	Agriculture
Boumerdes	23949952	3660000	8653530	5400000	74130000	2850952

II.3. Présentation de la commune de Boumerdes

II.3.1. Cadre naturel

II.3.1.1. Situation et limites géographiques

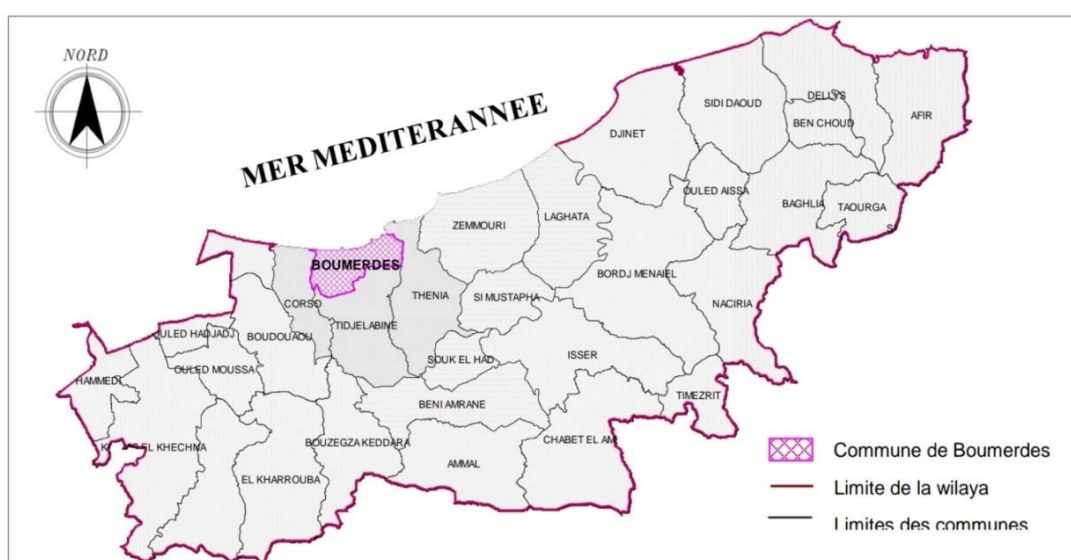


Figure 05 : Situation géographique de la commune de Boumerdes

(ABH, 2010)

La commune de Boumerdes occupe 2040 ha, elle est limitée comme suit :

- La mer méditerranée au nord.
- La commune de Tidjelabine au sud.
- La commune de Thénia à l'est.
- La commune de Corso à l'ouest.

Dans son organisation spatiale la commune de Boumerdes regroupe trois (03) agglomérations principales :

- L'agglomération chef-lieu à l'ouest.
- L'agglomération secondaire du Figuier (El Kerma) localisée à l'est du chef-lieu.
- Les zones éparses, englobant Boukheroucha et le Sahel de Boumerdes. (ABH., 2010)

II.3.1.2. Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune de Boumerdes est très dense, nous relevons deux oued principaux : Oued Boumerdes et Oued Corso qui déversent directement dans la mer. Ces deux oueds présentent de nombreuses ramifications dont les plus importantes sont : oued Tatareg, oued Safsaf, oued Bourh a.

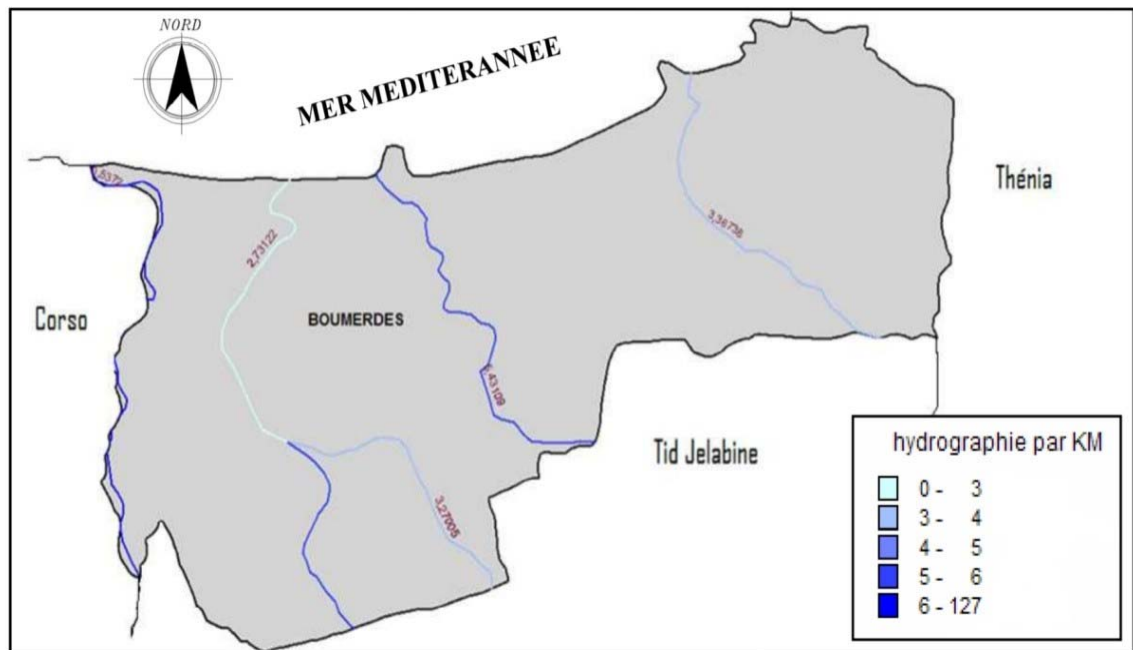


Figure 06 : Réseau hydrographique de la commune de Boumerdes.

(ABH., 2010)

II.3.1.3. Hydrogéologie

Les valeurs des courbes hydro-isohypses de Boumerdes diminuent du sud vers le nord et des bordures vers les vallées, mettent en évidence un écoulement souterrain général des bordures (zone élevée) vers les vallées et du sud vers le nord. L'écoulement ainsi schématisé fait apparaître une ligne de partage des eaux (crête piézométrique) justifiant un substratum qui remonte. Ceci concorde bien avec les données géologiques, mettant en évidence la profondeur de ce substratum marneux imperméable sous les sables rouges :   moins de 12 m de profondeur dans le plateau quaternaire est et avoisinant les 3-5 m plus au sud de la ville, constituant une sorte de bombement.

II.3.1.4. Ressources en eau de la commune de Boumerdes

Bien gérer la problématique de l'eau, implique une connaissance aussi parfaite que possible de la disponibilité de la ressource et de sa variabilité dans le temps et dans l'espace, et autant que faire se peut proposer des scénarios prospectifs pour l'analyse du risque et la gestion des crises, dans un avenir où les effets anthropiques sont mal maîtrisés. La wilaya de Boumerdes ne fait pas exception, les ressources hydriques dont on dispose sont plus ou moins limitées, cette limitation est d'abord naturelle, mais elle est accentuée par les besoins toujours croissants du développement démographique et socio-économique, par le gaspillage, ainsi par les différents types de pollutions menaçant la région.

Les ressources en eau mobilisées dans la commune de Boumerdes sont évaluées à près de 884 563,86 m³, soit 3,69 % des ressources en eau mobilisées de la wilaya, dont le volume mobilisé pour les eaux de surface est nul tandis que le volume mobilisé pour les eaux souterraines est de l'ordre de 149606,26 m³. En plus de ça, il y a un volume très important à mobiliser dans la commune de Boumerdes qui représente un taux de 59,25 % des eaux non conventionnelles de la wilaya et le tableau ci-dessous résume ce potentiel hydrique.

Tableau 06 : Potentiel hydrique global dans la commune de Boumerdes (Unité : m³).

	Totale ressources mobilisées	Eau superficielle		Eau souterraine			Eau non conventionnelle
		Barrage	Retenue collinaire	Forages	Puits	Sources	Volume d'eau à mobiliser
Commune Boumerdes	884 563,86	0	0	31496,06	118110,2	10	3200000
Wilaya Boumerdes	23949952	2700000	960000	1606299	7047231	0	5400000

CHAPITRE III

MATERIELS ET

METHODES

III. MATERIELS ET METHODES

III.1. Objectif

L'objectif de notre travail consiste à contrôler et évaluer la qualité physico-chimique et bactériologie des eaux des sources de la Wilaya de Boumerdès.

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'algérienne des eaux unité de Boudouaou et laboratoire de L'Hygiène Corso.

III.2. Echantillonnage

III.2.1. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique ;
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (RODIER, 2009).

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse métallique (GUIRAUD, 1998).

III.2.1.1. Eau de source

L'eau a été recueillie directement dans le flacon. Le prélèvement de l'eau de source jaillissante doit se faire le plus près possible de l'émergence de l'eau à un endroit où l'eau n'a pas encore coulé de manière turbulente. A chaque prélèvement, les flacons sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, ré bouchonnés, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière portative avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C, jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

III.2.2. Matériel de prélèvement

III.2.2.1. Pour l'analyse microbiologique

Les prélèvements microbiologiques se fait à l'aide des flacons en verre Pyrex munis d'un bouchon à vis métallique, d'une contenance de 250 ml, stériles pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination (BOUCHAIR et BENALIA., 2015). Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique.

La manipulation et le même pour les bouchons. Par la suite les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés (OUGHIDNI et SEBTI, 2015). Pour éviter les risques de contamination, les flacons d'échantillonnages ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (BOUCHAIR et BENALIA, 2015).

III.2.2.2. Pour l'analyse physico-chimique

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau déminéralisée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique environ N, puis rincés abondamment, égouttés, fermés mais non séchés. Le maintien d'une atmosphère humide permet, par rinçage du flacon au moment du prélèvement, d'éliminer une contamination éventuelle du flacon. (RODIER, 2009).

III.2.3. Mode de prélèvement

Les prélèvements pour l'analyse bactériologique nécessitent de nombreuses précautions de façon à ne pas contaminer l'échantillon lors de sa prise. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis métallique. Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau à analyser (GUIRAUD, 1998). Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. Le flacon peut être plongé dans l'eau (FERDES et MERCHELA, 2012).

III.2.4. Identification des échantillons d'eau

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles (RODIER et *al.*, 1996). Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant :

- Nom de l'opérateur qui a effectué les prélèvements ;
- Site du prélèvement ;
- Lieu et la nature
- Mode de prélèvement (ponctuel ou moyen 24 heures, proportionnel au débit ou au temps
- Date et heure (du début de prélèvement) et durée ;
- Des informations sur une éventuelle technique de conservation de l'échantillon.

III.2.5. Transport et conservation des échantillons d'eau

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière à 4°C et transportés ensuite au laboratoire. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme muni d'élément réfrigérant dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C. L'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de huit heures, après le recueil de l'échantillon. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures (RODIER et *al.*, 1996).

III.3. Analyses physico-chimiques

III.3.1. Méthodes d'analyses

1-Température

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique (ROUX, 1987). La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire, influence des paramètres comme l'oxygénation, la conductivité, la solubilité de différentes substances, etc... La température de l'eau joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine, et aussi dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (GREGORIO et PIERRE-MARIE, 2007 ; RODIER, 1996) La mesure de la température s'effectue sur le terrain à l'aide d'un thermomètre ou d'un multi-paramètre en plongeant immédiatement les sondes dans l'eau à analyser. La lecture s'affiche sur l'écran exprimée en degré Celsius (°C) (BOUKROUMA, 2008). Généralement, les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent un thermomètre intégré (RODIER, 2009).

2-Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ion H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (CASTANY et MARGOT, 1977). Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (ZEDDOURI, 2003). Sans oublier que la mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (DETAY, 1993). D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présents. Il est recommandé de déterminer le pH de l'eau in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans des flacons (RODIER, 1996). Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre (figure 31 annexe) ou par Colorimétrie (DEVILLERSI et SQUILBIN, 2005).

Mode opératoire

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable ;
- Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture ;
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

3-Mesure de la conductivité électrique (CE) (figure 30 annexe)

- La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m) (1 S/m = 104 μS/cm = 103 mS/m).

La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega \cdot \text{cm}) = 1000000 / \text{Conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm}).$$

➤ Mode opératoire

- D'une façon générale, la verrerie doit être rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant l'usage.
- On rince plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- La mesure est faite dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- On agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Le résultat est donné directement en μS/cm (RODIER et *al.*, 2005).

4-Mesure de la turbidité

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes (figure 32) qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire. La mesure de la turbidité de l'eau peut s'effectuer en utilisant l'effet Tyndall ou l'opacimétrie. L'effet Tyndall est utilisé

plus spécialement pour la mesure des faibles turbidités (eau de boisson), l'opacimétrie est appliquée aux eaux de fortes turbidités (eaux brutes, eaux résiduaires). D'autres méthodes comme celle « des gouttes de mastic » ou celle de Jackson « candle turbidimeter » n'ont plus qu'un intérêt historique, ayant été remplacées par l'emploi directe des turbidimètres optiques (RODIER, 2009).

Mode opératoire

- Une cuvette de mesure propre est remplie avec l'échantillon à analyser, bien homogénéisée et la mesure est effectuée rapidement. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.
- La valeur est obtenue directement en NTU (LADJEL, 2009).

5-Dosage de l'oxygène dissous

Principe

La méthode utilisée pour le dosage de l'oxygène dissous est électrochimique. La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. L'appareil de mesure utilisée est l'oxymètre.

Mode opératoire

On effectue le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser. Comme toute méthode instrumentale, le résultat est étroitement lié au mode opératoire et il est nécessaire de se reporter à la notice d'utilisation de l'appareil utilisé. La mesure étant basée sur une réduction de l'oxygène qui traverse la membrane, il conviendra en particulier de procéder à une agitation douce et régulière pendant la mesure, pour éviter l'épuisement de l'oxygène au voisinage de la membrane qui conduirait à une mesure erronée. La concentration en oxygène dissous, à la température de mesure, est exprimée en mg/l (RODIER., 2009).

6- Détermination résidus secs (RS)

Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenus par le filtre est déterminé par pesée différentielle (RODIER, 1996). Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions puis séchage jusqu'à l'obtention d'un résidu sec constant.

Mode opération

- Laver le disque de filtration à l'eau distillés, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration (RODIER *et al.*, 1996).
- Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10ml d'eau distillé. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage (RODIER *et al.*, 1996).
- Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser 0,1mg près jusqu'à poids constant (RODIER, 1996).

7- Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Elle dépend aussi des rejets urbains ou industriels. Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques, et elle permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinité :

- **Alcalinité au virage du rouge de Méthyle (ou de l'orange de Méthyle) :** Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions (HCO_3^-), (CO_3^{2-}), (OH^-), Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC) (REJESK, 2002).
- **Alcalinité au point de virage du phénol phtaléine (alcalinité composite) :** Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (REJESK, 2002).

7.1-Détermination de l'alcalinité totale et composite

Méthode titrimétrie

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré. (RODIER, *et al.* 2005).

Mode opératoire

❖ Alcalinité composite (TA)

Introduire à l'aide d'une pipette 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine.

- Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle.
- Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique. Jusqu'à une disparition de la coloration (pH = 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé.

❖ Alcalinité totale (TAC)

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4,3). Noter le volume V' ml d'acide versé.

8)-Dosage des chlorures (CL^-)

Le dosage des chlorures a été effectué par l'utilisation de la méthode de « MOHR ».

Principe

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

Réactifs

- Acide nitrique concentré.
- Carbonate de calcium Pure.
- Solution de chromate de potassium à 10%
- Solution de nitrate d'argent 0,1N.

Mode opératoire

On prend 5 ml de l'échantillon à analyser, à l'aide d'une pipette on ajoute 2 gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4) ce qui donne une coloration jaunâtre. Ensuite, on titre par addition progressive de la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$ à 0,01N) jusqu'à l'obtention d'une coloration brun rougeâtre.

9)-Dosage des nitrites (NO_2^-)

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire d'en tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie (RODIER, 2009).

Principe

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N-1-Naphtyl éthylène diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesuré à 543 nm.

Mode opératoire

On introduit 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis on ajoute 1ml du réactif mixte. Ensuite, on attend 10 minutes. Après l'apparition de la coloration rose qui montre la présence du NO_2^- , on effectue la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à 543nm. Le résultat est donné directement en milligrammes par litre d'eau (mg/l) (ISO 6777, 1994).

10)-Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates, NO_3^- , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (BLIEFERT et *al.*, 2001). Ils sont généralement l'indice d'une pollution. (DETAY, 1993). On trouve des teneurs en nitrates au-dessus de la normale dans la nappe phréatique dans les cas suivants :

- Lorsqu'on a utilisé trop d'engrais ou que l'engrais a été répandu à une mauvaise période ;
- Lors d'un élevage intensif d'animaux ;
- Lors de cul- Sols contenant peu de plantes ;
- Sols légers perméables. (BLIEFERT et *al.*, 2001).

Dosage des nitrates : Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045) :

Principe

En présence de Salicylate de Sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique spéciales à haut rendement et de plantation de légumes ;

Mode opératoire

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bi distillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm.

11)- Ammonium (NH_4^+)

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées. On les trouve souvent à des teneurs variant entre 0,1 à 0,2 mg/l. (DETAY, 1993).

Dosage de l'ammonium

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser directement dans le flacon à réaction, ajouter 3 ml du réactif I (solution de Phénol-Nitroprussiate), boucher et agiter pour bien homogénéiser, puis ajouter 1,5 ml du réactif II (solution alcaline d'hypochlorite), boucher et agiter à nouveau. Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à températures ambiantes. Mesurer l'absorbance à 630 nm. (AMINOT et *al.*, 1982).

12)-Le Sodium (Na^+)

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

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères ;
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium ;
- Des nombreux usages industriels ;
- Des apports atmosphériques, etc... (RODIER et *al* 2005).

13)-Le Potassium (K^+)

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schistes), des argiles potassiques, de certains rejets industriels et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. (RODIER et *al* 2005).

Dosage de (Na^+) et (K^+)

Le sodium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie. (RODIER, 1986).

13)-Les sulfates (SO_4^{2-})

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates et sous l'action de bactéries sulfito-réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des précipités de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, cuivre... etc.). (RAMADE, 1982).

Dosage de sulfate

Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

Mode opératoire :

Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

14)-Bicarbonates (HCO_3^-)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante (RODIER, 1996) :

$$[HCO_3^-] = TAC (F^\circ) \times 12,2$$

Avec :

TAC : Alcalinité totale

a. $F^\circ = 10 \text{ mg/l}$.

15)-Phosphate (PO_4^-)

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités. Il est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée (phosphates, hydrogénophosphates...) ou sous forme organique dans la nature, il provient essentiellement de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les microorganismes pour donner des phosphates rapidement assimilées. Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquences sanitaires, En revanche elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière : phénomène d'eutrophisation. Les organismes tels les cyanobactéries se développent de façon très rapide, participant à l'eutrophisation et provoquant parfois un phénomène appelé " bloom algal ou fleur d'eau" extrêmement néfaste à l'équilibre du milieu. La concentration maximale admissible en phosphore dans les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 5 mg/l.

Dosage de l'ortho phosphate (PO_4^-) Méthode colorimétrique

Principe

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium. (RODIER, 1996).

Mode opératoire

Introduire à l'aide d'une pipette, 20 ml d'eau à analyser préalablement filtrée dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm.

16)-Détermination du Calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Norme ISO 6059 NA 752)

Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylène-diamine tétra acétique $C_{10}H_{14}N_2O_2Na_2 \cdot 2H_2O$ (EDTA) à pH 10. Le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Mode opératoire

(V₁) Ca²⁺ :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N
- Ajouter du Murexide.
- Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage(violet).

(V₂) Ca²⁺ Mg²⁺ :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NH₄OH (10.1)
- Ajouter noir eriochrome.
- Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu).

17)-Dosage de l'Aluminium par spectrophotométrie (Méthode interne ADE BOUDOUAOU)

Mode opératoire

- Verser 25 ml d'échantillon à analyser dans une fiole de 50ml
- Ajouter à chaque les réactifs dans l'ordre suivant :
- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N et agiter
- 1 ml d'acide ascorbique concentration 10g/l.
- 1 ml d'acide sulfurique 0.04N
- 10 ml de la solution tampon pH =6.2
- 5 ml de la solution filledériochromecyanine.
- Compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée, et homogénéiser.
- Laisser reposer 10 min avant mesure au spectromètre à la longueur d'onde de 535 nm :
 - Allumer l'appareil.
 - Appuyer sur « programme utilisé ».
 - Introduire le numéro du programme Al³⁺.
 - Insérer la cuve avec le blanc (eau distillée), et appuyer sur « zéro ».
 - Remplir la cuve avec l'échantillon à analyser et appuyer sur « lire ».
 - La concentration en Al³⁺ est affichée sur l'écran en mg/l.

III.2. Analyses Bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

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

- Dénombrement des germes totaux.
- Recherche des streptocoques fécaux.
- Recherche des coliformes totaux et fécaux.
- Recherche des salmonelles.
- Dénombrement des clostridium sulfite réducteurs.

III.2.1. Dénombrements des germes totaux

Le dénombrement des germes totaux consiste en une estimation du nombre des germes totaux dans l'eau.

Milieu de culture : Gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA).

Mode opératoire

- Le milieu gélosé TGEA est fondu dans un bain marie à 100°C puis refroidi à environ 40°C.
- Verser 1ml d'eau à analyser dans deux boites de pétri.
- Ajouter 15 ml de TGEA fondu et refroidi à environ 40°C.
- Mélanger avec précaution par rotation.
- Laisser la gélose se solidifier.
- Incuber une boite à 22°C pendant 72 h et la deuxième à 37°C pendant 24 h. (LEBRES, 2006)
- Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady (Méthode 1.5.5) pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100 ml d'eau à analyser.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC/ ml (unités formats une colonie).

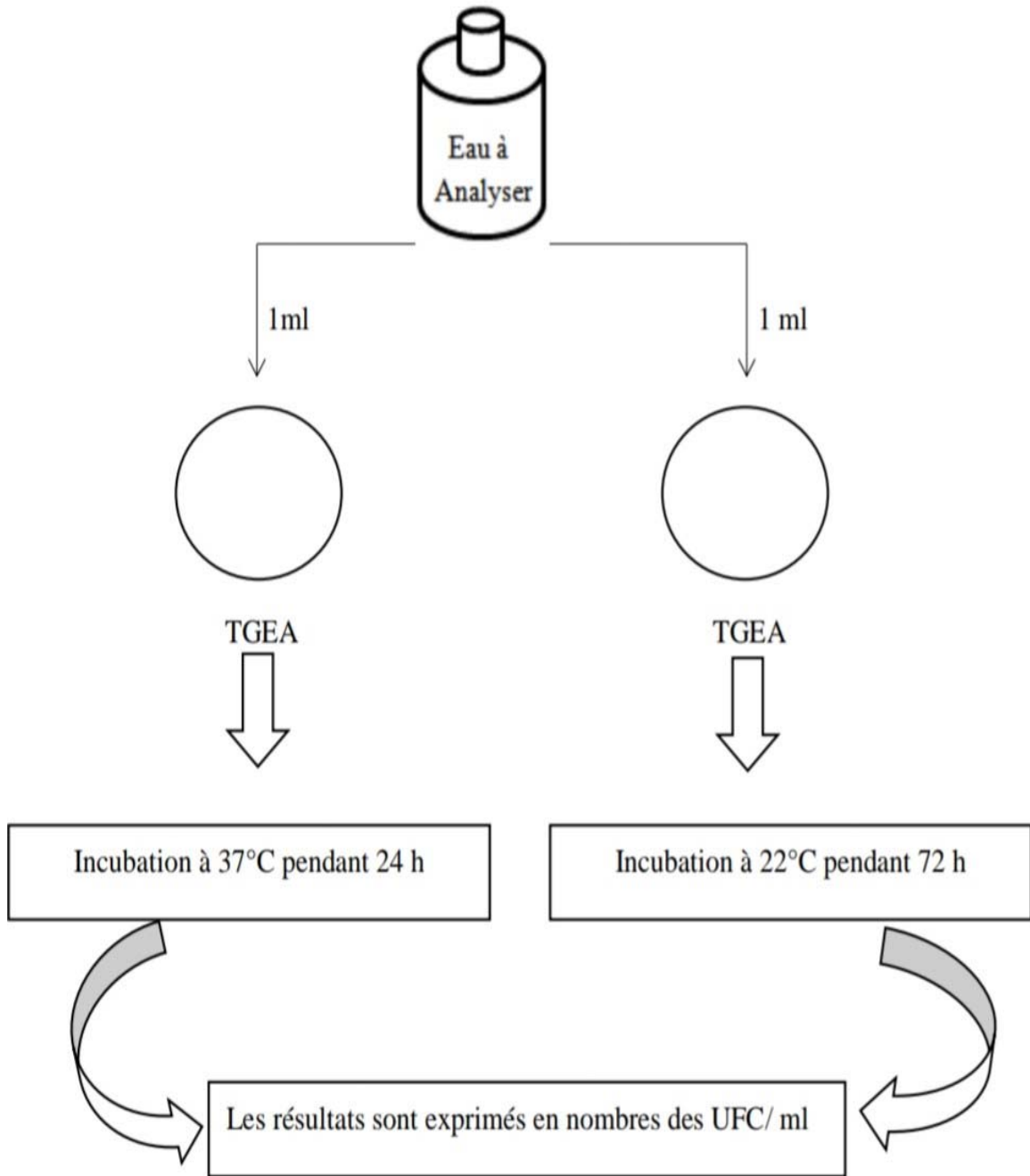


Figure 07 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

III.2.2. Recherche des coliformes totaux

La colométrie consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes et parmi lesquels les coliformes fécaux.

Elle compte deux temps :

- La recherche présomptive des coliformes.
- La recherche confirmative des coliformes fécaux.

Milieux de culture et réactifs

- Bouillons lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- Milieu de confirmation Schubert muni d'une cloche de Durham.
- Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.
- Table NPP.

III.2.2.1. Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes

Mode opératoire

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol. Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Ensemencement

On utilise :

- Un flacon contenant 50ml de BCPL (D/C) avec 50ml d'eau à analyser.
- 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser.
- 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL à simple concentration avec 1ml d'eau à analyser.
- L'incubation se fait à 37°C ; la cloche ne devant pas contenir de gaz au départ.

Lecture

- La lecture se fait 48h après l'incubation.
- Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune avec du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs (+) c'est-à-dire qu'ils renferment des coliformes totaux.

Expression de résultats

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporte à la table NPP pour obtenir le nombre de coliformes totaux contenus dans 100 ml.

III.2.2.1. Test confirmatif

Mode d'opérateur

- A partir de chaque tube BCPL positif (+) pour la recherche de coliformes totaux, ensemercer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche de Durham
- Incuber à 44°C pendant 24h.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs aux tubes contenant le bouillon de Schubert avec la cloche de durham positif (+). (LEBRES., 2006)

La lecture

Tous les tubes présentant une réaction indole positive (anneau rouge en surface) sont considérés comme positifs (+).

Expression des résultats

Le dénombrement des coliformes fécaux s'effectue de la même manière que celui des coliformes totaux et les résultats sont exprimés dans 100ml d'eau à analyser.

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

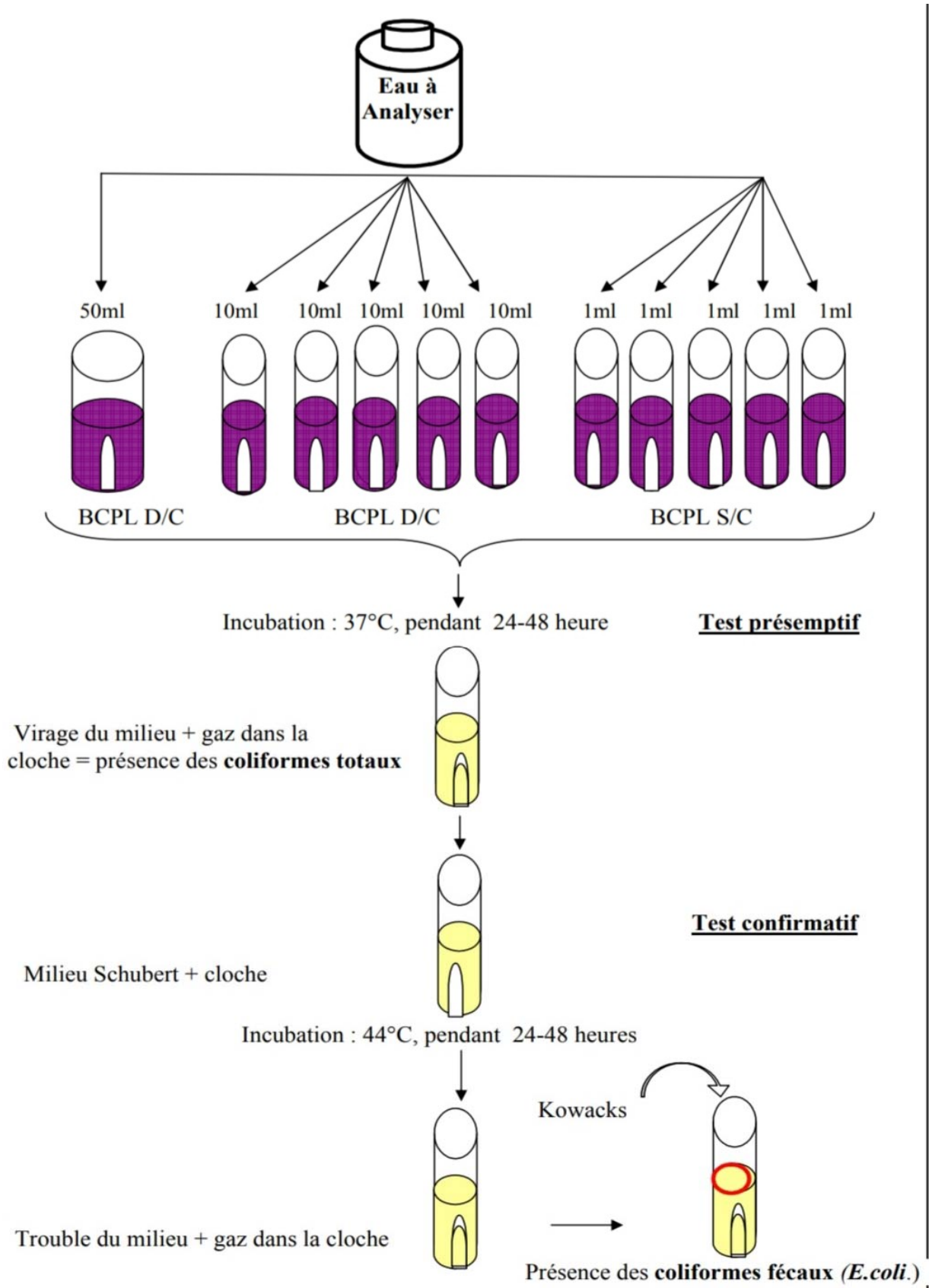


Figure 08 : Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau.

III.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux

Principe

Rechercher et dénombrer les streptocoques fécaux considérés comme des témoins de pollution fécale.

Elle compte deux temps :

- La recherche présomptive du streptocoque.
- La recherche confirmative des streptocoques fécaux.

Milieu de culture

- Milieu de Roth à D/C.
- Milieu de Roth à S/C.
- Milieu de litsky.
- Mode opératoire :

-1^{ère} étape : Test présomptif

La recherche se fait en bouillon à l'azide de sodium (bouillon de Rothe) simple et doubleconcentration.

On ensemence :

- 1 flacon contenant 50ml de bouillon de Rothe double concentration avec 50 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe double concentration avec 1 ml d'eau.
- Incubation pendant 48h à 37°C.

Lecture :

- Les tubes présentant une louche microbienne sont considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal.
- Le test confirmatif est obligatoire.

-2^{ème} étape : Test confirmatif On ensemence :

- 2 à 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA ou litsky), à partir de chaque tube positif (+).
- Incubation pendant 24h à 37°C.

Compter les tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady (Méthode 1.5.5) pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présent dans 100 ml d'eau à analyser.

La lecture :

- Tous les tubes présentant une culture et un jaunissement sont considérés comme positifs (+).
- On note généralement la présence dans le fond des tubes d'une pastille violette.

Expression des résultats :

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux contenus dans 100ml d'eau.

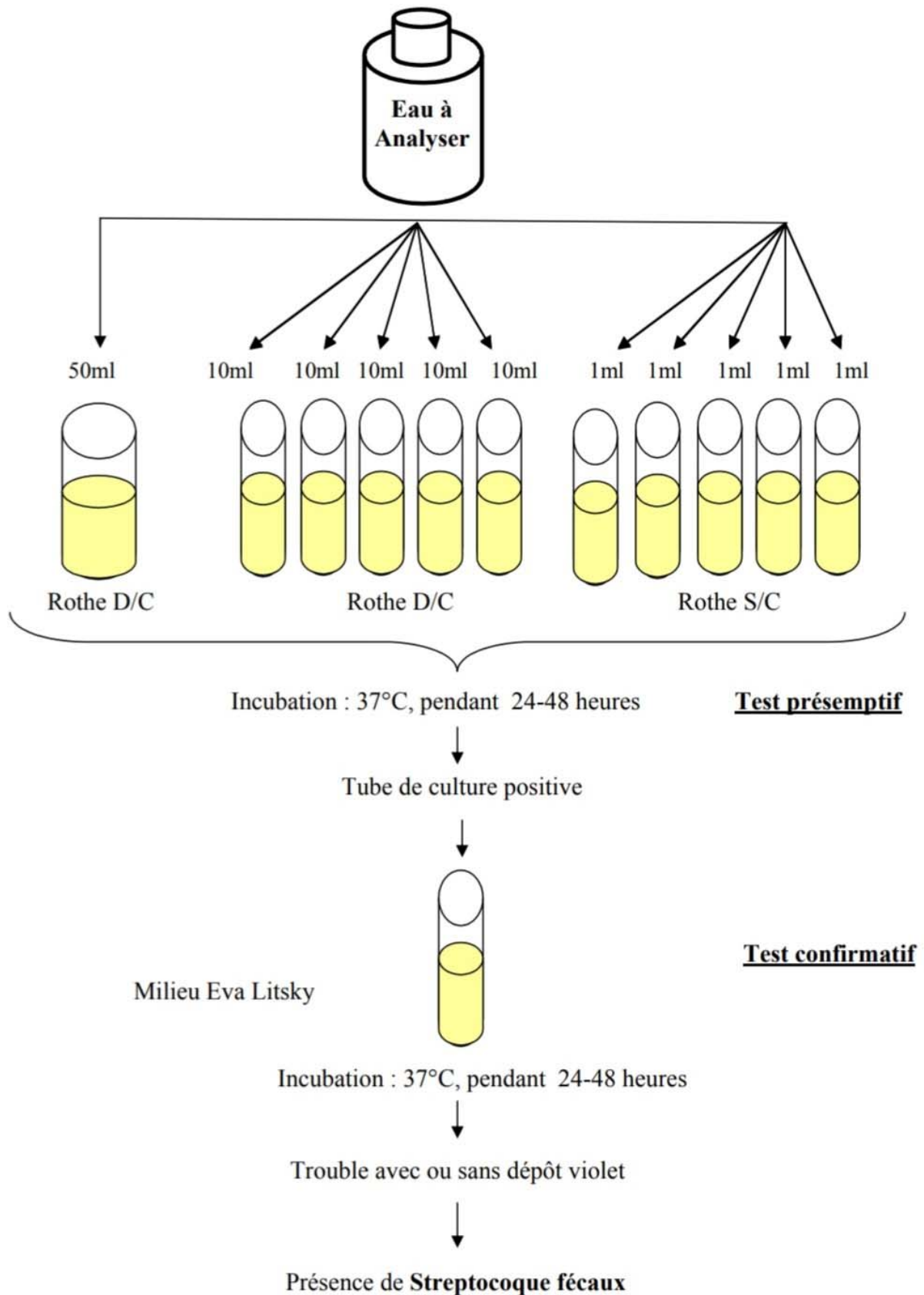


Figure 09 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau.

III.2.4. Dénombrement des *Clostridium sulfito réducteurs*

Principe

Après la destruction des formes végétatives par chauffage à 80°C, l'échantillon est incorporé dans un milieu fondu additionné de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito- réducteurs se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies.

Milieu de culture

- Gélose viande foie.
- Solution d'alun de fer.

Mode opératoire

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- On place les tubes dans un bain marie à 80°C pendant 5 minutes.
- On refroidit à 45°C, on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et quatre gouttes des sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes avec 15 ml de gélose viande foie.
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24h, une deuxième après 48h.
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer.

Expression des résultats

On exprime les résultats en nombre de germes par millilitre.

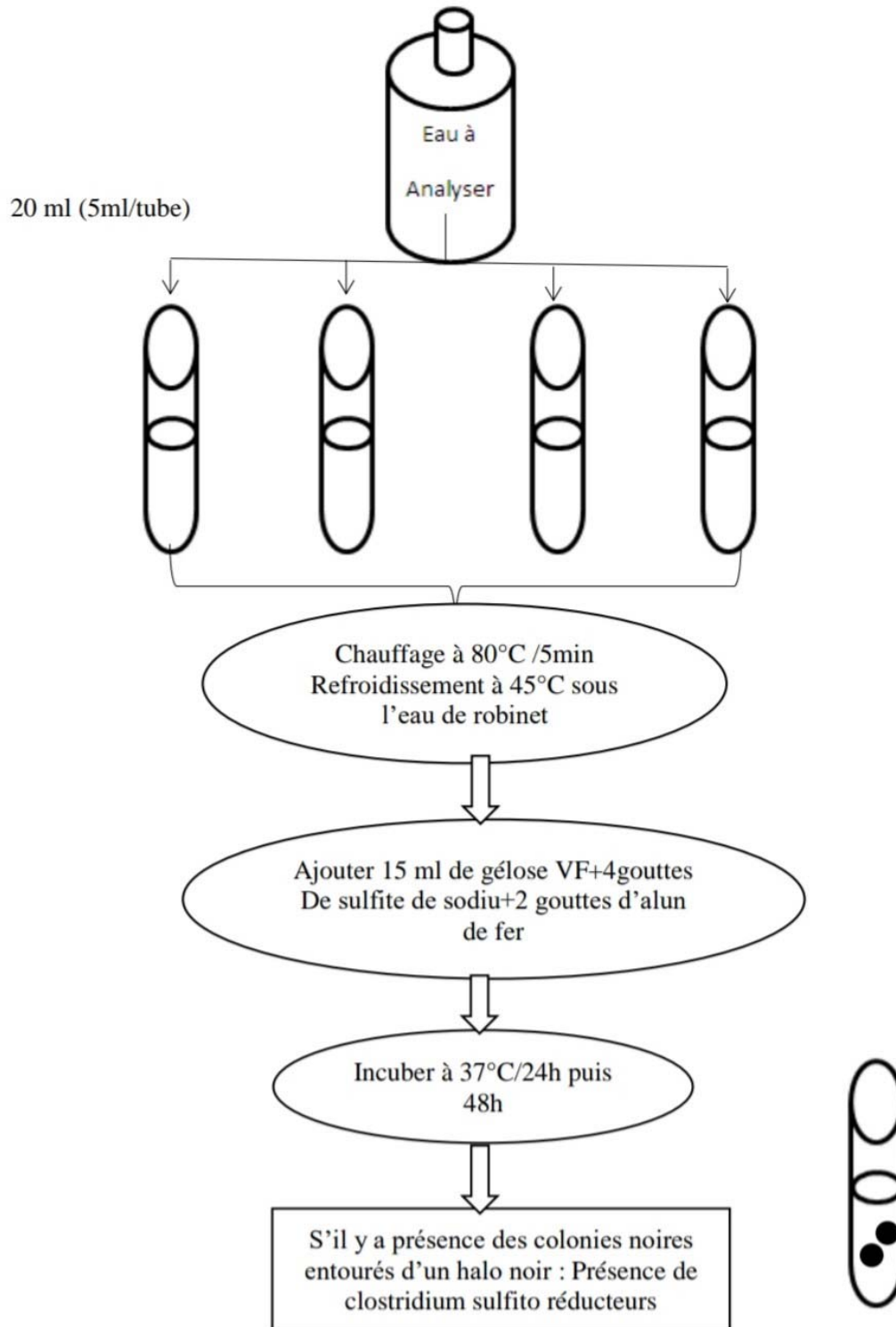


Figure 10 : Recherche et dénombrement des clostridium sulfito- réducteurs.

III.2.5. Recherche des Salmonelles

Milieu de culture

- Bouillon au sélénite (SFB).
- Gélose Hektoen (HK).

Mode opératoire

III.2.5.1. Phase du 1^{er} enrichissement

Ensemencer séparément 2 flacons de 100ml d'eau à analyser dans deux flacons de SFB.

III.2.5.2. Phase du 1^{er} isolement et du 2^{ème} enrichissement

Après agitation des flacons de SFB du 1^{er} enrichissement, effectuer sur chacun d'eux :

- Un isolement sur 2 boîtes d'Hektoen (HK1).
- Une 2^{ème} enrichissement en ensemençant 1 ml du SFB1 sur un tube de SFB simple concentration (SFB2).
- Incuber le tout pendant 24h à 37°C.

III.2.5.3. Phase du 2^{ème} isolement

- A partir du tube du 2^{ème} enrichissement (SFB 2), effectuer un 2^{ème} isolement sur deux boîtes d'Hektoen (HK2).
- Incuber pendant 24h à 37°C

Expression des résultats

Sur Hektoen, les colonies de salmonelles sont de tailles moyennes, lisses colorées en vert (couleur du milieu) avec en général un centre noir exprimé par 100ml.

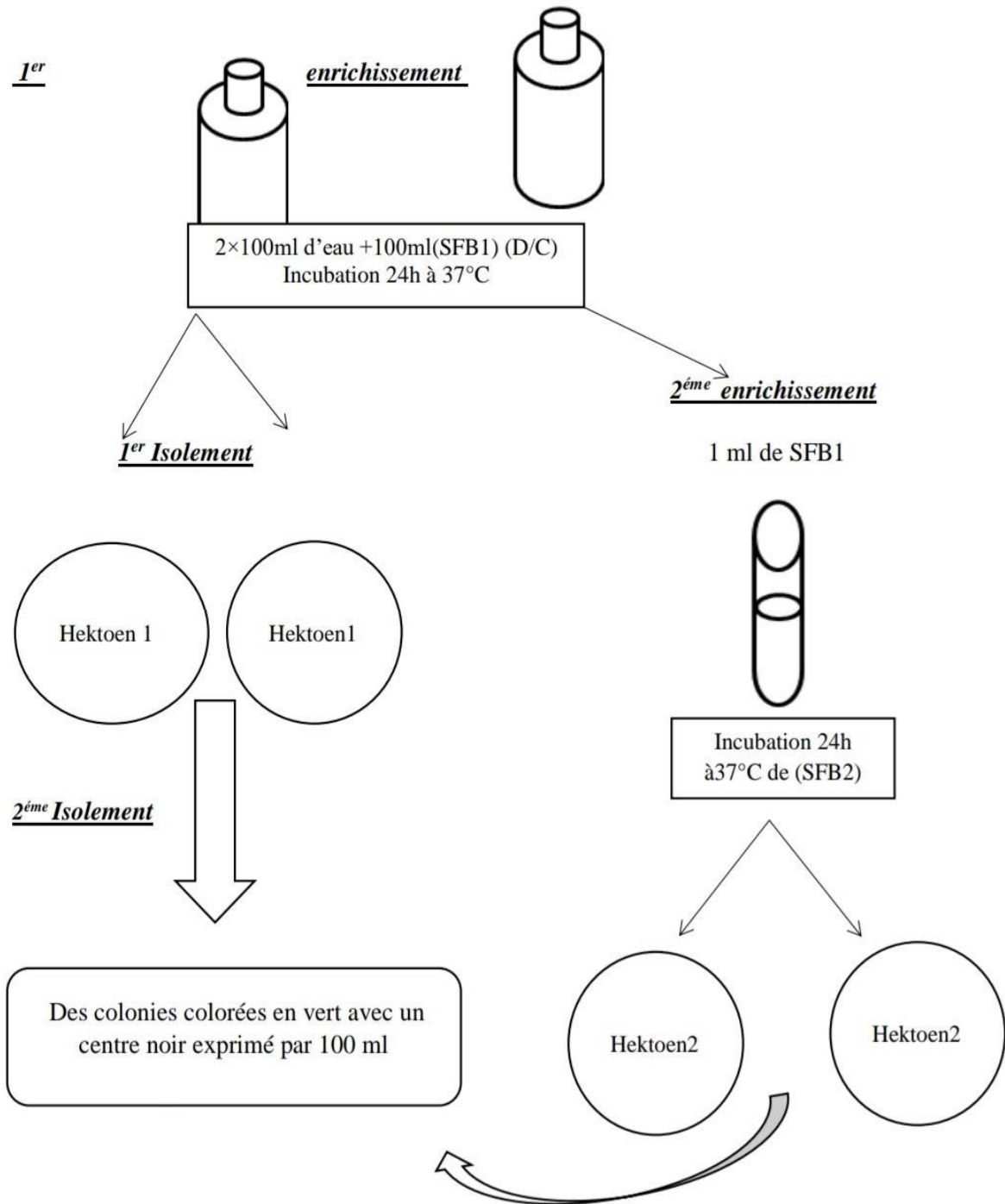


Figure11 : Recherche des salmonelles.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET

DISCUSSIONS

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Introduction

Nous avons déterminé dans cette partie l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de source au niveau de la région de Boumerdes, cas de source FOES durant la saison sèche.

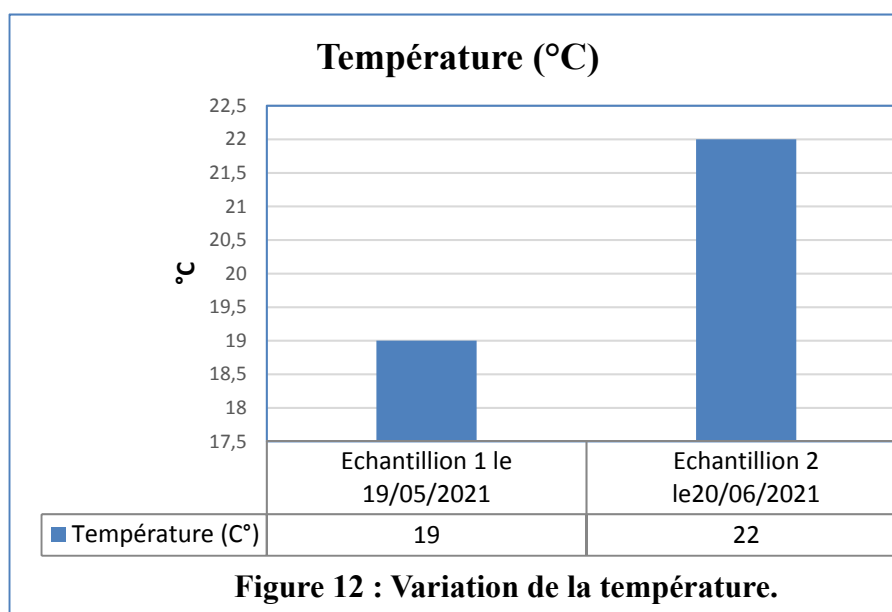
Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus.

IV.2. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

IV.2.1. Paramètres physiques

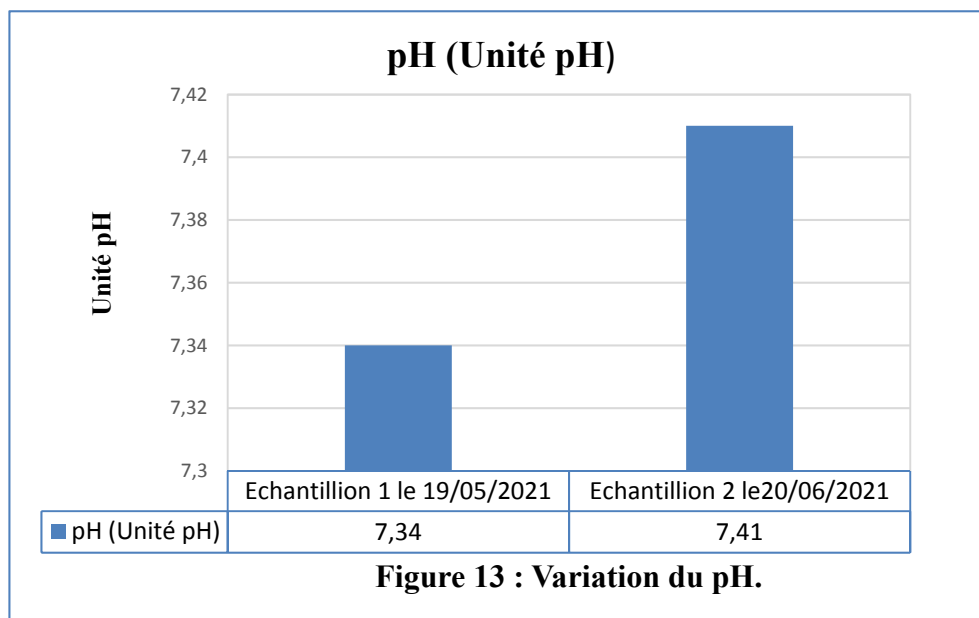
IV.2.1.1-Température

Les températures mesurées sur les eaux de la source FOES présentent des valeurs moyennement élevée, vu la période d'échantillonnage (mai et juin). Elles varient entre 19°C et 22°C. D'après ces données, on voit que les valeurs de température sont dans les normes Algérienne et de l'OMS (annexe) pour l'eau de boisson.



IV.2.1.2- pH

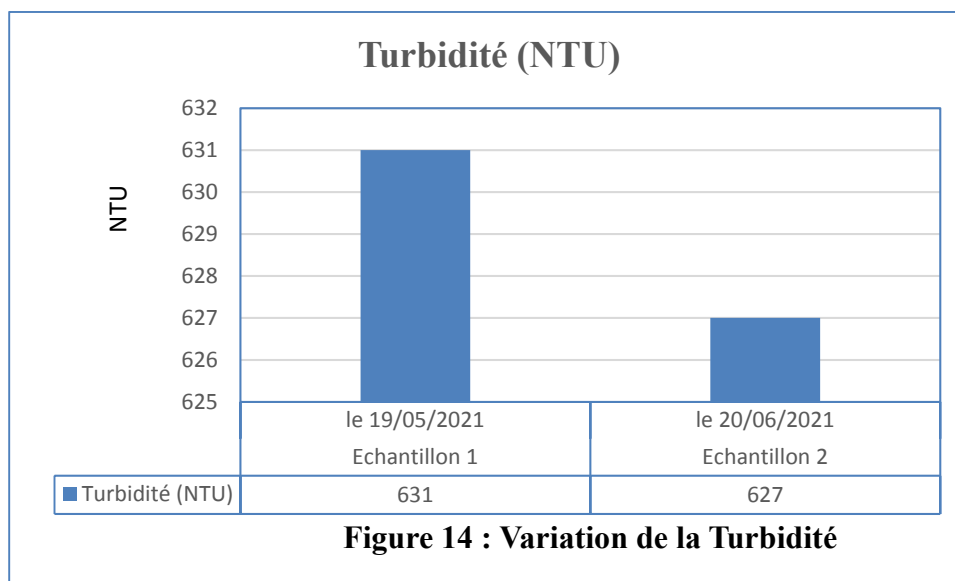
Le pH des eaux naturelles donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. La figure 17 nous montrent que le pH des eaux de source étudiées est situé dans la fourchette des normes de potabilité ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).



IV.2.1.3- Turbidité

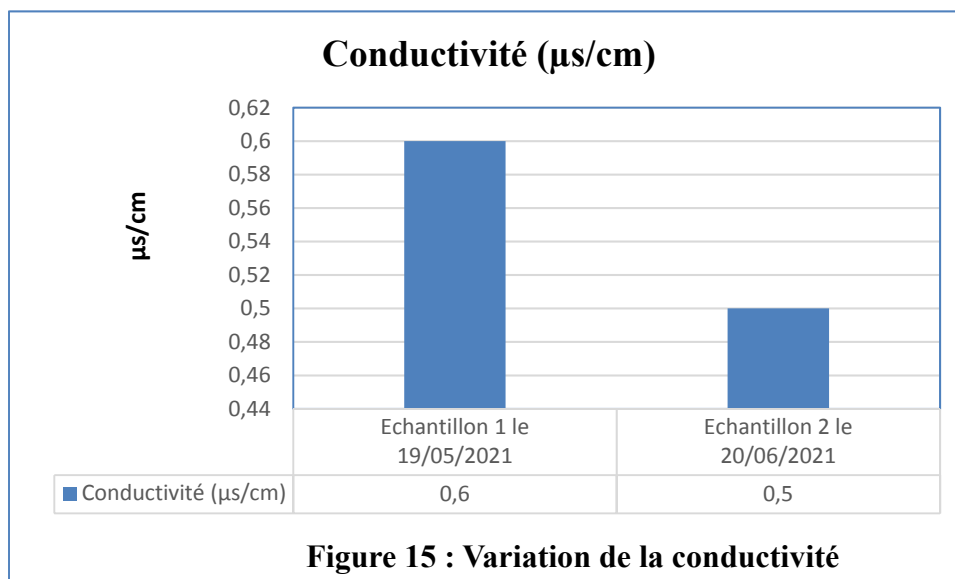
La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution, des matières organiques (RODIER et *al.*, 2005). Les normes algériennes (JORA, 2011), recommandent comme valeur limite de turbidité : 5 NTU.

Dans notre cas, les valeurs enregistrées par le turbidimètre sont en dessous de la norme.



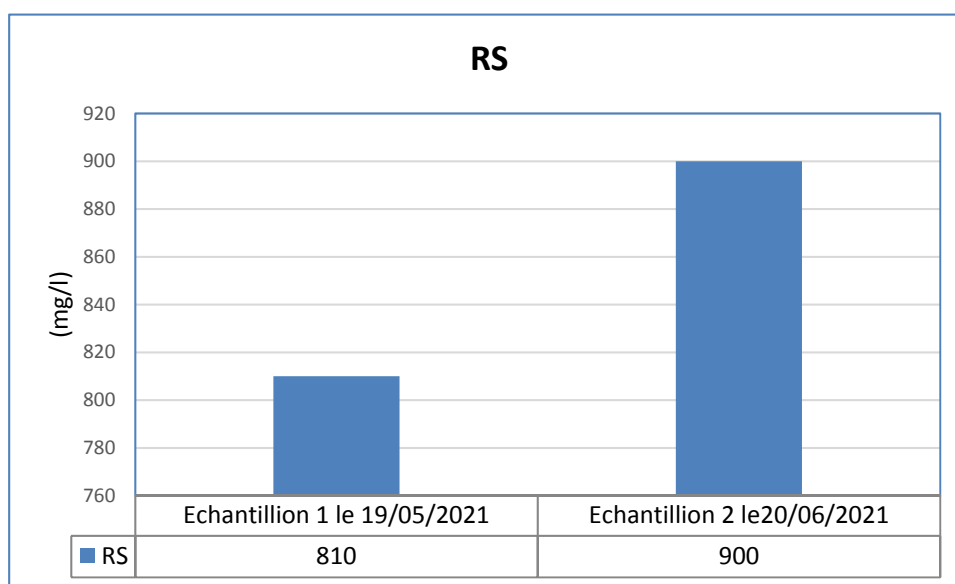
IV.2.1.4- Conductivité

Une conductivité supérieure à 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ implique une minéralisation importante des eaux. Dans notre cas les eaux de la source FOES les valeurs de la conductivité (631 et 627 $\mu\text{S}/\text{cm}$) enregistré ne dépassent pas cette valeur. Ils sont dans la norme algérienne (2011) et les normes de l'OMS).



IV.2.1.5- Résidu Sec (RS)

Les teneurs de l'échantillon ne dépassent pas les normes algériennes (2011) et les normes de l'OMS.



IV.2.2-Paramètres Chimiques

IV.2.2.1-Calcium (Ca^{2+})

Selon (BOUZIANI, 2000), les eaux dont le calcium dépasse 200mg/l, présente desérieux inconvénients pour les usages domestiques. La moyenne de concentration de calcium enregistré et faible par rapport au norme Algérienne et l'OIMS.

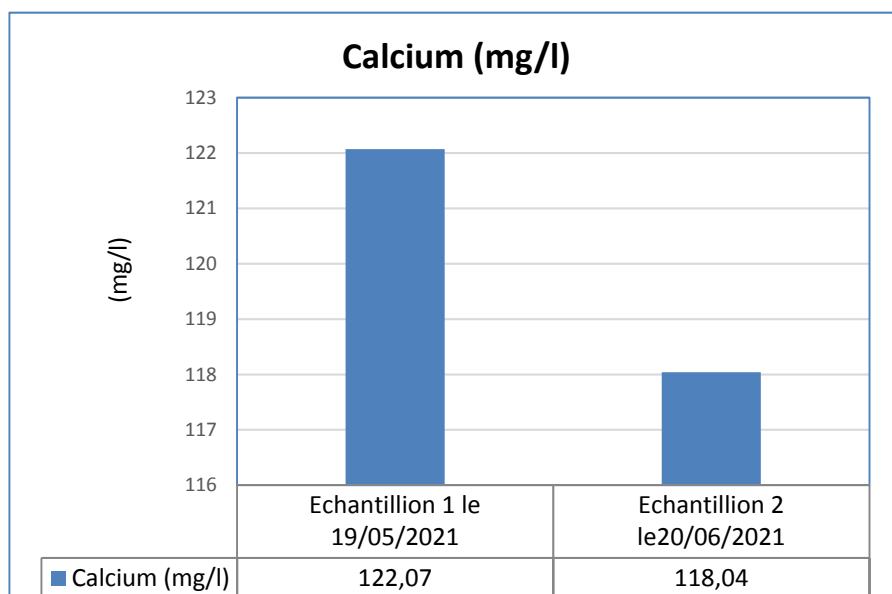


Figure 17 : Variation de Calcium.

IV.2.2.2-Magnésium(Mg^{2+})

Ces concentrations sont largement inférieures à 150 mg/l, norme recommandée par les normes Algérienne. Selon (RODIER,1996), à partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable.

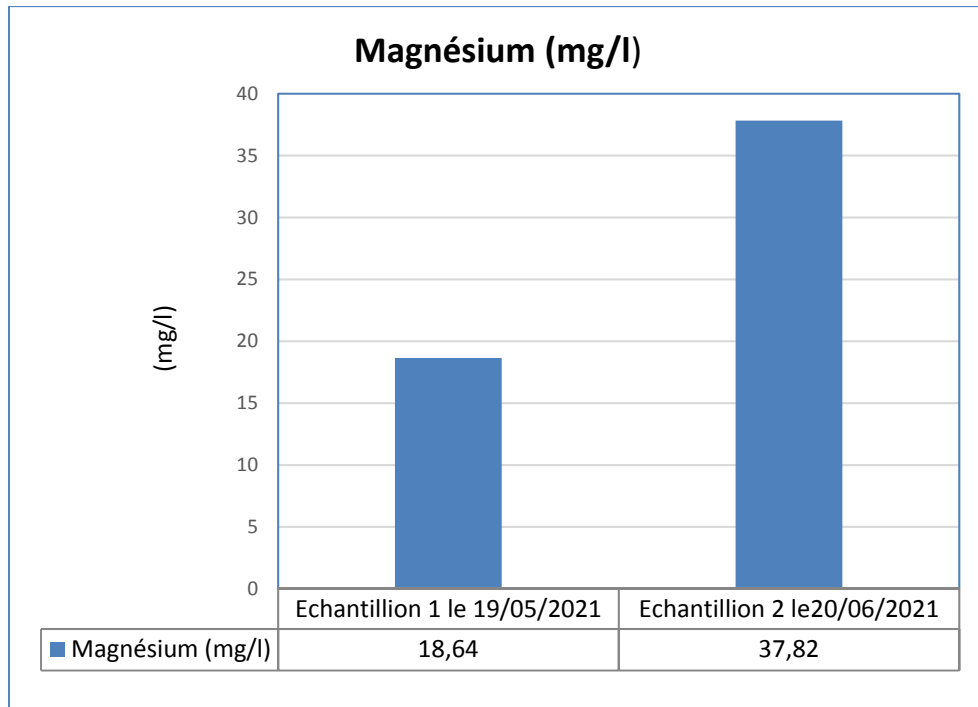


Figure 18 : Variation de Magnésium.

IV.2.2.3-Sodium (Na^{2+})

Les taux de tous les échantillons ne dépassent pas les normes algériennes (2011) et les normes de l'OMS). Requises, mais ils contiennent des teneurs plus fort en Na_2^+ .

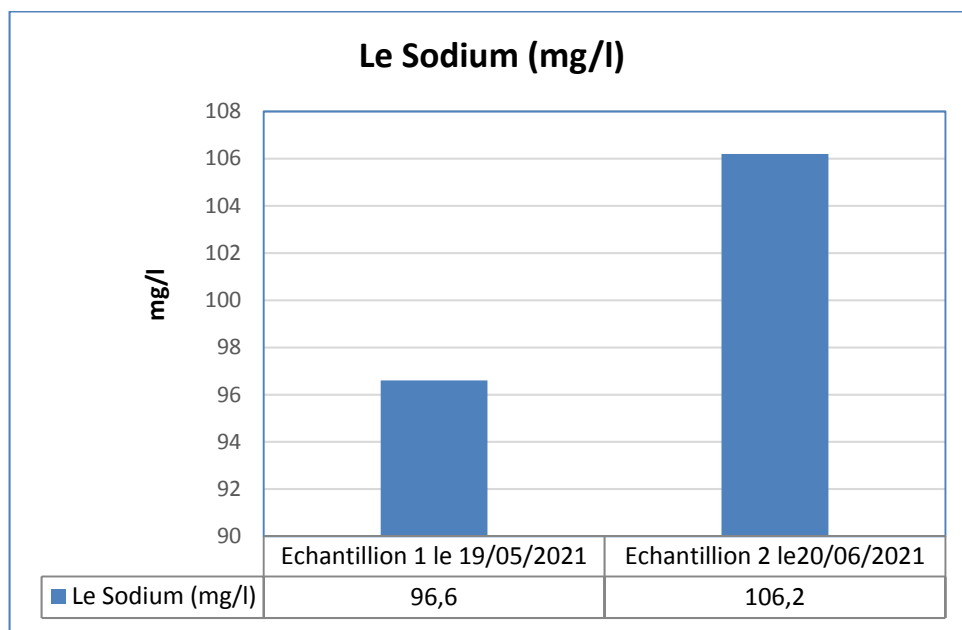


Figure 19 : Variation de Sodium

IV.2.2.4-Potassium (K^+)

Les teneurs ne sont pas variables. Ils sont moyennement faibles et inférieurs à la limite de potabilité (12 mg/l).

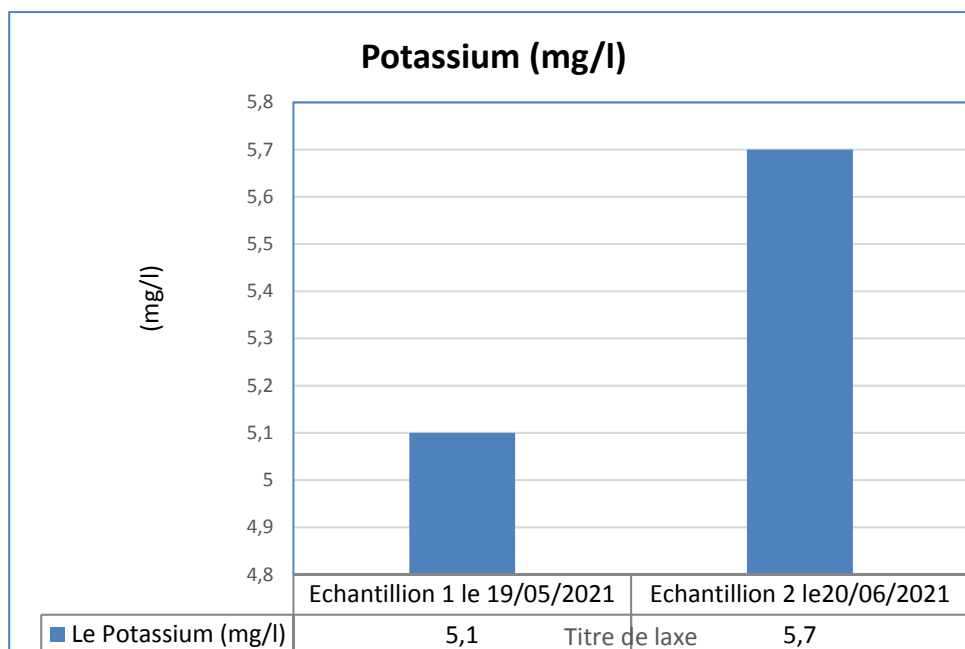


Figure 20 : Variation de Potassium.

IV.2.2.5- Chlorure (Cl^-)

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variés et liés principalement à la nature des terrains traversés. Ces concentrations sont conformes à la norme de 500 mg/l établie par les normes Algériennes et les normes de l’OMS.

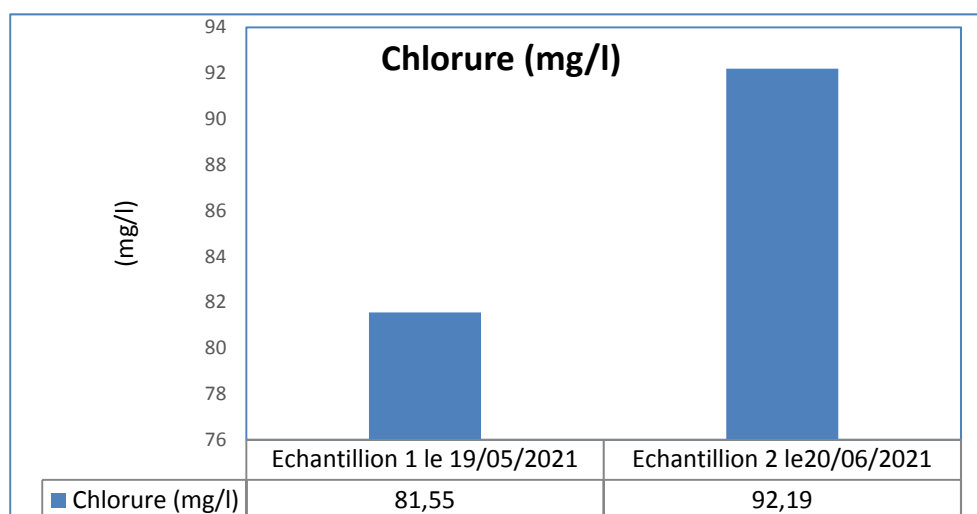


Figure 21 : Variation de Chlorure.

IV.2.2.6- Sulfates (SO_4^-)

La concentration maximale fixée par l'OMS est de 250 mg/l.

Les concentrations moyennes des sulfates dans les points prélevés sont dans l'ensemble inférieures à la norme.

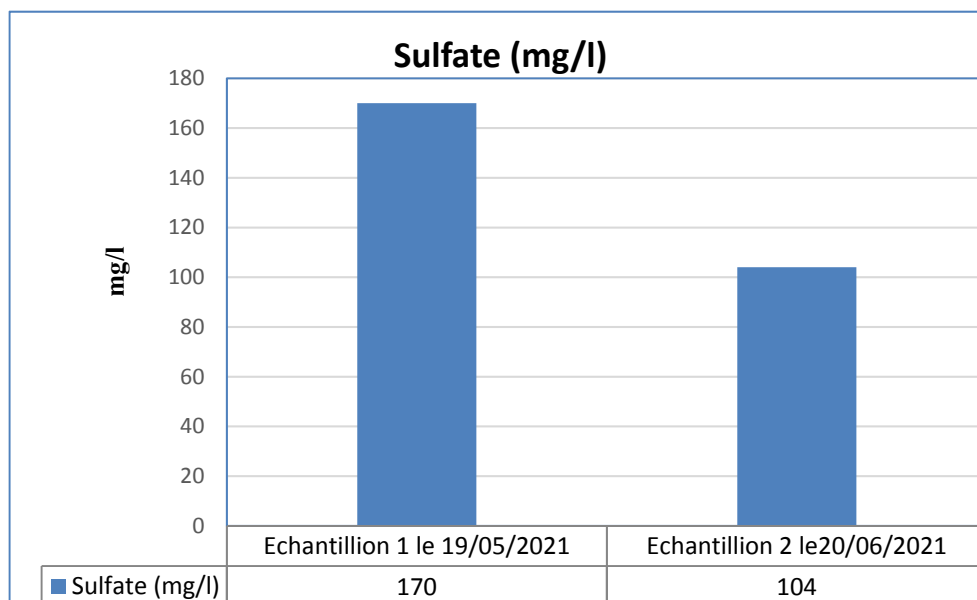


Figure 22 : Variation des sulfates.

IV.2.2.7- Bicarbonates (HCO_3^-)

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- , varie de 10 à 350 mg/l.

Les concentrations en HCO_3^- sont plus élevées durant les mois de prélèvements (mai et juin), ceci peut être lié à l'effet de l'évaporation.

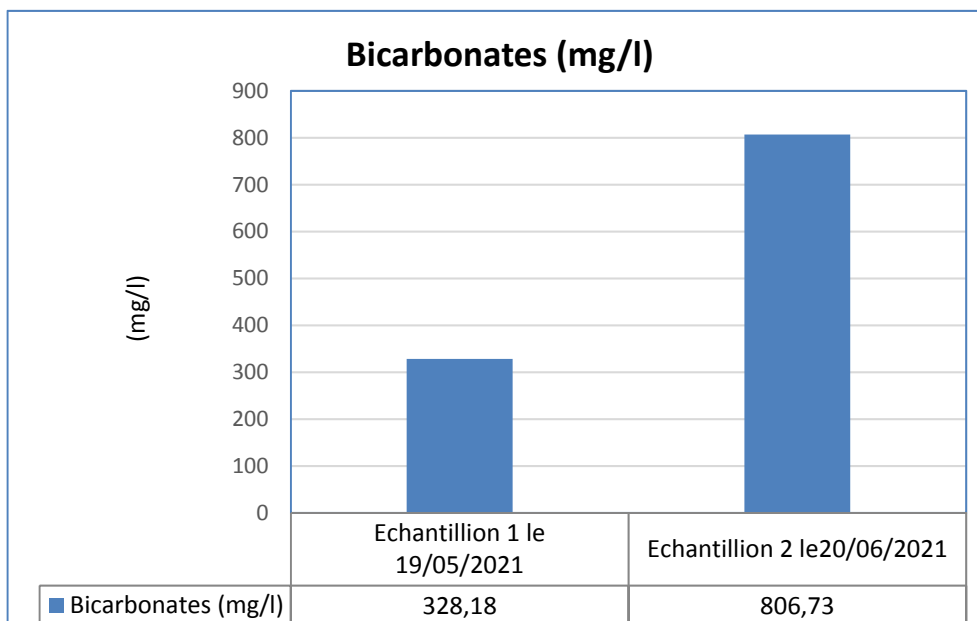


Figure 23 : Variation du Bicarbonates

IV.2.2.8- Cycle de l'azote

Dans la nature l'azote existe sous trois formes chimiques (nitrates, nitrite et l'ammonium) :

1) Nitrates (NO_3^-)

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

Les concentrations dans les deux prélèvements d'eau sont dans l'ensemble inférieures à la norme de 50 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 1994). Ils sont des très petits teneurs.

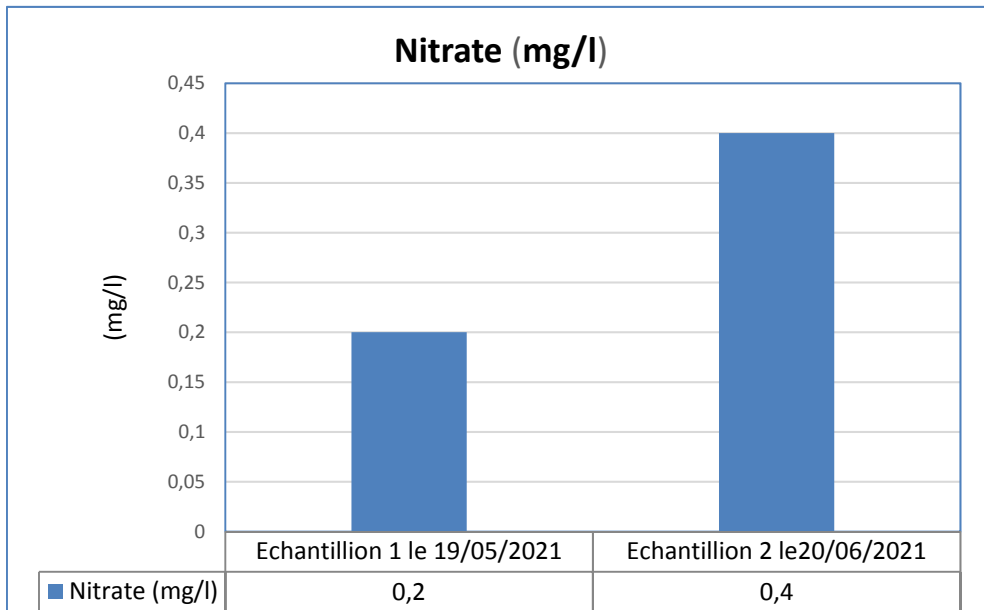


Figure 24 : Variation de Nitrates.

2) Nitrites (NO_2^-)

Considéré comme un élément toxique, le NO_2^- est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels.

Les concentrations sont inférieures à la norme Algérienne et les normes de l'OMS.

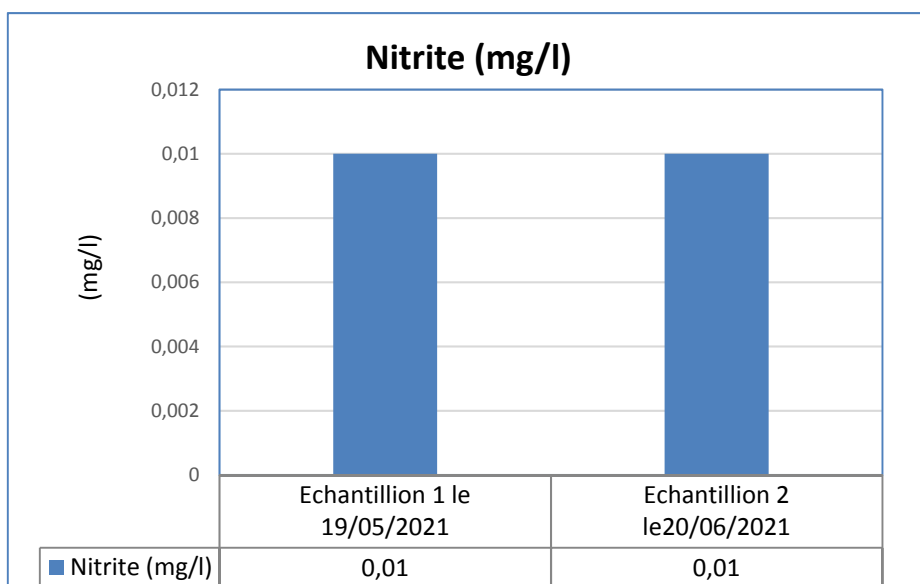


Figure 25 : Variation de Nitrite.

3) Ammonium(NH₄⁺)

Lorsque les valeurs de NH₄⁺ sont présentes dans l'eau avec des niveaux supérieurs à 0,2 mg/l, on peut soupçonner une éventuelle contamination des eaux. Donc, les eaux de la source FOES ne sont pas contaminées.

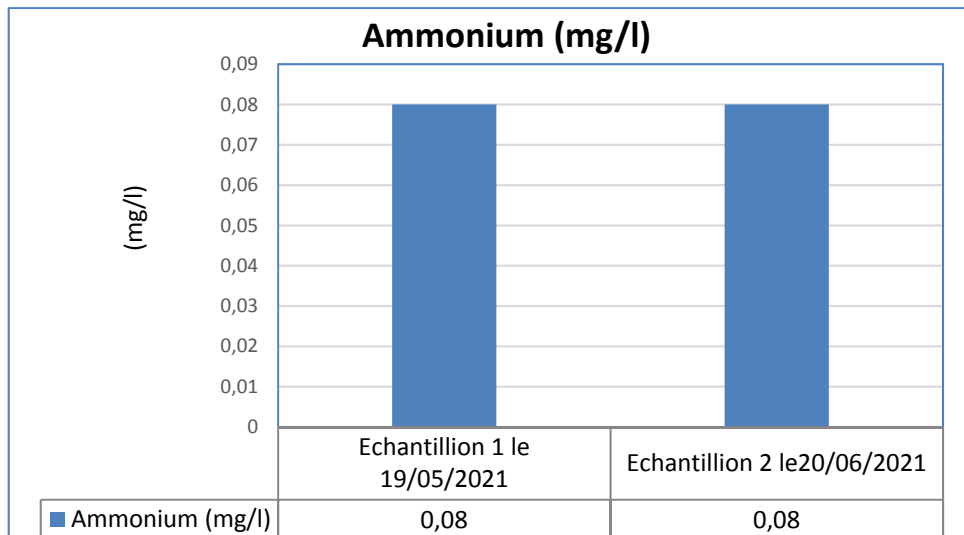


Figure 26 : Variation de l'Ammonium.

IV.2.2.9 L'ortho phosphate (PO₄⁻)

L'origine des phosphates dans les eaux et le plus souvent liée rejets urbains et la engrais chimiques (NPK). Les résultats des orthophosphates non montrent que leurs concentrations dans les eaux de sources sont inférieurs à la norme 5 mg/l destinées à la consommation humaine.

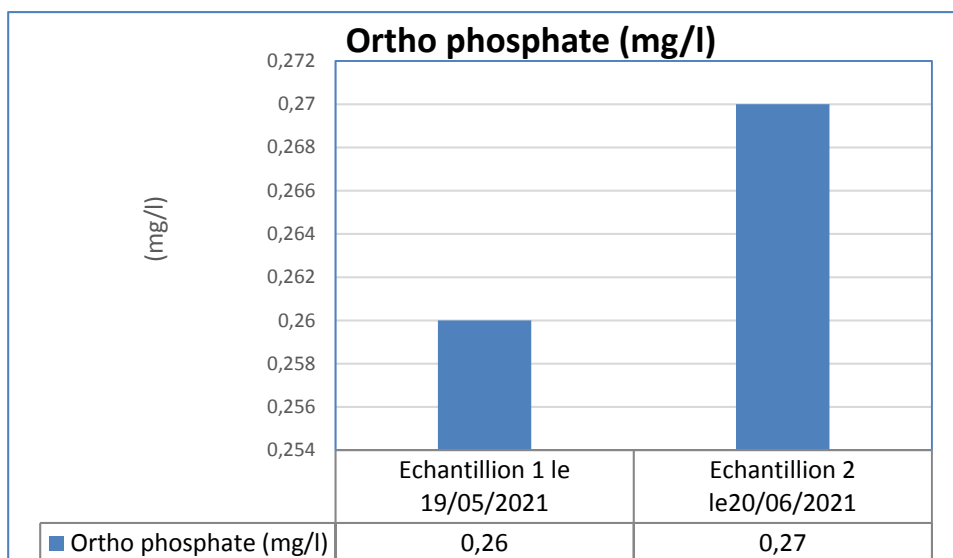


Figure 27 : Variation d'orthophosphate.

IV. 3. Résultats de l'analyse bactériologique.

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur qui sont : les Germes totaux, les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs.

Remarque : A cause d'absence des réactifs et le cas de covid-19 en a fait trois sortes d'analyses bactériologie qui est la recherche de dénombrement des coliformes totaux et fécaux (*E.coli*) et les streptocoques fécaux.

IV. 3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance (DUFFOUR, 1977).

Les résultats obtenus montrent que les concentrations des coliformes totaux mis au point zéro dans le point de prélèvement et qui dans l'ensemble sont inférieure à la valeur guide des eaux potable (10 CT/100 ml) (OMS, 1994).

	Echantillon 1 le 19/05/2021	Echantillon 2 le 20/06/2021
CT (Germe/100ml)	1	1

IV. 3.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.

Les résultats des analyses montrent que le nombre de coliformes fécaux dans les eaux analysées pas la norme de l’OMS (0 CF/100 ml). En remarque qu’il y a une absence totale, ce qui montre que l’eau de cette source exempte de tout sorte de contamination fécale qui endommagé la santé.

	Echantillon 1 le 19/05/2021	Echantillon 2 le 20/06/2021
Coliformes fécaux	abs	abs

IV. 3.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

La détection d’entérocoques dans une nappe d’eau souterraine doit faire penser à une contamination d’origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (CHEVALIER, 2002 et LADJEL, 2009). Selon (FIGARELLA et LEYRAL 2002) ; (RODIER et *al*, 2005), la présence des streptocoques fécaux doit s’accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d’une contamination fécale d’une eau d’alimentation. (in AYAD, 2017).

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d’eaux de la source FOESmontent un taux inférieur à 1 qui ne dépasse pas les normes locales (JORA, 2011), ils sont alors des eaux de bonne qualité bactériologique.

	Echantillon 1 le 19/05/2021	Echantillon 2 le 20/06/2021
Streptocoques fécaux	abs	abs

VI .4. Analyse en composante principale.

Initialement, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique qui permet de réduire la dimension d'une matrice de données. En effet, elle transforme un premier jeu de données en un second jeu de plus petite dimension composé de nouvelles variables qui sont des combinaisons linéaires des variables originelles. L'ACP a été utilisée dans un premier temps de manière graphique pour synthétiser l'information des jeux de données de grandes dimensions. Le but de l'analyse en composantes principales est d'identifier les relations linéaires existantes parmi les différentes variables du système, en utilisant les données d'entrée et de sortie du système. La première étape de cette méthode est la construction d'une matrice contenant l'ensemble des données disponibles sans effectuer une distinction entre les entrées et les sorties du système (THARRAULT, 2009 in AMIRI, 2012).

VI .4.1. Matrice de corrélation

Le premier résultat intéressant à analyser est la matrice des corrélations, elle est par hypothèse symétrique par rapport à la diagonal, elle donne une première idée des associations entre les différentes variables qui sont comprise dans l'intervalle [-1, 1]. Il convient d'affirmer qu'une valeur positive indique une relation fonctionnelle croissante entre deux variables et inversement lorsque cette valeur est négative. Les matrices de corrélation indiquées dans le tableau 07.

On remarque d'une part, qu'il y a une corrélation (positive et négative) entre certain paramètres physico-chimiques par exemple il y a une corrélation positive entre le pH et la température, NO_2 et PO_4 et une corrélation négative entre la température et la turbidité, conductivité et le calcium, d'autre part il n'est pas de corrélation exemple le pH et le NO_3^- .

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau 07 : Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques.

	T (°C)	pH	Conductivité	Turbidité	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄	NH ₄	Ca	Mg	Cl	SO ₄	Na ²⁺	K	HCO	RS
T (°C)	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
pH	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
Conductivité	-1	-1	1	1	-1	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Turbidité	-1	-1	1	1	-1	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
NO ₂ ⁻	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
NH ₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	-1	-1	1	1	-1	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Mg	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
Cl	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
SO ₄	-1	-1	1	1	-1	0	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Na ²⁺	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
K	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
HCO	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1
RS	1	1	-1	-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans cette étude nous avons essayé d'étudier les différentes analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau afin de comprendre comment évaluer la qualité de l'eau et déterminer l'origine de la pollution chimique ou biologique.

Plusieurs analyses physico-chimiques et microbiologiques sont à effectuer pour appréhender l'origine de la pollution de l'eau et d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

Au cours de notre étude, bien que courte et non détaillée, nous avons pu déduire que les eaux du Source FOES ne sont pas polluées.

Du point de vue physico-chimique, tous les taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié sont conformes aux normes Algérienne (2011) et les normes de l'OMS). Dans la majorité des cas elles répondent aux normes de potabilité alors que Just pour les Bicarbonates les concentrations sont plus élevées durant les mois de prélèvements (mai et juin), ceci peut être lié à l'effet de l'évaporation.

Du point de vue microbiologique, les résultats que nous avons obtenus dans le point d'eau traité à travers les dénombrements réalisés le long de nos campagnes de prélèvements nous exposent qu'aucune contamination bactérienne existe dans l'eau. Tous Les résultats ne dépasse pas les normes locales (JORA, 2011) et les normes décrites par l'OMS pour l'eau utilisée en consommation rendant celle-ci propre à la consommation humaine. La potabilité de ces eaux du au :

- ✓ La bonne protection des sources.
- ✓ L'application des mesures d'hygiène élémentaires.

RESUME

Résumé

L'eau est un élément essentiel à la vie. La pollution de l'eau est toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants. Plusieurs maladies sont liées à la pollution et la contamination de l'eau, ce sont les maladies à transmission hydriques. Pour évaluer la qualité de l'eau plusieurs analyses sont à effectuer. Les analyses physico-chimiques de l'eau informent sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres physiques et chimiques tels que la turbidité, transparence, température, conductivité et salinité, pH, sels minéraux, oxygène dissous et nutriments (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate). Les analyses microbiologiques de l'eau permettent de fournir des informations sur la qualité sanitaire de l'eau c'est à dire l'absence du risque d'ingestion des micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud. Ces micro-organismes pathogènes incluent notamment les virus, les bactéries et les protozoaires. L'étude et l'identification de ces germes sont réalisées par des méthodes traditionnelles quantitatives et qualitatives en plus des techniques moléculaires. Ces dernières permettent d'assurer une surveillance plus complète et plus réactive de la qualité microbiologique de l'eau.

Les mots clés : eau, Boumerdes, l'analyse physico-chimique, l'analyse microbiologique, qualité de l'eau.

Abstract

Water is essential for life. Water pollution is any chemical, physical or biological change in the quality of water that has a harmful effect on living organisms. Several diseases are linked to pollution and contamination of water; these are waterborne diseases. To assess the quality of the water, several analyzes must be carried out. The physico-chemical analyzes of water provide information on the location and evaluation of a pollution level, depending on a set of physical and chemical parameters such as turbidity, transparency, temperature, conductivity and salinity, pH, mineral salts, dissolved oxygen and nutrients (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silica). The microbiological analyzes of the water make it possible to provide information on the sanitary quality of the water, i.e. the absence of the risk of ingestion of microorganisms that cause disease, generally coming from contamination by faeces of humans or other warm-blooded animals. These pathogenic microorganisms include in particular viruses, bacteria and protozoa. The study and identification of these germs are carried out by traditional quantitative and qualitative methods in addition to molecular techniques. These allow a more complete and more responsive monitoring of the microbiological quality of the water.

Key word: Water, Boumerdes, The physico-chemical analyzes, The microbiological analyze, The quality of the water.

الملخص

الماء عنصر ضروري للحياة. تلوث المياه هو أي تغير كيميائي أو فيزيائي أو بيولوجي في نوعية المياه له تأثير ضار على الكائنات الحية. ترتبط عدة أمراض بتلوث المياه، وهي أمراض تنقلها المياه. لتقييم جودة المياه، يجب إجراء العديد من التحليلات. توفر التحليلات الفيزيائية والكيميائية للمياه معلومات عن موقع ومستوى التلوث، بناءً على مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية مثل التعكر والشفافية ودرجة الحرارة والناقلية والملوحة ودرجة الحموضة، والأملاح المعدنية والأكسجين المذاب والعناصر الغذائية) النتريت والنترات والأمونيوم والفوسفات والسليكا (. تسمح التحليلات الميكروبيولوجية للمياه بتوفير معلومات عن الجودة الصحية للمياه، أي عدم وجود خطر ابتلاع الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب الأمراض، والتي تأتي عموماً من التلوث الناتج عن براز البشر أو الحيوانات ذوات الدم الحار. وتشمل هذه الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض على وجه الخصوص الفيروسات والبكتيريا والأوليات. تتم دراسة هذه الجراثيم والتعرف عليها بالطرق التقليدية الكمية والنوعية بالإضافة إلى التقنيات الجزيئية. هذه الأخيرة تسمح بمراقبة أكثر اكتمالاً وأكثر فاعلية للجودة الميكروبيولوجية للمياه

الكلمات المفتاحية: الماء، بومرداس، التحليل الفيزيائي والكيميائي، التحليل الميكروبيولوجي، جودة المياه.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A

ABH., (2010). Guide de l'Algérie, agence de bassin hydrographique Algéroï-Hodna-Soummam.26p.

AMEL N., (2009). Elaboration d'une membrane de filtration d'eau à base de polyéthylène basse densité et de gypse de Bouzgaïa, in Département de génie des procédés, thèse de magister, Université Hassiba Benbouali de CHLEF : Chlef, Algérie.

AMINOT A et CHAUSSEPIED M., (1983). Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin. 993 p.

AMIRI K., (2012). Evaluation du fonctionnement de trois stations d'épuration à boues activées de la wilaya de Boumerdes dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau. Thèse de magister 154p, ENSA, El-Harrach, Alger.

ANAT, (2001). ETUDE prospective d'aménagement et de développement de la willaya de Boumerdes, **Phase1.,** Elément de diagnostic et perspectives de développement, 120p.

AOUISSI A., (2010). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), faculté des sciences et de l'ingénierie département de biologie, Diplôme de Magister en Hydro-écologie, UNIVERSITE du 08 Mai 1945 de GUELMA.

ARZATE A., (2008). Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire, Centre ACER : Saint-Norbert d'Arthabaska, Québec.

ATTOU F., (2014). Dynamique et Eco-biologie d'Alburnusalburnus (poisson Cyprinidae) dans le lac de barrage de Keddara (W. Boumerdes). Thèse de Doctorat 200p, USTHB Algérie.

AYAD W., (2017) Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouch (Wilaya de Skikda), département de biochimie, thèse de Doctorat 3^{ème} cycle LMD En microbiologie, université Badji Mokhtar - Annaba.

B

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

BENMOUSSA H., (2018). Polycopie Chimie des eaux. Université des Sciences et de la

Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf Faculté de Chimie Département de Génie Chimique.
P5.

BLIEFERT C et PERRAUD R., (2001)., Chimie De L'environnement : Air, Eau, Sol, Déchet. De Boeck. 477 p.

BOSCA C., (2002). Groundwater law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, PP: 13-17.

BOUCHAIR C et BENALIA H., (2015). Etude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau du Lac Tonga (Parc National D'El-Kala, Nord-Est Algérien). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 64 p.

BOUZIANI M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn Khaldoun, 247p.

BOUZIANI M., (2002). L'eau dans tous ses états, Edition Dar et Gharb, Oran.

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

BOUHAMADOUCHE M., (1993). « Sédimentologie du plateau continental Est-Algérois (Boumerdes-Boudouaou El Bahri) » ; mémoire de magistère ; USTHB ; Alger, 142p

BOTTA A et BELLON L., (2004). Pollution chimique de l'eau et santé humaine, laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale, commission européenne, université Euro-méditerranéenne TETHYS, p 06.

C

CASTANY G et MARGOT T., (1977). Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. 249 p.

CLIFFORD D.A., (1999). in Water Quality and Treatment. American Water Works Association: Houston, Texas. p.1248.

D

DAINES CATHERINE B.B., (2012). Élimination de la matière organique dans les concentrats membranaires. Chemin de la Digue – BP 76 78603 MAISONS-LAFFITTE Cedex France.

DEVILLERSI et SQUILBIN M., (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, p 16.

DETAY M., (1993). Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. Masson. 379p.

DHW BOUMERDES., (2010). Direction d'hydraulique de la wilaya, potentiel hydrique global de la wilaya de Boumerdes, Document interne non publié.

DUFFOUR A P., (1977). *E.coli*: The Faecal Coliform. 4 8–58. In Hoadely A.W. and B.J.Dukta (eds)

F

FERDES H ET MERCHELA W., (2012). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Garaet Guellif d'Oum El Bouaghi. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 50 p.

FIGARELLA J., LEYRAL G., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques.

Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

G

GERARD G., (1999). L'eau : Usages et polluants, Editions INRA, Paris, 210 P.

GREGORIO C et PIERRE-MARIE B., (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés, Presses université. Franche-Comté, 356 p.

GROSCLAUDE G., (1999). L'eau : Tome 2 : Usages et polluants. : Quae.

GUIRAUD J., (1998). Microbiologie alimentaire, Paris, Dunod, 651p.

H

HADE A., (2007). Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque national du Québec, Canada, 27 p.

HADJI F et BOUCCEREDJ. I., (2020). Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau, thèse de magister, Université 8 Mai 1945 Guelma Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers, p 30.

HENRI L., (2012). L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.

HUBERT P et MARIN M., (2001). « Quelle eau boirons-nous demain ? », Edition : Fabienne Travers. P 64.

I

ISO., (1994). Qualité de l'eau, Dosage des nitrites, Méthode par spectrométrie d'absorption

moléculaire, NA 1657, ISO 6777, Ed. INAPI, Edition et diffusion, Alger, 4 p.

ISO., (1984). Qualité de l'eau, Dosage de la somme du calcium et du magnésium, NA 752,

J

JOHN P et DONALD A., (2010). Microbiologie, 3ème Édition, 1216 p.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA)., (2011). Décret exécutif n° 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25.

K

KADIK B., (1987). Contribution à l'étude de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Algérie, dendrométrie, morphologie, office de publication universitaire, Alger. 580p.

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

KATTAB A., 1992. « Traitement des eaux : Les eau potables », Edition : Office desPublication Universitaires. Alger.

KASSIM COULIBALY., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, thèse de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat). Université de BAMAKO : Mali

KHETTAF S., (2018). Evaluation physico-chimique de l'eau d'un barrage et proposition d'un traitement adapté pour une eau de haute qualité, thèse doctorat, Université El-Hadj Lakhdar - BATNA 1 Faculté des Sciences de la Matière.

KIRKPATRICK K et FLEMING E., (2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p.

L

LACOSTE A. & SALANON R., (2001). Elément biogéographie et d'écologie : Une compréhension de la biosphère par l'analyse de composants majeures de l'écosystème. Paris. Mosson. 210p.

LADJEL S., (2009). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de

l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.

LAFERRIERE M, Nadeau A et Malenfant G., (1995). La contamination par les nitrates : Prévention des risques à la santé, P38.

LEBRES E., (2006). Cours D'hygiène Et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). Institut Pasteur d'Algérie, 60p.

LANTERI Y., (2009). Transport à travers des membranes de nanofiltration: Caractérisation des propriétés électriques et diélectriques, UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE: France.

LUNA B et KENNETH S., (1972). « L'eau », Edition : Time-Life, P 9.

M

MERZOUG E., (2009). Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Ben Azzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. 113 p.

O

OMS., (2005). Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie 2005-2015, Journal mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, 34p.

R

RAMANDE F., (1998). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'eau, Edition science international, Paris, P487

RAMADE F., (1982). Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2ième édition. Masson. Paris. 422 p.

RAMADE F., (2003). Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. 3^{ème} Ed. Masson. Paris. 690 p.

RAISSI O., (2005). Lutte contrôle les maladies à transmission hydrique, Ecole nationale supérieure d'Hydraulique (ENSH), Blida, Algérie.

REJESK F., (2002). Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren. Paris. 360p.

ROUX. D., (1987). Office International de L'eau : L'analyse biologique de l'eau. TEC et DOC. Paris. 229 p

RODIER. J., (1996). Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8ème édition, Paris, Dunod, 1130 p.

RODIER J, BAZIN C, BROUTIN J. P, CHAMBON P, CHAMPSAUR H et RODI L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

RODIER J., (2009). L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579 p.

T

THARRAULT Y., (2009) . Diagnostic de fonctionnement par analyse en composantes principales : Application à une station de traitement des eaux usées, Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), France, 170p.

V

VAN GESTEL T et al., (2002). Alumina and titania multilayer membranes for nanofiltration: preparation, characterization and chemical stability. Journal of Membrane Science, 207(1): p. 73-89.

W

WACKERMANN et G&ROUGIER H., (2010). L'eau ressources et usage, Edition Ellipses, paris, 266P.

Z

ZEDDOURI A., (2003). Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro-chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 107 p.

ZOUAG BILAL et BELHADJ YASSINE., (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta « Tlemcen ». Thèse doctorat en pharmacie.

ANNEXE

Annexe

Tableau 08 : Résultats des analyses physico-chimiques.

N° Prélèvement	1	2
Date	19 /05/2021	20 /06/2021
Heure	10 :00	11 :20
Température (C°)	19	22
pH (Unité pH)	7,34	7,41
Conductivité (µs/cm)	0,6	0,5
Turbidité (NTU)	631	627
Nitrate (mg/l)	0,2	0,4
Nitrite (mg/l)	0,01	0,01
Ortho phosphate (mg/l)	0,26	0,27
Ammonium (mg/l)	0,08	0,08
Calcium (mg/l)	122,07	118,04
Magnésium (mg/l)	18 ,64	37,82
Chlorure (mg/l)	81,55	92,19
Sulfate (mg/l)	170	104
Le Sodium (mg/l)	96,6	106,2
Le Potassium (mg/l)	5,1	5,7
Bicarbonates (mg/l)	328,18	806,73
RS	810	900

Tableau 09 : Résultats des analyses bactériologiques.

	Date	CT (Germe/100ml)	CF (Germe/100ml)	SF (Germe/100ml)
1	19 /05/2021	1	Abs	Abs
2	20 /06/2021	1	Abs	Abs

Annexe

**Tableau 10 : Norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation
[Journal officiel n° 18 du 23 Mars 2011].**

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur indicative
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µs/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	mg/l	5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfito-réductrices	n/20ml	0

Tableau 11 : Les normes de l'OMS.

Paramètres	unités	Normes OMS
T	°C	25
pH	-	6,5 à 8,5
CE	µs/cm	1500
Ca ⁺⁺	mg/l	200
Mg ⁺⁺	mg/l	150
Na ⁺	mg/l	200
K ⁺	mg/l	12
Cl ⁻	mg/l	≤ 250
NO ₃ ⁻	mg/l	≤ 50
NO ₂ ⁻	mg/l	≤ 0,1
NH ₄ ⁺	mg/l	≤ 0,5
PO ₄ ³⁻	mg/l	≤ 0,5
DCO	mg O ₂ /l	30
O ₂ dis	mg O ₂ /l	5 ≤ O ₂ ≤ 8
Al	mg/l	0.1
Pb ⁺	mg/l	0,01
Cu ₂ ⁺	mg/l	2
Zn ₂ ⁺	mg/l	3
Dureté	mg/l	< 100

Matériels utilisés

- Flacon de 500 ml
- Fioles en verre
- Ballons de 100 ml
- Bechers de 50 ml
- Erlenmeyers
- Burette de 10 ml ou 25 ml
- Cuvette de 10 ml ou 25 ml
- Pipette de 2 ml
- Ciseaux et poires
- Plaque chauffante
- Calotte et puisette
- Eprouvette de 50 ml
- Agitateur magnétique
- Barreau magnétique
- Baguette et papier hygiénique. (KASSIM COULIBALY.,2005)

Instruments

- ❖ **Spectrophotométrie UV-Visible** :



Figure 29 : Spectrophotomètre UV-Visible.

❖ pH mètre et conductimètre :



Figure 30 : pH mètre et conductimètre à sonde.



Figure 31 : Papier pH-mètre

❖ Turbidimètre :



Figure 32 : Turbidimètre

❖ Spectrophotomètre à flamme :



Figure 33 : Spectrophotomètre à flamme.