

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie
Département :des Sciences de la Terre
et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم: علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option :Eau et environnement

Thème

Caractérisation physico-chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua (Wilaya de Skikda .NE .algérien)

Membres de Jury

Président :.....

Examineur:.....

Encadrant: M. Drouiche.A

M^{me}.Bourzama.G

Présenté par

Amrane nour el houda

Fékraoui Kaoutar

Année Universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre

(bibliothèque) :.....

Résumé

L'eau est menacée de nos jours par la pollution du fait alors d'une pareille dégradation des ressources hydriques. la connaissance de la qualité de l'eau est une condition primordiale permettant l'instauration d'un système de gestion qui contribuera à garantir l'approvisionnement en eau dans le futur. Les eaux de sources de Kanoua constituent l'une des ressources les plus précieuses en eau potable de la région. L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source dans un système cristallin granitique en référence avec des normes algériennes de qualité. Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu (eau de source souterraine) et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : La conductivité ; la température ; le pH ; les cations (calcium, magnésium, potassium et sodium) ; les anions (chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate) ; les germes pathogènes (clostridium, salmonella, coliformes fécaux et totaux).

Les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes en vigueur (normes algériennes JORA, 2011). En ce qui concerne la contamination bactérienne des eaux souterraines, on constate que les eaux de sources présentent deux catégories distinctes dont 67% des eaux analysés ont une excellente qualité (catégorie 1) et 33% présentent une contamination fécale (catégorie 2).

Mots clés : Kanoua, sources, qualité, physicochimique et microbiologie, système cristallin

Abstract

The water is threatened today by pollution since then of such degradation of water resources. Knowledge of water quality is an essential condition for the establishment of a management system that will help ensure water supply in the future. Water sources Kanoua are one of the most valuable drinking water resources in the region. The objective of this study was to evaluate the physical -chimique and bacteriological quality of spring water in a crystalline granitic system with reference to the Algerian standards of quality. This study intended to carry out physicochemical and bacteriological analyzes to characterize the environment (underground water source) and highlight the parameters that determine the water quality to know: The conductivity; temperature; pH; cations (calcium, magnesium, potassium and sodium); anions (chloride, sulfate, nitrate and bicarbonate); pathogens (Clostridium, salmonella, fecal and total coliforms). The results showed that the majority of physicochemical parameters meet the standards (Algerian standards JORA, 2011). Regarding the bacterial contamination of groundwater, it is found that the sources of water have two distinct categories including 67% of the analyzed waters have excellent quality (category 1) and 33% have fecal contamination (category 2).

Key words: Kanoua, sources, quality, physical–chimique and bacteriological, crystalline granitic system

الملخص

تعرف الثروة المائية الحالية تدهورا كبيرا من حيث النوعية لخطر التلوث الذي أصابها لذلك فمعرفة نوعية المياه المستهلكة شرط أساسي من شأنه أن يساعد على ضمان الثروة المائية في المستقبل. تعتبر الينابيع الطبيعية في قنوع واحدة من أثنى موارد مياه الشرب في المنطقة. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه الينابيع في قنوع التي تنتمي إلى مجموع الصخور البركانية من نوع الغرانيت كما تسلط هذه الدراسة الضوء على العوامل التي تحدد نوعية المياه نذكر منها: الناقلية الكهربائية، درجة الحرارة، درجة الحموضة، الكاتيونات (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم)؛ الأيونات (كلوريد، كبريتات و نترات والبيكربونات)؛ وبعض أنواع البكتيريا المسببة للأمراض، السالمونيلا ومجموع القولونيات لنقارنها بالمعايير الجزائية لجودة المياه الصالحة للشرب. فيما يتعلق بالتلوث الجرثومية للمياه الجوفية، وجدت أن مصادر المياه تقسم إلى فئتين مختلفتين 67% من المياه تم تحليلها وهي ذات نوعية ممتازة (فئة 1) و 33% من هذه المياه تعرضت لتلوث بكتيري (الفئة 2)

الكلمات المفتاحية: قنوع، ينابيع مائية، تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية، غرانيت.

Remerciements

A la fin de ce travail nous adressons nos sincères remerciements à notre bon Dieu le grand créateur qui a guidés nos pas pour arriver à ce niveau

Il est temps pour nous d'exprimer nos remerciements à tous ceux qui nous ont apporté aide et conseils durant la réalisation de ce travail en particulier :

*Monsieur **Drouiche A.M** pour nous avoir suivis et encadré efficacement, sa disponibilité de tous les jours et ses nombreux et fructueux conseils ont fortement contribués à créer l'excellence conditions de travail.*

*Nous remercions également Madame **Bourzama G** pour ces efforts considérables et ces conseils qui nous à bien orienté.*

*Nous remercions également tous les enseignants du département des sciences de la terre, et en particulier monsieur **Zahi.F, Boukaoude H, Boufetouha Y.***

*Nous tenons également à rappeler ici, l'aide que nous a opportunément apportée, monsieur **Khenouf.T***

*il nous tenons à cœur de remercier également nos collègues de notre faculté, nos remerciements vont particulièrement à la promotion **Master 2 eau et environnement 2016***

Nous remercions également les membres de jury qui ont accepté avec amabilité d'examiner et de critiquer ce travail.

Enfin, nous tenons à saluer toute personne qui de près où de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

Je dédie ce travail :

- *A ma très chère mère qui a témoigné tant de bienveillance depuis mon arrivée au monde et tant d'affectueux intérêt dans ma vie d'enfant et de jeune fille et qui m'a appris de suivre toujours le droit chemin ;*
- *A mon père qui m'a guidé si bien dans la vie et dont je suis fière ;*
- *A mes frères Oussama et Abd el samed et ma petite sœur Imane qui m'ont formé un entourage familial idéal*
- *A mon fiancé Hamza merci pour l'encouragement*
- *A mes amies : Amel, Imane, Rachida et Soltana.*
- *A tous ceux qui m'aiment et ce que j'aime*

Nour el Houda

Je dédie ce travail :

- *A ma très chère mère qui a témoigné tant de bienveillance depuis mon arrivée au monde et tant d'affectueux intérêt dans ma vie d'enfant et de jeune fille et qui m'a appris de suivre toujours le droit chemin ;*
- *A mon père qui m'a guidé si bien dans la vie et dont je suis fière ;*
- *A mes frères et mes sœurs et ces enfants : Houssam, Iyad, Ilyne qui m'ont formé un entourage familial idéal*
- *A mes amies : Ilhame, Imane, Insaf, Sonia*
- *A tous ceux qui m'aiment et ce que j'aime*

Kaoutar

Table de matière

Introduction générale	1
Chapitre I : synthèse bibliographique	
I.1. Définition de l'eau	3
I.2. Les paramètres de qualités.....	3
I.2.1. paramètres organoleptiques.....	3
I.2.1.1. Couleur.....	3
I.2.1.2. Odeur et saveur.....	3
I.2.1.3. Turbidité	4
I.2. 2.Paramètres physico-chimique en relation avec la structure naturelle des eaux.....	4
I.2.2.1. Les composés minéraux	4
I.2.2.1.1.chlorure	4
I.2.2.1. 2.sulfates	4
I.2.2.1.3.phosphate.....	5
I.2.2.1.4. sodium	5
I.2.2.1.5. potassium	5
I.2.2.1.6.calcium	5
I.2.2.1.7.magnésium	5
I.2.2.2.Paramètres physico-chimique	5
I.2.2.2.1. la température	5
I.2.2.2 .2.Potentiel d'hydrogène (pH)	6
I.2.2.2.3. la conductivité électrique.....	6
I.2.2.2.4. Titre alcalimétrique de l'eau(TA)	6
I.2.2.2.5.La dureté.....	6
I.2.3. Les paramètres concernant les substances indésirables	7
I.2.3.1. Matière organique.....	7
I.2.3. 2. l'ammonium NH ₄ , les nitrites et les nitrates	7
I.2.3. 3.Nitrite.....	7
I.2.3. 4.Nitrate	7
I.2.4. les paramètres concernant les substances toxiques	7

I.2.5.Paramètres bactériologiques.....	7
I.2.5.1.Bactéries	8
I.2.5.2.Caractéristiques morphologiques des bactéries	8
I.2.5.3. Les bactéries indicatrices d'une pollution fécale.....	9
I.2.5.3. 1. Les coliformes	9
I.2.5.3. 2. Streptocoque fécaux	10
I.2.5.3. 3. clostridium sulfitoréducteurs.....	10
I.2.5.3. 4. Salmonella	10
I.2.6. les paramètres concernant les pesticides et produits apparentés.....	10
I.3. Les sources	11
I.3.1. Définition	11
I.3.2. Classification des sources	11
I.3.2.1.En fonction de la durée d'écoulement	11
I.3.2.2. En fonction de leur position structurale	11
I.3.3.Les sources dans la wilaya de Skikda	13

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation de la région de Skikda.....	15
II.2. Situation et présentation de la zone d'étude	15
II.3. Réseau hydrographique	15
II.4.La végétation.....	16
II.5. Géologie de la zone d'étude.....	17
II.6.Climatologie	18
II.6.1.Climat de la zone d'étude	18
II.6.2.Stations de mesure.....	19
II.6.3. Facteurs climatiques	19
II.6.3.1 Précipitations.....	19
II.6.3.1.1.Précipitations moyennes mensuelles.....	20
II.6.3.1.2 Précipitations moyennes saisonnières	20

II.6.3.2. Températures	21
II.6.3.2.1 Températures moyennes mensuelles	21
II.6.4. Bilan Hydrique	22
II.6.4.1. Détermination des paramètres du bilan	22
II.6.4.1.1. Evapotranspiration	22
II.6.4.1.2. Ruissellement (R)	24
II.6.4.1.3. Infiltration (I)	24
II.6.5. Interprétation du bilan de C.W.Thornthwaite	26

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage et mesure du débit	27
III.2. Etude physico-chimique	28
III.2.1. Méthodes d'analyses	28
III.2.1.1. Caractéristiques physiques	28
III.2.1.1.1. Mesure in situ	28
III.2.1.2. Caractéristiques chimiques	29
III.2.1.2.1. Nettoyage de la verrerie	29
III.2.1.2.2. Méthode volumétrie (titrimétrie)	29
III.2.1.2.3. Méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire	30
III.2.1.2.4. Méthode photomètre de flamme	30
III.3. Analyse microbiologique	31
III.3.1. Les prélèvements	31
III.3.2. Méthode d'analyse	32
III.3.2.1. Méthode d'analyse en tubes multiples	32
III.3.2.2. Mode opératoire	32
III.3.2.2.1. Préparation des dilutions	32
III.3.2.2.2. Dénombrement	33
III.3.2.2.3. Recherche des germes pathogènes	35

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Etude des paramètres physico chimique des eaux des sources naturelles	37
---	----

IV.1.1.Paramètres physiques.....	37
IV.1.1.1.Température de l'eau.....	37
IV.1.1.2.Potentiel d'hydrogène(ph)	37
IV.1.1.3.Conductivité électrique (CE).....	38
IV.1.2.les éléments majeurs	39
IV.1.2.1.Chlorure	39
IV.1.2.2.Sulfate	39
IV.1.2.3.Les bicarbonates.....	40
IV.1.2.4.La dureté (TH).....	41
IV.1.2.5.Calcium	41
IV.1.2.6.Magnésium	42
IV.1.2.7.Sodium, Potassium (Na ⁺ , K ⁺)	42
IV.1.3.Cycle d'azote et le phosphate.....	43
IV.1.3.1.Phosphate.....	43
IV.1.3.2.Les nitrates	44
IV.1.3.3.Les nitrites ; ammonium	44
IV.1.4.les éléments mineurs	44
IV.1.4.1.Fer	44
IV.1.5.Paramètres chimique.....	45
IV.1.5.1.Détermination des principaux faciès chimique.....	45
IV.2.Etude des paramètres physico chimique des eaux des deux sources de suivie ...	46
IV.2.1.Relation pluies et débit des sources.....	46
IV.2.3.Évolution journalière des éléments chimique	46
IV.3.Etude des paramètres microbiologiques des eaux des sources naturelles	51
IV.3.1. Premier prélèvement.....	51
IV.3.2. Deuxième prélèvement.....	52
Conclusion générale	54

Références bibliographiques.

Annexes.

Figure 01 : Bactérie et sa structure générale.....	08
Figure 02 : Morphologie des organismes procaryotes.....	09
Figure 03: a : source horizontale avec deux sources de diversement ; b : source inclinée avec une source de déversement.....	12
Figure 04 : c : source de débordement en tête de nappe captive ; d : source de débordement par faille.....	12
Figure 05: e : source de trop -plein en tête de nappe captive ; f : double source de trop-plein.....	13
Figure 06 : source de déversement et nappe de trop -plein jointes.....	13
Figure 07 : situation de la wilaya de Skikda.....	15
Figure 08 : Réseau hydrographique du sous bassin versant de Cap Bougaroun....	16
Figure 09 : carte géologique du Cap Bougaroun(Extrait de la carte structurale d'après J. M. Villa (1980)).....	18
Figure 10 : situation de la station de mesure météorologique.....	19
Figure11 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station de Béni-Zid (2003-2015).....	20
Figure 12: Histogramme des précipitations moyennes saisonnières (en mm) à la station de Béni-Zid (2003-2015).....	21
Figure13 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Béni-Zid (2003-2015).....	22
Figure14 : localisation des sources.....	28
Figure15 : Multi-paramètres (WTW 305i) et pH-mètre (Mettler Toledo).....	29
Figure 16 : méthode de titrage.....	30
Figure 17 : spectrophotomètre UV1600PC.....	30
Figure 18 : Flamphotomètre (AFP 100).....	31
Figure19 : Photo représentant l'aspect du milieu PCA.....	33
Figure 20: Photos expliquant le mode opératoire de la culture sur milieu PCA...	34

Figure 21 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la température.....	37
Figure 22 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH.....	38
Figure 23 : Variation spatiale des valeurs moyennes de conductivité électrique..	38
Figure 24 : Variation spatiale des valeurs moyennes des chlorures.....	39
Figure 25 : Variation spatiale des valeurs moyennes des sulfates.....	40
Figure 26 : Variation spatiale des valeurs moyennes des bicarbonates.....	40
Figure 27 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la dureté.....	41
Figure 28 : Variation spatiale des valeurs moyennes de calcium.....	41
Figure 39 : Variation spatiale des valeurs moyennes du magnésium.....	42
Figure 30 : Variation spatiale des valeurs moyennes de potassium et de sodium.	43
Figure 31 : Variation spatiale des valeurs moyennes des phosphates.....	43
Figure32 : Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrates.....	44
Figure 33 : Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer.....	44
Figure 34 : Faciès chimiques des eaux des sources selon le diagramme de Piper.	45
Figure 35 : Evolution des débits des deux sources étudié.....	46
Figure 36 : Evolution des teneurs en éléments majeurs des eaux des deux sources étudié.....	48
Figure 37 : Evolution des teneurs en éléments majeurs des eaux des deux sources étudié.....	49
Figure 38 : Evolution des teneurs en Fer et en éléments de pollution.....	50

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les différentes sources dans la wilaya de Skikda et leurs débits respectifs.....	14
Tableau 02 : les coordonnées du barrage de Béni Zid.....	19
Tableau 03 : la précipitation moyenne mensuelle en (mm) de la station de Béni-Zid (2003-2015).....	20
Tableau 04 : Précipitations moyennes saisonnières.....	20
Tableau05 : températures moyennes mensuelles de la station deBéni-Zid (2003-2015).....	21
Tableau06 : Evapotranspiration potentielle (ETP).....	23
Tableau 07 : Résultats du ruissellement par la formule de «Tixeront Berkaloff» modifiée par Romantchouk (1974) (in Daifallah, 2008) pour la station de Béni-Zid (2003-2015).....	24
Tableau 08 : Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du bilan hydrique.....	24
Tableau 09 : Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite.	25
Tableau 10 : résultats des analyses des eaux des sources du premier prélèvement.....	51
Tableau 11 : résultats des analyses des eaux des sources du deuxième prélèvement.....	52

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

ABH : Agence des bassins hydrographique.

ADN : acide désoxyribonucléique.

A EP : alimentation en eau potable.

°C: Degré Celsius.

Ca²⁺ : Calcium.

CE : Conductivité électrique.

Cl⁻ : Chlorure.

Cm³ : Centimètre cube.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

D/C : double concentration .

Eh : Potentiel de redox.

ETP : Evapotranspiration potentielle.

ETR : Evapotranspiration réelle ETR.

°F : Degré français.

FTAM : Flore Mésophile Aérobie Totale

G : gramme

GPS : Global Positioning system

H : heure.

HCO₃⁻ : bicarbonates

I : Infiltration

ISO : International Organization for Standardization

JORA : journal office de la république algérienne.

Km : kilomètre.

M : mètre.

Mg²⁺ : magnésium.

Mg/l : milli gramme par litre

Mm/an : millimètre par année.

Mm /j : millimètre par jour.

Mm/mois : millimètre par mois.

NC : un nombre caractéristique

NH₄⁺ : ammonium.

NO₂⁻ : nitrite.

NO₃⁻ : nitrate.

NPP : nombre le plus probable.

OMS : Organisation mondiale de santé.

P : précipitations.

PH : potentiel hydrogène.

PO₄⁻ : phosphate.

Q : débit.

R : ruissellement.

RFU : réserve facilement utilisable

S1 : Siouane

S2 : Ain Taleb

S3 : Ain hakem

S4 : Ain Gharrouy

S5 : Ain Ghboula

S6 : Ain Sdimete

S7 : Ain Draa Erris

S8 : Ain Zidane

S9 : Ain Dwiwer

S/C : simple concentration.

S/l : second par litre.

S/m : second par mètre.

SO₄²⁻ : sulfate.

T° : température.

TDS : Solide dissous total.

TA : Titre alcalimétrique de l'eau.

TH : dureté total.

UFT : unité formant colonie.

UV : ultraviolet.

VF : viande de fois.

µs/cm : micro siemens par centimètre.

"L'eau est essentielle à la vie et au bien-être. C'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée "

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous. La qualité de l'eau est donc prioritairement une exigence de santé.

D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS) la qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi l'usage de cette eau. Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie. Elle peut véhiculer en particulier de nombreux micro-organismes, bactéries, virus et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent.

Issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines, les eaux dites de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine.

Au Kanoua la majorité des gens utilisent l'eau provenant des sources qui sont situées dans le domaine granitique fracturé de Cap Bougaroun.

L'objectifs de cette étude consiste à :

- ✓ Déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique actuelle des eaux des sources de Kanoua dans la wilaya de Skikda ;
- ✓ Suivre l'évolution temporelle de la chimie des eaux des sources ;
- ✓ comprendre le fonctionnement des sources dans un système fracturé.

Pour mieux comprendre l'évolution de l'écoulement des sources, sa relation avec les précipitations et surtout son degré de pollution, il est préconisé de traiter le travail en le subdivisant en quatre chapitres:

- ✓ chapitre 1 (Synthèse bibliographique) : il présente notre recherche bibliographique sur les sources, les caractéristiques (origine, norme, classification) de chaque paramètre physico-chimique et bactérie analysés ;
- ✓ chapitre 2 (Cadre général de la zone d'étude) : consacré à la présentation de la zone d'étude de point de vue géographique, hydrographique, géologique, climatologique;
- ✓ chapitre 3 (Matériel et méthodes) : montre la stratégie de prélèvement, les méthodes d'échantillonnage et de conservation des échantillons, les équipements et les méthodes scientifiques utilisées pour faire les analyses chimiques et bactériologiques ;
- ✓ chapitre 4 (Résultats et discussions) : c'est le chapitre principal du mémoire, il concerne l'étude hydrochimique des eaux des sources. Ce chapitre est basé sur :
 - La représentation graphique de l'évolution des éléments chimiques pour avoir une idée sur l'évolution spatiale des différents paramètres de la pollution ;
 - La classification des eaux des sources et leurs potabilités ;

- La qualité microbiologique des eaux des sources ;
- Le suivi de l'évolution temporelle de la chimie des sources au cours d'un épisode pluvieux.

I.1. Définition de l'eau

L'eau est parmi les matières la plus importante pour l'existence de tout être vivant notamment l'homme.

Par définition l'eau est une substance liquide, transparente, inodore et sans saveur si l'eau à l'état pur.

Du point de vue chimique l'eau est un corps de formule H_2O , sa composition à été déterminée en 1783 par Lavoisier et Meusnier.

Du point de vue physique c'est un liquide incolore, inodore, sans saveur qui se solidifier à 0 °C et bout à 100 °C. Sous la pression atmosphérique normale à partir 120 °C l'eau se dissocier en hydrogène et en oxygène.

Du point de vue biologique l'eau est un constituant essentiel des cellules vivantes : animales, végétales et micro organismes. Solvant de la plus grande partie de constitutions de la matière vivante, l'eau libre sert de milieu réactionnel pour tout le métabolisme d'où son extrême importance. **(Encyclopédie., 1998).**

I.2. Les paramètres de qualités

I.2.1. paramètres organoleptiques

Ce sont les paramètres qui concernent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, la saveur, l'odeur, la transparence. Ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire.

I.2.1.1. Couleur

La couleur de l'eau de boisson est généralement due à la présence de substances organiques colorées (principalement des acides humiques et flaviques) provenant de l'humus du sol. La couleur est fortement influencée par la présence de fer et d'autres métaux, soit sous forme d'impuretés naturelles, soit sous forme de produits de corrosion. Elle peut aussi résulter d'une contamination par des effluents industriels et être le premier signe d'une situation dangereuse

L'origine de la couleur d'une eau doit être recherchée, surtout si elle est inhabituelle. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

I.2.1.2. Odeur et saveur

A l'origine de gout et de l'odeur de l'eau on trouve des produits ou des processus naturels et biologiques (par exemple des micro-organismes aquatique), une contamination par des produits chimiques ou la présence de sous-produits du traitement de l'eau (chloration, etc.). Le gout et l'odeur peuvent aussi se développer lors du stockage et de la distribution. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

I.2.1.3. Turbidité

Ce paramètre qui mesure la transparence de l'eau est d'abord un critère esthétique qui n'a pas de signification sanitaire directe. Elle constitue néanmoins un excellent indicateur de qualité générale d'efficacité du traitement et de conservation dans le réseau de distribution. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

La turbidité de l'eau de boisson est due à la présence de particules par suite d'un traitement inadéquat ou la remise en suspension de sédiments dans le réseau de distribution. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

Dans le cas de certaines eaux souterraines, elle peut aussi être due à la présence de particules inorganiques. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

Une forte turbidité peut protéger les microorganismes des effets de la désinfection et stimuler la croissance bactérienne. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

I.2.2. Paramètres physico-chimique en relation avec la structure naturelle des eaux

Ils sont en relation avec la structure naturelle des eaux : on y retrouve les caractéristiques que l'eau brute a pu acquérir dans son parcours naturel.

Au contact prolongé avec l'encaissant, les eaux se chargent de certains éléments minéraux tels que les chlorures, les sulfates, le magnésium, le sodium, le potassium. Etc. La température, la conductivité, le pH sont également pris en compte.

I.2.2.1. Les composés minéraux

I.2.2.1.1.les chlorure

La présence de chlorures dans les eaux est due, le plus souvent, à la nature des terrains traversés. Elle peut être aussi un signe de pollution (rejet industriel ou rejet d'eaux usées). **(RODIER., 1984).**

Des concentrations élevées de chlorures confèrent un goût indésirable à l'eau. Le seuil de détection gustative de l'anion chlorure dépend du cation associé et il est de l'ordre de 200 à 500 mg/l pour les chlorures de sodium, de potassium ou de calcium. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

Les eaux chlorurées alcalines sont laxatives et peuvent poser des problèmes aux personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires et rénales. **(RODIER., 1984).**

I.2.2.1.2.les sulfates

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut lui communiquer un goût notable qui varie selon la nature du cation associé. Le seuil de détection gustative va de 250mg/l pour le sulfate d sodium à 1000 mg/l pour le sulfate de calcium. On

considère généralement des concentrations inférieures à 250 mg/l ont une incidence minimale sur le goût. (Laouf.s, Benouis.A., 2003).

Des concentrations supérieures à 250mg/l ne sont pas dangereuses mais comportent un risque de troubles diarrhéiques, notamment chez les enfants. La présence de sulfates est liée à la nature de terrain traversé. Elle peut également témoigner de rejets industriels. (RODIER., 1984).

I.2.2.1.3.les phosphates

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension à l'état minéral ou organique. (RODIER., 1984).

I.2.2.1.4.Le sodium

Il existe avec des concentrations variables dans la totalité des eaux, son absorption ne provoque pas de danger sauf pour les malades qui souffrent d'hypertension de cardiopathies artériosclérotiques. (Fettouh Fairouz ,1999).

I.2.2.1.5. Le potassium

C'est un élément à peu près constant dans l'eau, les concentrations dans l'eau de boisson dépassent rarement 7 mg/l. cet élément ne présente pas d'inconvénients pour la santé. (Brault.j, Monod .j., 1989)

I.2.2.1.6. Le calcium

Dans l'eau le calcium est le composant majeur de la dureté. Les eaux potables de bonne qualité doivent renfermer de 100 à 140 mg/l de calcium. A partir de 200 mg/l de calcium dans l'eau. On observe de nombreux inconvénients pour l'usage domestique (lavage) et pour l'alimentation des Chauffages (chaudières). (RODIER., 1984).

I.2.2.1.7.Le magnésium

L'excès du magnésium, qui est un élément nécessaire au métabolisme de l'homme, n'a pas d'effet négatif connu sur la santé aux concentrations susceptibles d'être trouvées dans l'eau de boisson. Il contribue à la salinité de l'eau, donc peut activer la corrosion et par combinaison avec les sulfates conférer un goût amer. (Laouf.s, Benouis.A., 2003).

I.2.2.2. Paramètres physico-chimiques

I.2.2.2.1. la température

À l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude, la température ne doit pas dépasser 25°C.

Une eau fraîche est généralement plus agréable au goût qu'une eau tiède. Une température élevée favorise la croissance des microorganismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur et aggraver les problèmes de corrosion. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

C'est avant tout un critère organoleptique : l'eau fraîche est plus agréable à boire. Il est vrai aussi qu'une tiède accélère les réactions chimiques et les développements microbiens susceptibles de mauvais goûts en cours de distribution, voire des risques sanitaires microbiologiques ou chimiques. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

I.2.2.2.2.Le potentiel d'hydrogène (pH)

Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elles peuvent être acides, basiques ou neutres. Le pH des eaux destinées à la consommation publique, est un paramètre très important, car il agit sur le goût et l'efficacité des procédés de traitement (chloration, coagulation,..) ainsi que sur les phénomènes de corrosion, agressivité et entartage des canalisations. **(Fettouh.F.,1999).**

Le pH idéal varie selon la composition de l'eau et la nature des matériaux de construction utilisés dans le réseau de distribution, mais il se situe entre 6,5 et 9,5. Pour que la désinfection par le chlore soit efficace, le pH doit de préférence être maintenu au-dessous de 8. **(Laoufp.s, Benouis.A., 2003).**

I.2.2.2.3. La conductivité électrique

C'est un critère d'évaluation de la salinité et de la minéralisation globale. Elle varie en fonction de la température et la concentration des substances dissoutes (sels minéraux, matières organique).

I.2.2.2.4. Titre alcalimétrique de l'eau(TA)

Le titre alcalimétrique (TA) permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et les bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale.

I.2.2.2.5.La dureté

Est la somme des concentrations en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} . Une eau dite douce lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche.

Une dureté supérieure à 50H °(F) peut provoquer l'entartrage du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écumé. **(Fettouh.F., 1999).**

I.2.3. Les paramètres concernant les substances indésirables

Certaines substances sont dites indésirables lorsqu'elles peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : gout (matières organique, phénols, fer...), odeur (matières organiques, phénols...), couleur (fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, fluor). [1]

I.2.3.1. Matières organique

La contamination des eaux par des matières organiques est mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium. Pour l'eau de boisson, la valeur idéale est de 2 mg /l.

I.2.3.2. l'ammonium NH₄, les nitrites et les nitrates

Pour l'ammonium si sa concentration est supérieure à 0,05mg/l il faut suspecter une pollution récente d'origine industrielle ou humaine. [1]

I.2.3.3.Nitrite

La présence des nitrates NO₂ dans les eaux est un signe de pollution, la concentration maximale 0,1mg /l. elle justifie une analyse chimique et bactériologique détaillée. [1]

I.2.3.4. Nitrate

Une forte teneur en nitrates NO₃ peut être d'origine naturelle mais indique parfois la présence des déchets biologique dans l'eau ou de ruissèlement riche en engrais. Le nombre guide est de 25 mg/l et la concentration maximale 50 mg/l. en trop grande quantité, les nitrates empêchent le sang de transporter l'oxygène vers les tissus humains. [1]

I.2.4. les paramètres concernant les substances toxiques

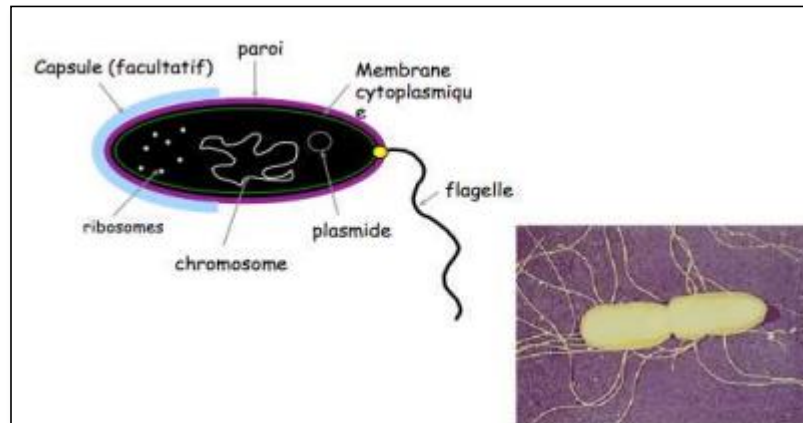
Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cyanure, cadmium...). [1]

I.2.5.les paramètres bactériologiques

Il existe un grand nombre de microorganismes pathogènes susceptibles de se retrouver dans les eaux et la majorité de ces microorganismes proviennent de déjections humaines ou animales. L'analyser d'une eau pour tous les pathogènes connus est un procédé compliqué et coûteux.

I.2.5.1. Bactéries

Une bactérie est un être simple, unicellulaire et procaryote. Elle possède de l'ADN, des ribosomes, une membrane cytoplasmique, un plasmide, de façon inconstante une capsule, un flagelle (mobilité), et une paroi qui est spécifique des bactéries. Elle conditionne leur forme ainsi la réponse au traitement antibiotique. Toutefois, il existe des bactéries dépourvues de paroi. **(Cambau, 2013)**



Figre 01 : Bactérie et sa structure générale (Cambau, 2013)

I.2.5.2. Caractéristiques morphologiques des bactéries :

a. Forme

La cellule bactérienne diffère de formes dont les plus courantes sont le coque (sphère), le bacille (bâtonnet) et la forme intermédiaire ou coccobacille. On trouve aussi le vibrion (bâtonnet incurvé « en virgule »), le spirille (bâtonnet spiralé) et des formes diverses (massues, filaments, etc.).

Il existe des espèces relativement polymorphes. Les groupements de plusieurs individus peuvent aussi caractériser une espèce : couples (diplocoques), chaîne (streptocoques ou streptobacilles), amas caractériser une espèce : couples (diplocoques), chaîne (streptocoques ou streptobacilles), amas anarchiques ou ordonnés (tétrades). **(Guiraud, 1998)**.

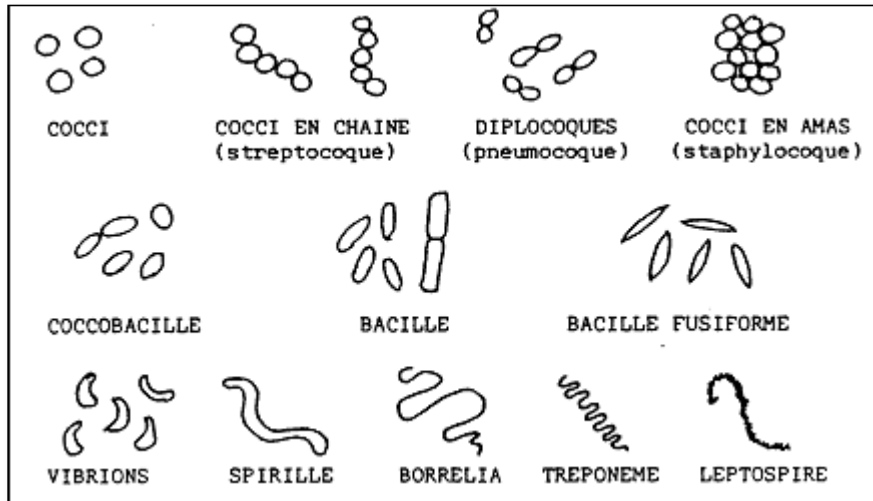


Figure 02 : Morphologie des organismes procaryotes [2]

b. Taille

Les bactéries les plus petites ont une taille d'environ 0,2 μm (Chlamydia) et les plus longues certains Spirochètes peuvent atteindre 250 μm de long. En moyenne la taille se situe entre 1 et 10 μm .

I.2.5.3. Les bactéries indicatrices d'une pollution fécale

Les flores indicatrices de contamination fécale sont présentées par les microorganismes vivant normalement dans l'intestin de l'homme et des animaux, subdivisées en trois groupes :

- ✓ Les coliformes et coliformes thermotolérants, en particulier *E. coli*, ainsi que les entérobactéries dans leurs ensembles ;
- ✓ Les streptocoques fécaux ;
- ✓ Les *Clostridium* sulfitoréducteurs

I.2.5.3.1 .Les coliformes

Sous les termes coliformes sont regroupées certaines espèces bactériennes appartenant à la famille des enterobacteriaceae.

Selon l'organisation internationale de standardisation (ISO) se sont des : bacilles à gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possèdent des activités inhibitrices des croissances similaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhydes en 48 heures (Franck, 2002).

On distingue dans l'analyse des eaux deux groupes au plan nosologique (Ramade, 1998).

a. les coliformes fécaux

Les coliformes thermotolérants sont un sous-groupe des coliformes et sont capables de survivre et de croître à 44°C. La détection d'un seul coliforme fécal/100 ml entraîne un avis immédiat de faire bouillir l'eau. En période estivale, en particulier lorsque la température de l'eau dépasse 15°C, des proliférations de bactéries sont parfois observées de manière récurrente dans certains réseaux de distribution (Chevalier, 2003).

b. les coliformes totaux

Rencontrés les eaux naturelles et de sols incultes, ces espèces nouvellement mise en évidence, sont largement répandues dans les eaux de distribution et peuvent donc être confondues avec les coliformes fécaux, leur température optimale de croissance se situant entre 30°C. Elles sont incapables de se multiplier à haute température (supérieure à 42°C) mais capable de se multiplier à 4°C. (Franck, 2002).

I.2.5.3.2. Streptocoque fécaux

Bactéries de gram positive, sphériques à ovoïdes, formant des chaînettes. Sporulées, catalase négative, cultivant en anaérobiose à 44°C et capable d'hydrolyser l'éculline en présence de 40% de bile. (Franck, 2002).

Parmi les streptocoques, seules les espèces de streptocoques des groupes D constituent des indicateurs témoins de contamination fécale dans les eaux.

I.2.5.3.3. clostridium sulfitoréducteurs

Les clostridium sulfitoréducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants (Larpen, 1988). Elles se développent en conditions anaérobies forment des colonies dénombrables typiques dans un milieu au sulfite de fer (Dromgny, 2012).

I.2.5.3.4. Salmonella

Les salmonelles (genre Salmonella) sont des bactéries de la famille des Enterobacteriaceae, parasites du tube digestif de l'homme et des animaux. Ce sont des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs. (Robinson et al;2000).

I.2.6. les paramètres concernant les pesticides et produits apparentés

Souvent due à une utilisation de produits destinés à la lutte contre les parasites, les insectes ou comme herbicides. La présence de pesticides et des produits apparentés dans l'eau est limitée à des doses infimes à titre préventif pour la santé.

I.3. Les sources

I.3.1. Définition

Une source est un endroit où l'eau souterraine émerge naturellement des roches ou du sol pour former un écoulement superficiel. La vidange se produit dans une mare, une rivière, un lac ou la mer. Le débit des sources dans les régions humides fluctue généralement avec le taux de précipitation durant l'année (IAEA, 2008). Elle est aussi définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui donne naissance (Gommella et al., 1974).

I.3.2. Classification des sources

On rencontre une source ou une émergence lorsque, à l'affleurement du niveau aquifère, le niveau piézométrique est égal à la cote du sol.

Si la sortie de l'eau est contractée, il s'agit d'une source ; le point de la sortie d'eau est appelé griffon de source. Si la sortie d'eau se fait sur une grande étendue, qu'il y a un suintement diffus, est une émergence. Les sources peuvent se classer selon leur position structurale et leur durée d'écoulement :

I.8.2.1. En fonction de la durée d'écoulement

En fonction de la durée d'écoulement trois catégories des sources peuvent être distinguées :

- ✓ les sources pérennes : avec un écoulement permanent.
- ✓ Les sources périodiques : avec des taux d'écoulement évoluant périodiquement. Elles doivent être distinguées des geysers dans les éruptions provoqués par l'extension périodique de la vapeur.
- ✓ Les sources intermittentes : avec un écoulement qui s'interrompt à certain moment de l'année par exemple : pendant la saison sèche. (IAEA, 2008).

I.8.2.2. En fonction de leur position structurale

1. Sources d'émergence

Elles se définissent comme (des sources à l'intersection de la surface piézométrique d'un aquifère libre est de topographique et dont le substratum de l'aquifère n'affleure pas) (Vilagines, 2010). Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (Gommelle et Guerre, 1980).

2. Sources de déversement

La totalité des filets liquides se meut en amont de la source, au-dessus du niveau de celle-ci.

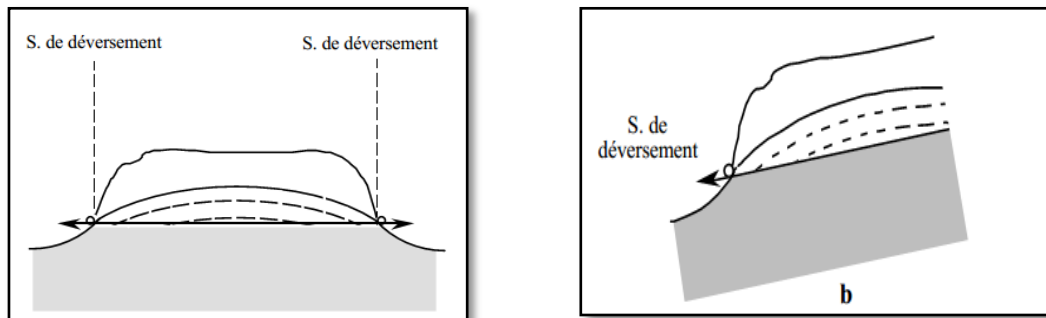


Figure 03: a : Source horizontale avec deux sources de déversement ; b : Source inclinée avec une source de déversement

3. Sources de débordement

Une partie au moins des filets liquides se meut en amont de la source, au dessous du niveau de celle-ci et l'eau se déplace dans le sens du pendage du terrain.

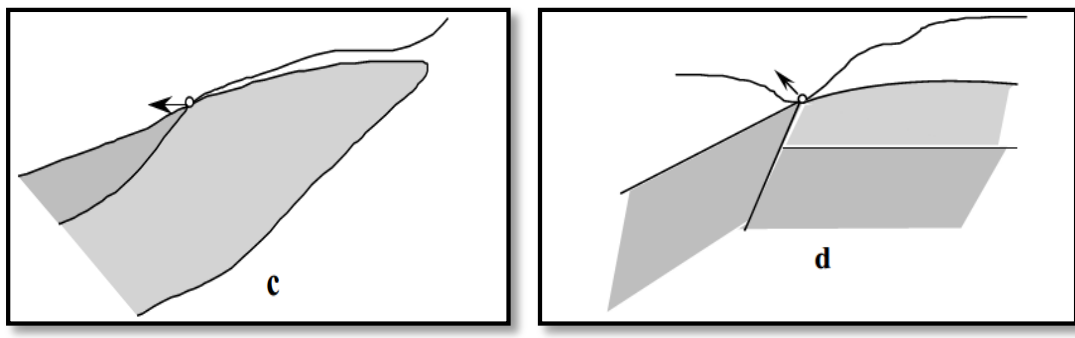


Figure 04: c : Source de débordement en tête de nappe captive ; d : Source de débordement par faille.

4. Sources de trop plein

Même définition que la source de débordement, mais l'eau circule à contre-pend

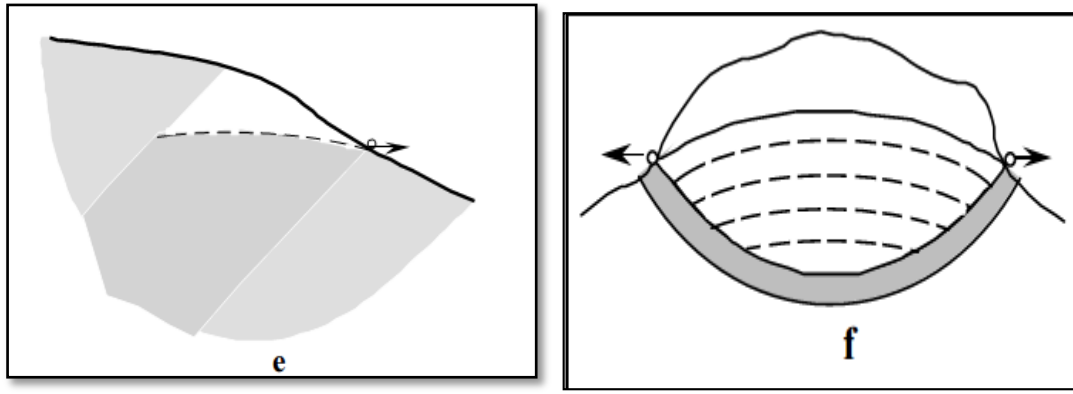


Figure 05: e : Source de trop -plein en tête de nappe captive ; f : double source de trop-plein

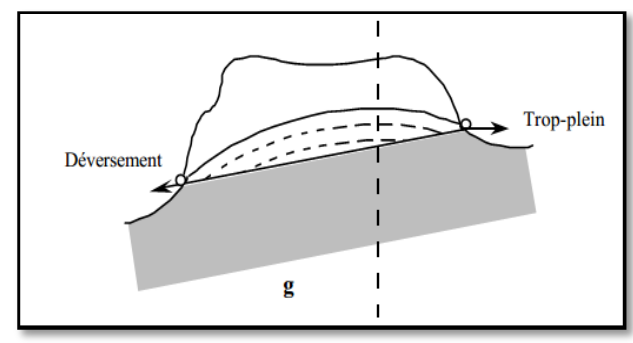


Figure 06 : Source de déversement et Source de trop -plein jointes

I.8.3. Les sources dans la wilaya de Skikda

La situation de l'approvisionnement en eau potable dans la wilaya de Skikda est moyennement bonne, le volume mobilisé en Mm^3/an dans la totalité de la wilaya est de $59Mm^3/an$ (décembre 2005) et celui distribué est de l'ordre de $14 Mm^3/an$ reparté sur chaque Daïras selon leurs besoins avec une dotation théorique variable de 150 à 180 l/j/hab. fixée par le Ministère de l'équipement.

Les sources sont au nombre de (53) dont la plus parts est captée, assurant l'alimentation en eau potable des même communes ou elles se trouvent avec des débits qui dépassent parfois 10 l/s, le débit total capté dans toute la wilaya est de 193.6 l/s.

Le plus grand nombre de source se trouve dans la Daïra de Ouled Attia (13) dont le débit total capté est de 52.2 l/s, suivi de Ain Kechara, El Harrouch, Zitouna, Sidi Mezghich avec 8, 7, 7, 6 sources captant un débit total de 103 l/s. **(ABH de Constantine., 2005).**

Daira	Nombre	Débit (l/s)	Destination	Observation
Skikda	3	2.6	AEP	-
El Hadaik	3	1.5	AEP	-
R Djamel	1	3	AEP	-
El Harrouch	7	14	AEP	captées
S Mezghich	6	13	AEP	-
Tamalous	-	-	AEP	-
Ain Kechera	8	6	AEP	captées
Oum Toub	1	0.3	AEP	captées
Collo	2	6	AEP	-
Zitouna	7	70	AEP	-
Ouled attia	13	52.2	AEP	captées
Azzaba	2	25	AEP	captées
Ben azzouz	-	-	AEP	-
Total wilaya	53	193.6		

Tableau 01: Les différentes sources dans la wilaya de Skikda et leurs débits respectifs (ABH de Constantine 2005)

II.1. Situation de la région de Skikda

La wilaya de Skikda est située au Nord Est de l'Algérie ses principales limites sont:

- ✓ Au Nord la mer méditerranée ;
- ✓ Au Sud la wilaya de Constantine et de Guelma ;
- ✓ A l'Est la wilaya d'Annaba ;
- ✓ A l'Ouest la wilaya de Jijel et Mila.

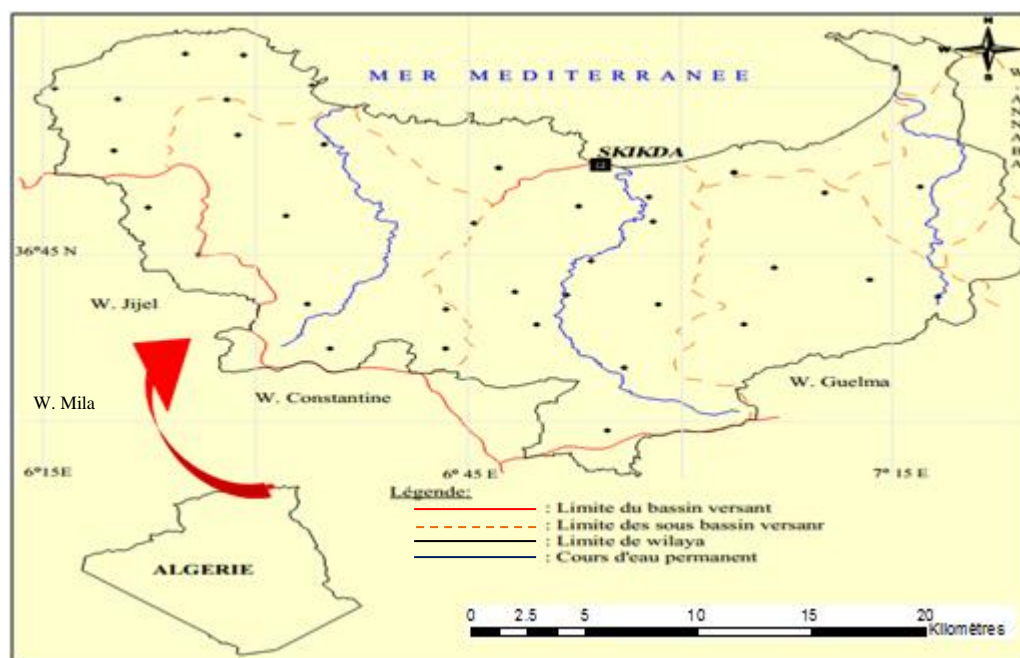


Figure 07 : situation de la wilaya de Skikda

II.2. Situation et présentation de la zone d'étude

Kanoua est une ville algérienne de 731m d'altitude, qui se trouve dans le Daïra de Zitouna et la wilaya de Skikda. Elle est située à 8 Km au nord-est d'Ouled Attia la plus grande ville des environs. Ses coordonnées géographiques sont 37°3'0" N et 6°24'0" E.

II.3. Réseau hydrographique

Le secteur d'étude fait partie d'une unité hydrologique qui appartient au sous bassin versant de cap Bougaroun qui situe au Nord- Ouest de la Wilaya de Skikda (appartient au bassin côtier constantinois centre) (figure 08). Le sous bassin de Cap Bougaroun ne présente pas un oued principal et des affluents, mais il est drainé par plusieurs oueds (Oued Attia, Oued Damous, Oued Zhor, Oued Kebi, Oued Tamanart Oued Hadaich). Il couvre une superficie de 484.2 Km² et un périmètre de 141.6 Km ; Il est limité :

- ✓ Au Nord, l'est et l'ouest ; par la mer Méditerranée ;

✓ Au Sud et Sud- Ouest par le sous bassin versant de Oued Guebli.

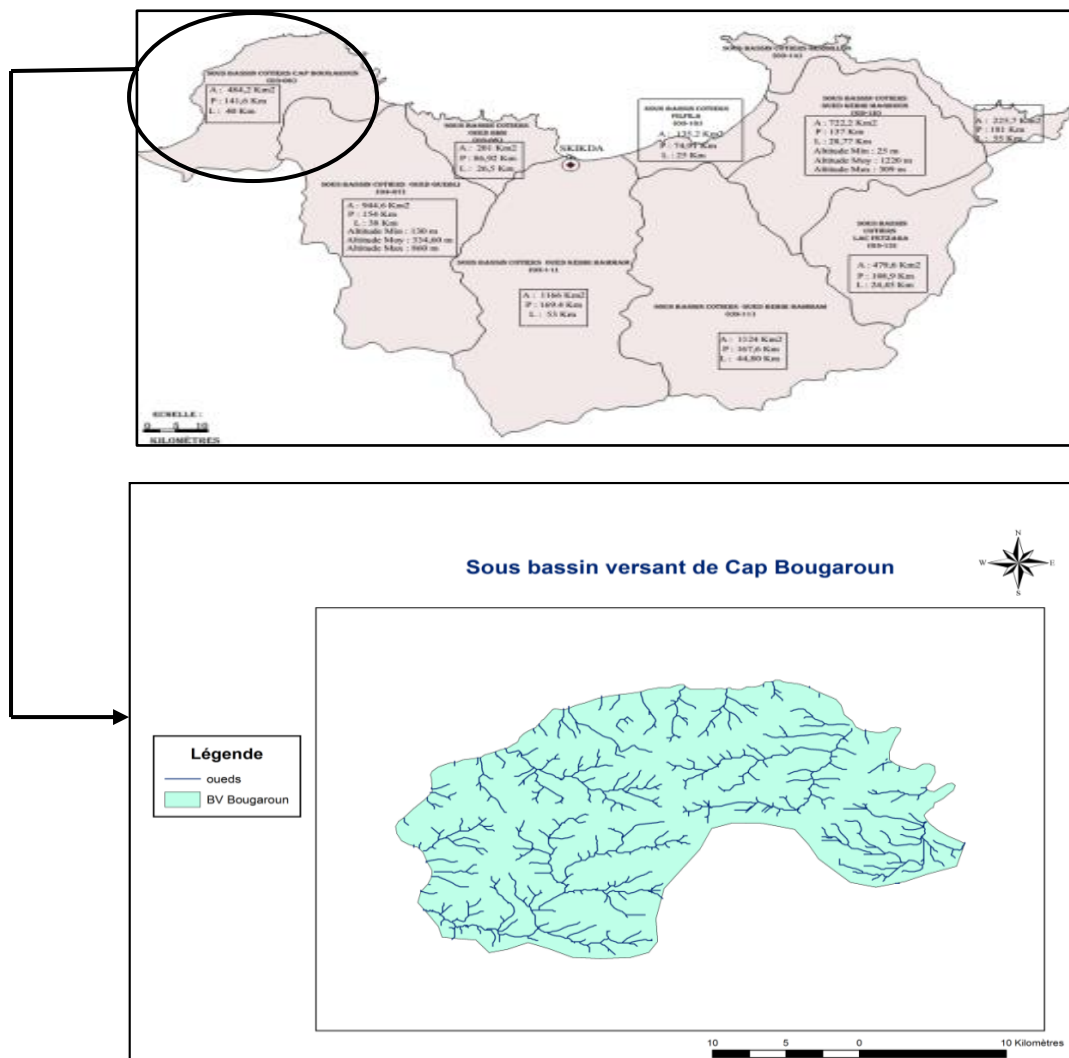


Figure 08 : Réseau hydrographique du sous bassin versant de Cap Bougaroun

II.4.La végétation

La région est caractérisée par une couverture végétale dense en rapport avec l'importante lame d'eau reçue annuellement (1200 mm/ an). Les forêts occupent la totalité des montagnes. Elles comptent environ 90.000 ha, ce qui correspond au taux de couverture le plus fort du Maghreb. Ces forêts constituent la source de matière première pour l'industrie du liège installée dans la région de Collo.

En générale, la région est à vocation agricole et forestière marquée par différentes cultures qui peuvent s'étaler des maraîchers aux différents arbres fruitiers (oliviers, pommiers, agrumes...)

II.5. Géologie de la zone d'étude

L'intrusion du Cap Bougaroun et son contexte géologique ont été étudiés dans le passé, principalement par **(Bouillin., 1977)**. De forme grossièrement ovoïde, ce massif granitique dont la superficie avoisine les 20 km² est allongé suivant un axe orienté NE-SW.

Dans sa partie orientale, il montre sous le « socle du Cap Bougaroun » ; constitué de gneiss et de péridotite serpentinisés, un faciès micro granitique qui passe progressivement vers l'ouest à un granite à grain fin, puis à un granite à grain grossier. L'apparente monotonie du massif granitique est rompue par des filons de rhyolite à quartz globulaire et plusieurs affleurements de gabbro **(M. Roubault 1934)**.

Les filons de rhyolite, généralement subverticaux, d'une puissance très variable, sont très abondants dans la partie orientale du pays mais ils sont plus rares vers l'Ouest et ils n'en existent plus au-delà du méridien de Boulateb.

A sa bordure méridionale il recoupe des séries sédimentaires composées de l'Oligo-Miocène kabyle, des olistostromes remaniant des éléments de flysch massylien et numidien et du miocène poste nappe.

L'étude minéralogique du granite de Cap Bougaroun révèle qu'il est constitué essentiellement de quartz en grandes plages, de feldspath potassique contenant de la biotite et des plagioclases comme inclusion, et la cordiérite. La cordiérite sont transformée en produit micacé d'altération et en muscovite. Comme minéraux accessoires **(Ouabadi.A., 1994)** a signalé la présence de tourmaline, zircon apatite et ilménite.

Sur le plan structural, ce massif granitique se présente en blocs faillés. Cette structure est le résultat d'une série d'accidents cassants et à mouvement cisailant **(Bouillin J.P., 1977)**, ces grandes fractures sont de directions N-S, E-O et NO-SE.7

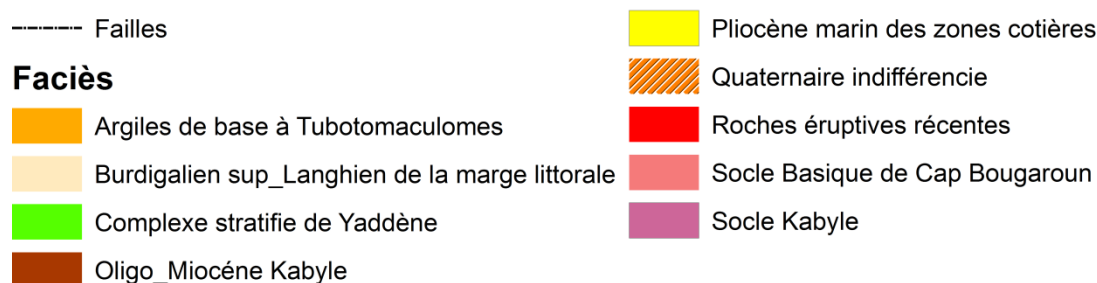
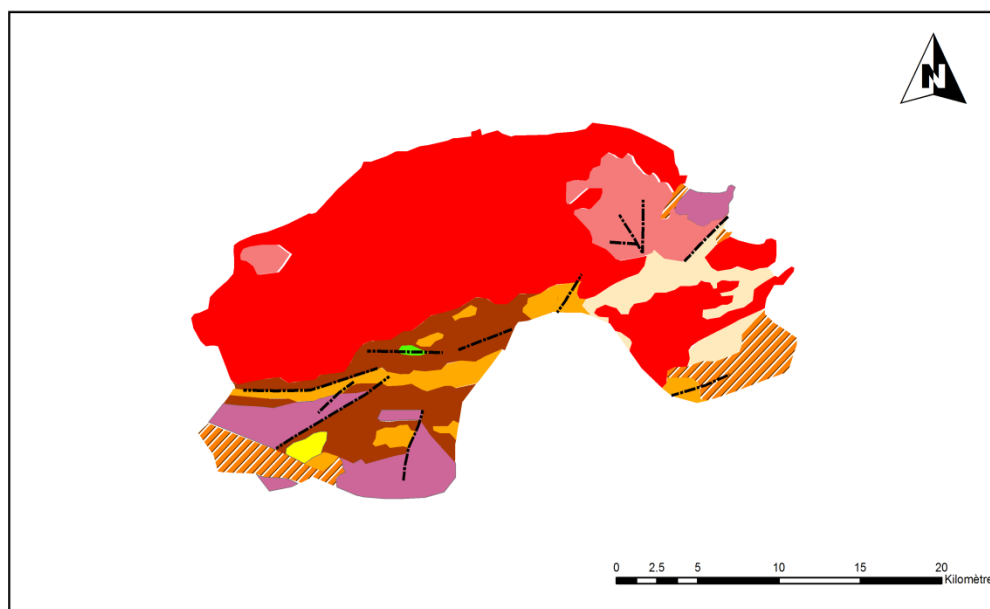


Figure 09 : carte géologique du Cap Bougaroun (Extrait de la carte structurale d'après J. M. Villa (1980))

II.6.Climatologie

L'étude des caractéristiques hydro climatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eau, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de la circulation des eaux naturelles. Elle permet également d'identifier les termes du bilan hydrique notamment les précipitations, les températures, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

II.6.1.Climat de la zone d'étude

Le bassin versant de Cap Bougaroun se localise dans une zone à climat méditerranée tempéré, avec un hiver très humide où les valeurs des précipitations oscillent entre 800 et 1400 mm/an, elle est classée donc parmi les zones les plus arrosées de l'Algérie. Cette zone est marquée par une importante richesse en ressources hydriques essentiellement d'origine météorique.

II.6.2. Stations de mesure

Pour atteindre les objectifs de ce chapitre un effort considérable a été fourni notamment dans la collecte des données sur les précipitations (journalières, mensuelles, et annuelles), la température, l'évaporation de 12 ans (2003-2015) au niveau des services gestionnaires, en la station météorologique du barrage de Béni Zid.

Les coordonnées de cette station sont consignées dans le tableau :

	Altitude	latitude	longitude	Coordonnées Lambert	Période d'observation
Béni Zid	87 m	36°54'44''N	6°29'58''E	X=4714.289 Y=3354.835	2003-2015

Tableau 02 : les coordonnées du barrage de Béni Zid

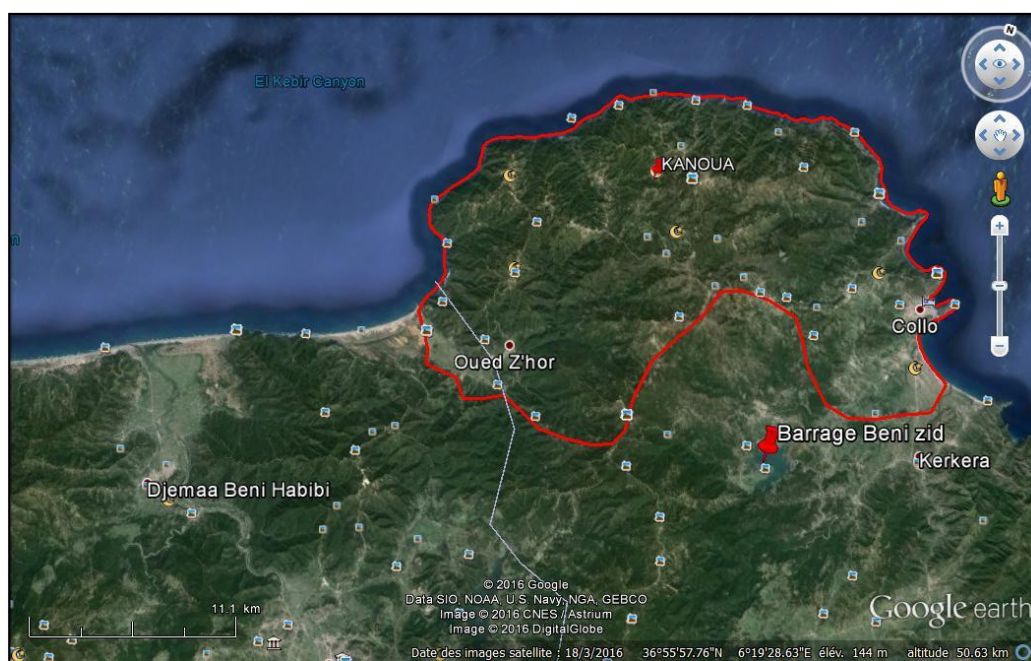


Figure 10 : situation de la station de mesure météorologique

II.6.3. Facteurs climatiques

II.6.3.1 Précipitations

Les précipitations constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique du bassin. Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements.

II.6.3.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P_(mm)	73,91	63,54	177.46	176.2	156.18	174.34	118.13	77.85	46.82	9.88	1.64	9.82	1085.77

Tableau 03 : la précipitation moyenne mensuelle en (mm) de la station de Béni-Zid (2003-2015)

Les moyennes mensuelles des précipitations mesurées à la station de Béni - Zid durant la période d'observation de 12 ans allant de 2003 à 2015 sont représentées dans le tableau :

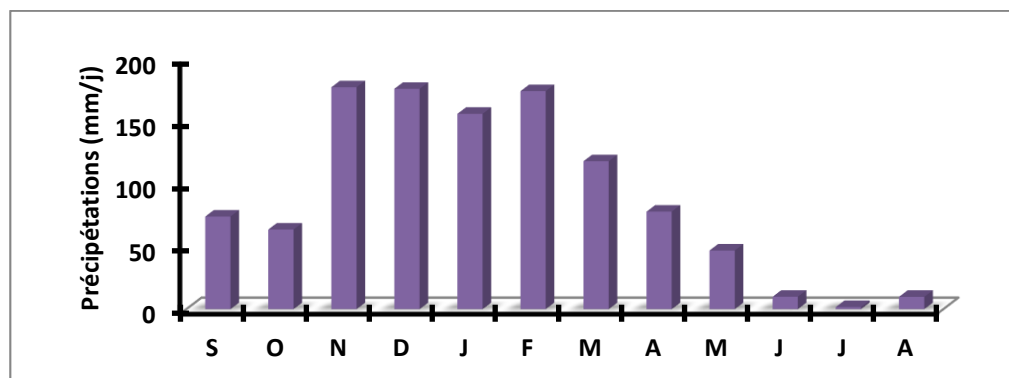


Figure11 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station de Béni-Zid (2003-2015)

Les précipitations atteignent leur maximum au mois de Novembre avec une hauteur de 177.4mm et leur minimum au mois de Juillet avec 1.64mm.

II.6.3.1.2 Précipitations moyennes saisonnières

L'étude des précipitations saisonnières permet de donner une idée sur la distribution de la lame d'eau précipitée durant une année et selon les quatre saisons. Elle se fait de la façon désignée dans le tableau suivant :

	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moyenne annuelle
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
P (mm)	314.91			506.72			242.8			21.34			1085.77
P (%)	29.003			46.66			22.36			1.96			100%

Tableau 04 : Précipitations moyennes saisonnières

On en remarque un maximum pluviométrique hivernal (de Décembre à Février), donc la saison la plus arrosée est l'Hiver tandis que l'Eté représente la saison la plus sèche.

L'histogramme ci-après montre la variation saisonnière des précipitations de la station de Béni Zid durant la période d'observation de 2003 à 2015.

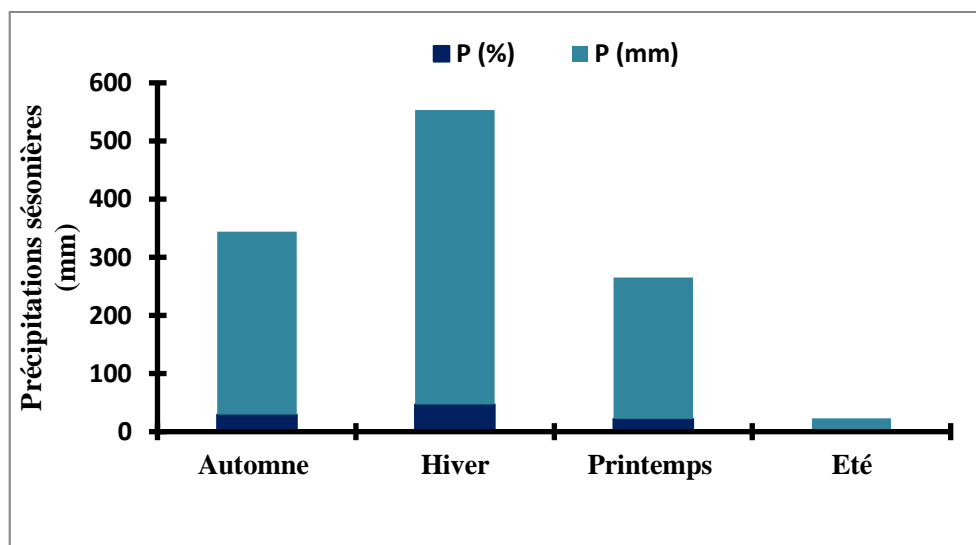


Figure 12: Histogramme des précipitations moyennes saisonnières (en mm) à la station de Béni-Zid (2003/2015)

II.6.3.2. Températures

Si les précipitations constituent l'apport en eau, les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évaporation. Elles constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat de la région.

II.6.3.2.1 Températures moyennes mensuelles

L'analyse des données des températures moyennes mensuelles est basée sur les données relevées au niveau de la station de Béni-Zid de l'année 2003 jusqu'à 2015. Elles sont présentées dans le tableau et sont figurés dans le diagramme (figure 13) :

MOIS	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout
T °C	28.72	25.9	21.41	17.9	16.9	18.3	18.9	21.13	24.38	28.23	32.2	32.25

Tableau05 : températures moyennes mensuelles de la station de Béni-Zid (2003-2015)

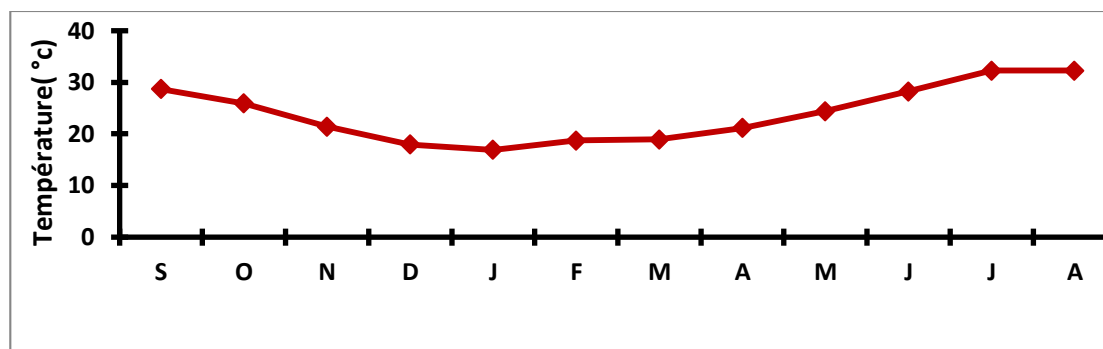


Figure13 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Béni-Zid (2003-2015)

On remarque que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne mensuelle de 16°C par contre le mois le plus chaud est le mois d'Aout avec une température moyenne mensuelle de l'ordre de 32.25 °C.

II.6.4.Bilan Hydrique

L'étude du bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des quantités d'eau reçues par un bassin versant entre ses différents composants (écoulement, infiltration et évaporation). Il est calculé par la formule suivante :

$$P = ETR + RR + I$$

Où :

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en (mm).

R : Ruissellement moyen annuel en (mm).

II.6.4.1. Détermination des paramètres du bilan

II.6.4.1.1. Evapotranspiration

L'évapotranspiration est l'ensemble des phénomènes d'évaporation et de transpiration. Le principale facteur réagissent sur l'évaporation est la radiation solaire. Le terme évapotranspiration englobe deux types :

a. Evapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la somme des quantités d'eau qui pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie en considérant des apports d'eau suffisants. ETP est estimée par la formule de « C.W.Thornthwaite » proposée en 1948 et basée essentiellement sur les températures de l'air

$$ETP = 16(10t/I)^a * K$$

Avec : $a = 0.016I + 0.5 = 2.42$ $I = \sum i = 120.5$ $i = (t/5)^{1.514}$

Où : **ETP**: Evapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).
T : Température moyenne mensuelle en (°C).
i : Indice thermique mensuel.
I : La somme des indices mensuels de l'année.
K : Facteur correctif intégrant la durée d'insolation et la température.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
ETP (mm)	123.28	94.65	57.74	36.40	31.42	38.48	41.83	55.81	80.79	118.02	166.37	166.50
i	14.10	12.07	9.04	6.90	6.33	7.13	7.48	8.86	11.008	13.74	16.80	16.81

Tableau06 : Evapotranspiration potentielle (ETP)

b. Evapotranspiration réelle (ETR)

C'est la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie. Elle peut être déterminée par différentes méthodes.

✓ ETR selon "C.W.Thornthwaite"

L'estimation de l'ETR en (mm) avec cette méthode est liée au volume des précipitations. Trois cas peuvent se présenter :

- 1er cas : $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$

Il y a une reconstitution des réserves du sol jusqu'à la saturation, le surplus va représenter l'écoulement superficiel.

- 2ème cas : $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$:

Dans ce cas, la RFU (réserve facilement utilisable) va s'épuiser jusqu'à la satisfaction de l'ETP.

- 3ème cas : $P < ETP$ et $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$:

Il y aura donc un déficit agricole (DA) représenté par la quantité d'eau qui doit être apportée pour l'irrigation.

L'ETR obtenus par la méthode d'estimation de C.W.Thornthwaite à la station de Béni-Zid (2003-2015) est de 549.28 mm/an.

II.6.4.1.2. Ruissellement (R)

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation échappe à l'infiltration et l'évapotranspiration. Il est calculé par la formule de :

- ✓ Tixeront Berkaloff ; $R = P^3/3 * ETP^2$, si $P < 600$ mm.
- ✓ Tixeront Berkaloff modifiée par Romantchouk (1974) (in Daifallah, 2008)
 $R = P^3/3$, si $P > 600$ mm.

Avec :

- ✓ **R** : Ruissellement en (mm).
- ✓ **P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- ✓ **ETP** : Evapotranspiration potentielle en (mm).

Paramètres Station	P (mm)	R (mm)
Béni-Zid	1085.77	361.92

Tableau 07 : Résultats du ruissellement par la formule de «Tixeront Berkaloff» modifiée par Romantchouk (1974) (in Daifallah, 2008) pour la station de Béni-Zid (2003-2015)

II.6.4.1.3. Infiltration (I)

C'est la quantité d'eau franchissant la surface du sol. Elle renouvelle les réserves d'eaux souterraines et entretient le débit de l'écoulement souterrain des sorties après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous - sol (G. Castany 1982). Elle est déduite de l'équation fondamentale du bilan hydrique :

$$P = ETR + R + I \Rightarrow I = P - (R + ETR)$$

Avec :

- **I** : L'infiltration en (mm).
- **P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- **R** : Ruissellement en (mm).
- **ETR** : Evapotranspiration annuelle en (mm) selon la méthode de C.W.Thornthwaite.

Paramètres Station	P (mm)	R (mm)	ETR (mm)	I (mm)
Béni-Zid	1085.77	350.27	549.28	186.22

Tableau 08 : Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du bilan hydrique

En admettant que la réserve facilement utilisable (RFU) est égale à 100 mm (saturation), les résultats précédemment obtenus nous ont permis d'établir le bilan hydrique, la synthèse finale de l'étude climatique. Le tableau suivant résume le bilan de C.W.Thornthwaite de la station de Béni-Zid (2003-2015) :

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	73.91	63,54	177.6	176.2	156.18	174.34	118.13	77.8	46.8	9.88	1.64	9.82	1085.7
T (°C)	28.71	25,92	21,41	17,91	16.92	18.3	18.9	21.1	24.3	28.23	32.2	32.25	23.85
K	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	/
i	14,1	12,07	9,04	6,90	6,33	7,13	7,48	8,86	11	13,74	16,8	16,81	130,31
a	2,745												
ETP	123.28	94.65	57.74	36,40	31.42	38.48	41.83	55.8	80.7	118.02	166.37	166.50	1011.5
ETP c	126.98	91.81	49.66	29,48	27.34	32.71	43.09	61.3	97.7	143.99	206.3	193.14	1103.9
RFU (mm)	0	0	100	100	100	100	100	100	49.0	0	0	0	/
ETR (mm)	73.91	63.54	49.66	29,48	27.34	32.71	43.09	61.3	97.7	58.95	1.64	9.82	549.28
DA (mm)	53.07	28.27	0	0	0	0	0	0	0	85.04	204.6	183.32	554.37
EX (mm)	0	0	27.94	146.25	128.84	141.63	75.04	16.4	0	0	0	0	536.16

Tableau 09 : Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite

II.6.5. Interprétation du bilan de C.W.Thornthwaite

Les résultats obtenus du bilan hydrique de C.W.Thornthwaite pour la station de Béni-Zid illustrés dans le tableau, nous ont permis de tirer les observations suivantes :

- ✓ La région d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1085.77 mm et une température moyenne annuelle de 23.85 °C ;
- ✓ L'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum au mois de Juillet 206.3 mm et son minimum au mois de Janvier 27.34 mm. L'ETP total est de l'ordre de 1103.9 mm ;
- ✓ L'Evapotranspiration réelle (ETR) totale est de 549.28 mm ;
- ✓ Lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est pleine, il y a un surplus d'eau accompagné d'un ruissellement et quand elle a la tendance à se diminuer et au point qu'il sera carrément vide, il y aura un épuisement du stock et par conséquent un déficit agricole s'étalant du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre avec une moyenne annuelle de 554.37mm ;
- ✓ La reconstitution de la RFU atteint son maximum (saturation : 100 mm) au mois de Novembre et reste ainsi jusqu'au mois d'Avril puis elle commence à s'épuiser pour se vider complètement au mois de Juin ;

- ✓ L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (100 mm), au mois de Novembre et se termine à la fin du mois d'Avril avec un maximum au mois de 146.25mm et un minimum au mois d'Avril de l'ordre de 16.46 mm ;
- ✓ L'excédent annuel est égal à 508.22mm.

Les sources de Kanoua sont situées dans le sous bassins versant de Cap Bougaroun dans la wilaya de Skikda. Kanoua est caractérisé par un climat humide, une biodiversité végétative intéressante et un patrimoine hydraulique abondant. Le Cap Bougaroun est constitué par un massif granitique fracturé dont les majorités des sources étudiées affleurent.

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources de Kanoua, des échantillons d'eau sont prélevés puis soumis à des analyses bactériologique et physico-chimique.

III.1. Echantillonnage et mesure du débit

Pour l'échantillonnage, nous avons choisis, soigneusement 9 sources (sont toutes destinées à la consommation humaine), d'une façon précise et bien répartie. Le (Tableau 10) et (figure 14) Montrent leur emplacement exact par rapport au Cap Bougaroun. La localisation des points de mesure sur la carte en tenant compte des coordonnées prise par GPS –Global Positing system- lors de l'échantillonnage.

La méthode que nous avons utilisé dans notre suivie pour le mesure du débit est la méthode volumétrique (jaugeage capacitif) ; qui consistent à mesurer le temps nécessaire pour remplir d'eau un récipient d'une contenance connue ($Q(s/l)=t(s)/V(l)$).cette méthode est en général pratiquée pour mesurer de faibles débits (sur des sources, sur des rejets limités dans le temps) (Rodier, 2009).

Pour étudier la réponse des eaux des sources vis-à-vis des précipitations, nous avons choisis deux sources (Ain Hekam et Ain Sdimete) afin de faire un suivie d'une période de 17 jours (26 Février 2016 à 13 Mars 2016), durant ce suivie on mesurer le débit ainsi que paramètres physico-chimiques.

Source	Nom	X	Y	Type de source
S1	Siouane	36°56'55"9	06°24'12"0	Source Pérenne
S2	Ain Taleb	37°03'15"8	06°23'59"8	Source Pérenne
S3	Ain Hekam	37°03'04"1	06°23'05"8	Source Pérenne
S4	Ain Gharrouy	37°03'05"1	06°22'56"7	Source Pérenne
S5	Ain Ghboula	37°02'22"5	06°24'03"5	Source Pérenne
S6	Ain Sdimete	37°02'25"6	06°24'35"7	Source Pérenne
S7	Draa Erris	37°01'39"5	06°23'29"4	Source Pérenne
S8	Ain Zidan	37°00'18"0	06°24'28"8	Source Pérenne
S9	Ain Dwiwer	36°59'08"6	06°25'51"7	Source Pérenne

Tableau 10 : Noms des sources et leurs coordonnées géographique

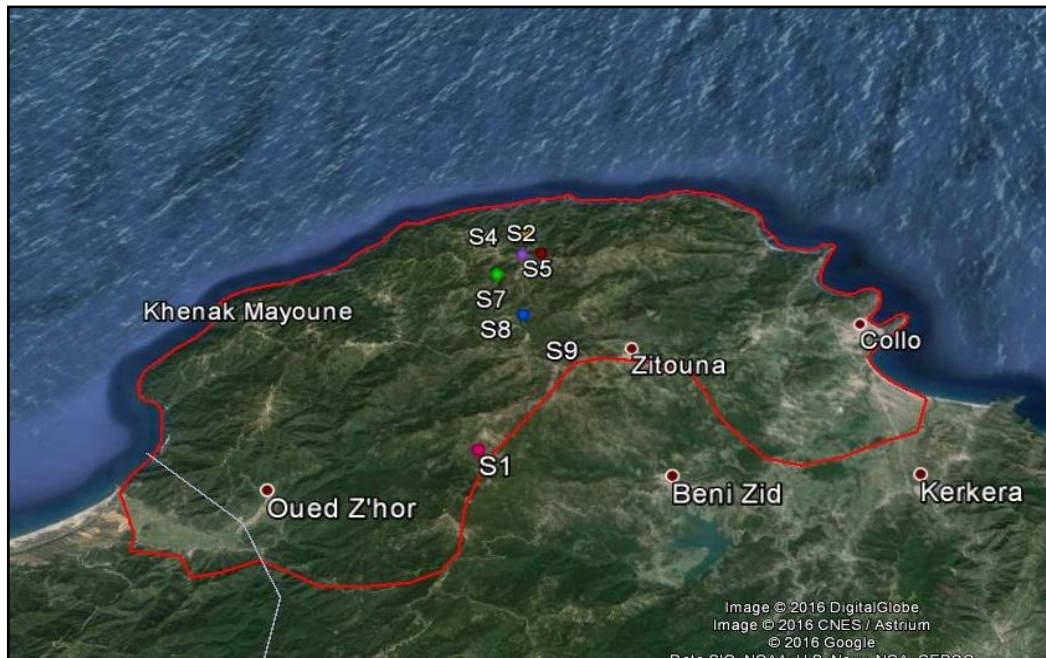


Figure14 : localisation des sources

III.2.Etude physico-chimique

Tous les éléments chimiques importants dans l'eau ont été dosés à savoir des éléments majeurs : les chlorures, les sulfates, calcium, magnésium, bicarbonate, sodium et potassium, les éléments mineurs : le fer et les sels nutritifs : Ammonium, nitrite, nitrate et orthophosphate. La conductivité de l'eau la température, le pH ont été déterminés.

III.2.1. Méthodes d'analyses

III.2.1.1. Caractéristiques physiques

III.2.1.1.1.Mesure in situ

Nous avons utilisé des multi-paramètre de terrain de marques WTW 305i pour mesurer les paramètres physiques suivants : la température $c(T^{\circ}C)$, le potentiel d'hydrogène (PH), la conductivité électrique ($\mu s/cm$), TDS(mg/l), salinité(mg/l).l'eau à analyser est versée dans un récipient ou l'électrode est prolongée, lorsque l'écran d'affichage se stabilise sur une valeur, on peut noter les résultats pour procédé à analyser de l'échantillon suivant il faut rincer l'électrode dans de l'eau déminéralisée.



Figure15: Multi-paramètres (WTW 305i) et pH-mètre (Mettler Toledo)

III.2.1.2. Caractéristiques chimiques

III.2.1. 2.1. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinés au dosage des sels nutritifs (ammonium, phosphates, nitrates, nitrite) et des autres dosage, ont été nettoyés et rincés à l'aide de HCl(10%) puis rincés à l'eau robinet et en fin rincés à l'eau distillés, séchés et fermés.

Pour ceux qui sont destinés au dosage des éléments trace métallique, les flacons sont rincés à l'aide de l'acide nitrique (10%), puis rincés à l'eau distillés, séchés et fermés (**Rodier ,2009**).

Trois méthodes analytiques sont utilisées pour la détermination des paramètres chimique.

III.2.1.2.2. Méthode volumétrie (titrimétrie)

La méthode de titrage la plus utilisée est la volumétrie ou titrage volumétrique. Elle consiste à utiliser une solution de concentration connue (appelée titrant) afin de neutraliser une espèce contenue dans la solution inconnue (appelée analyte ou espèce titrée).(voire l'annexe)

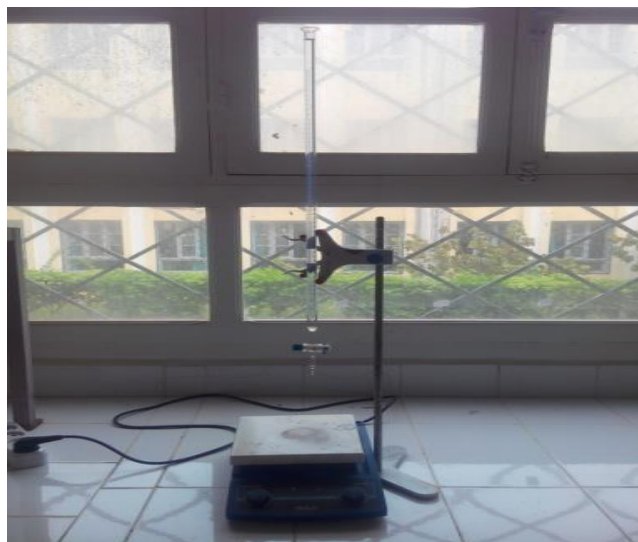


Figure 16 : méthode de titrage

III.2.1.2.3. Méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire

La spectrométrie d'absorption moléculaire est une technique applicable à l'analyse qualitative et à l'analyse quantitative qui permet le mesurage de la concentration d'un composé dissous dans la solution. Elle s'effectue pour des éclairissements dans l'intervalle proche de l'UV, du visible et du proche d'infrarouge 180-1000 nm en longueur d'onde.(voire l'annexe)



Figure 17 : spectrophotomètre UV1600PC

III.2.1.2.4. Méthode photomètre de flamme

L'émission énergétique, et en particulier l'émission de radiations électromagnétiques, correspond à la transition inverse : de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme. Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour

à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons. Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible. La photométrie de flamme permet le dosage des cations alcalins Na^+ et K^+ .



Figure 18 : Flamphotomètre (AFP 100)

III.3. Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries dites pathogènes. Les techniques nécessaires pour la réalisation de ce type d'analyse sont trop longues, difficiles à réaliser et trop onéreuses. Pour cela nous avons réalisé au niveau du laboratoire du département de biologie de l'université de Jijel les examens suivants :

- ✓ Dénombrement des germes aérobies mésophiles (FTAM) ;
- ✓ Recherche et dénombrement des coliformes ;
- ✓ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux ;
- ✓ Recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfiroréducteurs ;
- ✓ Recherche des salmonelles.

III.3.1. Les prélèvements

La Méthode de prélèvement des échantillons pour une analyse bactériologique est très importante pour la fiabilité des résultats.

- ✓ Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre préalablement lavés à l'acide acétique et l'eau distillé, puis stérilisé, dans un autoclave à 121 °C durant 15 min ;
- ✓ Le flacon fermait soigneusement après la procédure de prélèvement d'eau, puis on stocke les échantillons dans une glacière portative à 4°C ;
- ✓ Le temps entre la collecte et l'examen de l'échantillon n'excède pas 24 heures.

Dans notre étude nous avons effectuées deux prélèvements pour les analyses bactériologiques le premier était le 13/03/2016 et le deuxième en 07/05/2016.

III.3.2. Méthode d'analyse

Parmi les méthodes d'analyse bactériologique, on utilise la méthode en tubes multiples (nombre le plus probable NPP).

III.3.2.1.Méthode d'analyse en tubes multiples

Principe

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organisme supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. Cette méthode s'agit d'un dénombrement après culture sur un milieu solide, ou parfois sur milieu liquide. Le principe de la culture sur un milieu solide est que chaque bactérie donne naissance après incubation à une colonie repérable macroscopiquement. L'unité est alors s'exprimes-en UFC/volume c'est-à-dire unité formant colonie par unité de volume. Par contre la culture en milieu liquide consiste d'estimer la présence ou l'absence des microorganismes. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide inoculé et positif : trouble plus virage de l'indicateur (Rodier, J, 1984).

Pour chacune des dilutions on note le nombre de tubes positifs dans le cas ou plus de trois dilutions ont étéensemencés, on retiendra un nombre caractéristique(NC) a 3 chiffres.

III.3.2.2. Mode opératoire

III.3.2.2.1. Préparation des dilutions

- ✓ On utilise l'eau distillée stérile ;
- ✓ La dilution 10^{-1} est réaliser en ajoutant 1 ml d'eau a analysé à 9 ml du milieu de dilution ;
- ✓ La dilution 10^{-2} est réalisée en ajoutant 1 ml de la dilution 10^{-1} à 9 ml de milieu de dilution ...etc ;
- ✓ Il faut toujours agiter la dilution avant l'analyse.

La recherche et le dénombrement des bactéries dans l'eau (les coliformes totaux, fécaux, les streptocoques fécaux, FTAM, clostridium et salmonella), sont réalisées sur le milieu de Rothe (à simple et à double concentration), de BCPL et VF (viande de fois) suivant la méthode de NPP avec trois séries chacune contient trois tubes. La lecture se faite a 37°C pour les streptocoques fécaux les coliformes totaux, la FTAM et a 44°C pour les coliformes thermotolérants.

III.3.2.2.2. Dénombrement

a) Dénombrement de la flore mésophile aérobique totale (FTAM) à 37°C

La flore mésophile aérobique totale est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 40°C. Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération.

Le dénombrement s'effectue dans la gélose glucosée à l'extrait de levure appelée par les Anglo-Saxons "Plate Count Agar" ou PCA, C'est un milieu de dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22 et à 37°C.

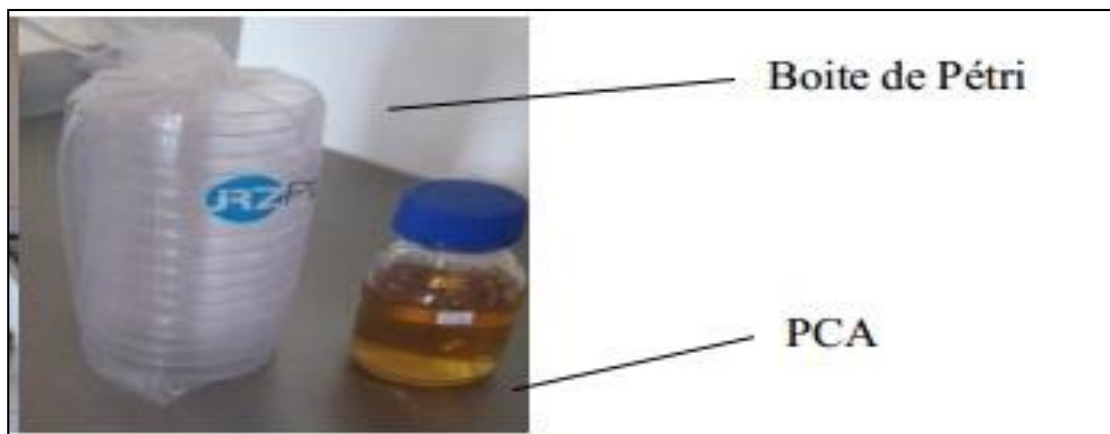


Figure19 : Photo représentant l'aspect du milieu PCA

A partir des suspensions mères on précède tout d'abord à préparer les dilutions décimales 1/10 et 1/100 en utilisant l'eau distillée stérile.

- ✓ À l'aide d'une pipette on prélève 1 ml de la suspension mère et on l'ensemence dans des boîtes de Pétri stériles ;
- ✓ Le milieu de culture PCA est rajouté par la suite ;
- ✓ Après homogénéisation, une série de boîtes de Pétri est incubée à 37°C pendant 24 à 48H.

On identifie immédiatement chaque boîte avec une étiquette ou une référence qui porte le nom de l'échantillon, la dilution décimale, le milieu utilisé, la date et l'heure du prélèvement. Puis, nous avons fait le dénombrement des bactéries.



Figure 20: Photos expliquant le mode opératoire de la culture sur milieu PCA

Pour calculer le nombre des cellules X contenues par 1ml d'eau on compte les colonies dans chaque boîte et on multiplie par l'inverse de la dilution utilisé suivant la relation:

$$X \text{ (en UFC/ml)} = \text{Nombre de colonies} * (1/\text{dilution})$$

b) Dénombrement des coliformes

Test présomptif

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

- ✓ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
- ✓ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;
- ✓ 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 h à 48 h.

Seront considérés comme positif les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune se qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu ;
- ✓ La lecture final se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

Test de confirmation

A partir de l'eau des tubes de BCPL trouvés positif lors du dénombrement des coliformes totaux porter :

- ✓ 2 ml dans un tube contenu eau péptoné ;

- ✓ 2 ml dans un tube contenu milieu VBL.

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 h.

Pour la confirmation des coliformes thermotolérant

- ✓ un tube contenu eau péptoné + quelques gouttes de réactif de Covac's Indol Reagent. (sont considérés comme positifs les tubes présentant un anneau rouge en surface).

c) **Dénombrement des streptocoques fécaux**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux test consécutifs à savoir :

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

Test de présomption

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

- ✓ Trois fois 10 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- ✓ Trois fois 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- ✓ Trois fois 0.1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C ;
- ✓ L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h à 48 h ;
- ✓ La lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, en cas ou on trouve ce trouble, on doit passer à un test confirmatif.

Le test de confirmation

Les tubes de Rothe trouvés positif feront donc l'objet d'un ensemencement dans des tubes contenant un milieu LITSKY .

- ✓ Incubation se fait cette fois a 37°C pendant 24 heures ;
- ✓ La lecture :La présence des streptocoques fécaux est confirmé lorsque on observe des pastille violette.

III.3.2.2.3. Recherche des germes pathogènes

a) Recherche des bactéries Anaérobies Sulfuro-réducteurs (clostridium)

- ✓ on prélève 1ml de l'échantillon qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 min, dans le but de détruire toutes les formes végétatives présentes ;
- ✓ après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question , sous l'eau de robinet(choc thermique) ;
- ✓ on le fait ensemencer dans le tube contenant 19 ml de milieu de gélose viande foie (VF) fondue ;
- ✓ Après homogénéisation, le milieu est incubé à 37°C pendant 24h ;
- ✓ La lecture sera par le dénombrement des colonies noires de 0.5 mm de diamètre.

b) Recherche de Salmonella

Test présumptif

- ✓ On prend 1 ml de chaque échantillon dans des tubes contenant 10 ml de milieu SFB ;
- ✓ L'incubation se fait à 37°C pendant 24h ;
- ✓ La lecture : L'observation d'un trouble confirme l'existence de la famille des entérobactérie. Pour la recherche de Salmonella on utilise un milieu sélectif pour Gram négatif (HEKTOWEN).

Test confirmatif

Après une incubation de 37°C pendant 24h, dans un milieu HEKTOWEN, on observe des colonies en bleu sombre en présence de salmonella .

L'étude hydrochimique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie...etc). La composition chimique de l'eau peut évoluer durant son transit, ainsi l'information recueillie au niveau de la source est fonction de la nature du réservoir et également des minéraux rencontrés, du temps de transit et des conditions permettant ou non la conservation des hétérogénéités du réservoir à l'exutoire.

Ce chapitre englobe deux parties : la première où nous avons présenté et discuté les résultats d'analyses des paramètres physico chimiques et microbiologiques de neuf sources naturelles des eaux potables de Kanoua et dans la deuxième nous avons présenté et discuté les résultats d'un suivi journalière pendant 17 jours soit du 26/02/2016 au 13/03/2016 de deux sources à savoir Ain Hekam et Ain Sdimete.

IV.1. Etude des paramètres physico chimiques des eaux des sources naturelles

IV.1.1. Paramètres physiques

IV.1.1.1. Température de l'eau

La température de l'eau est un paramètre important car elle permet de déterminer l'utilisation des eaux pour le confort des usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

L'étude de la température a montré que les valeurs moyennes de la température dans les différents sites sont comprises entre 7.1°C (Ain Taleb) et 12,8°C (Siouane) (figure 21).

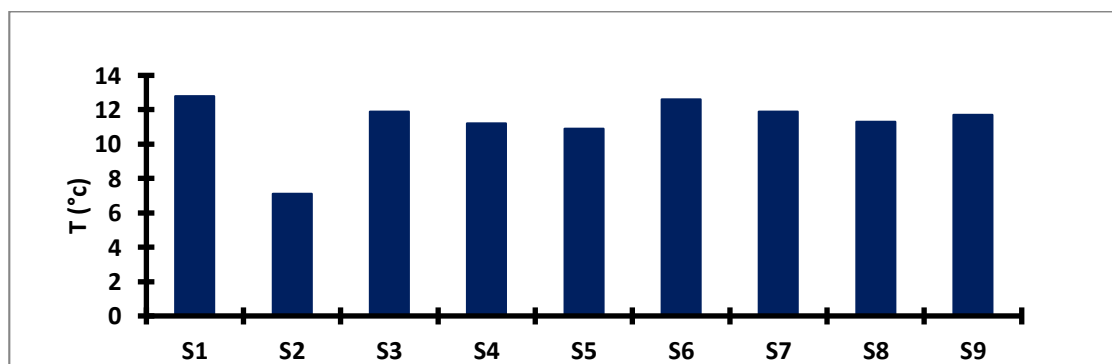


Figure 21 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la température (Mars 2016)

IV.1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (survie des bactéries, nitrification, précipitation du phosphore,...) d'où l'importance de contrôler

ce facteur. Généralement le pH des eaux échantillonnées au niveau des sources des sites d'études est compris entre 5.55 (Ain Gharrouy) et 6.99 (Ain Taleb) (*figure 22*).

Ces valeurs mis en évidence le caractère plus au moins acide des sources, cette acidité est en relation avec la nature géologique du terrain traversés surtout que ces sources sont issues d'un massif cristallin formé de roches acides (granite), alors elles ont un pH acide. Leur acidité liée à l'absence de minéraux facilement altérables et à un recyclage efficace des éléments nutritifs par la végétation.

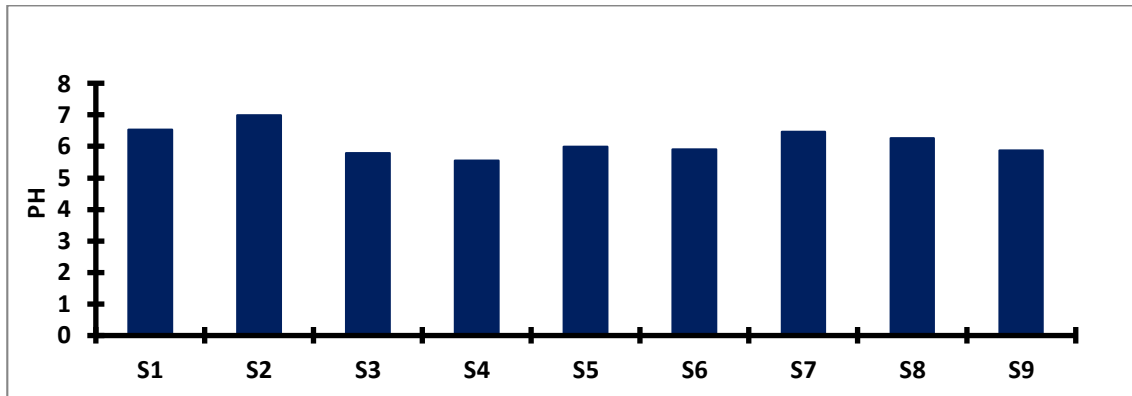


Figure 22 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH (Mars 2016)

IV.1.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique constitue un indicateur du degré de la minéralisation globale des eaux. Elle dépend de la concentration des ions et de la température. Toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation très faibles elles sont globalement inférieure à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (*figure 23*).

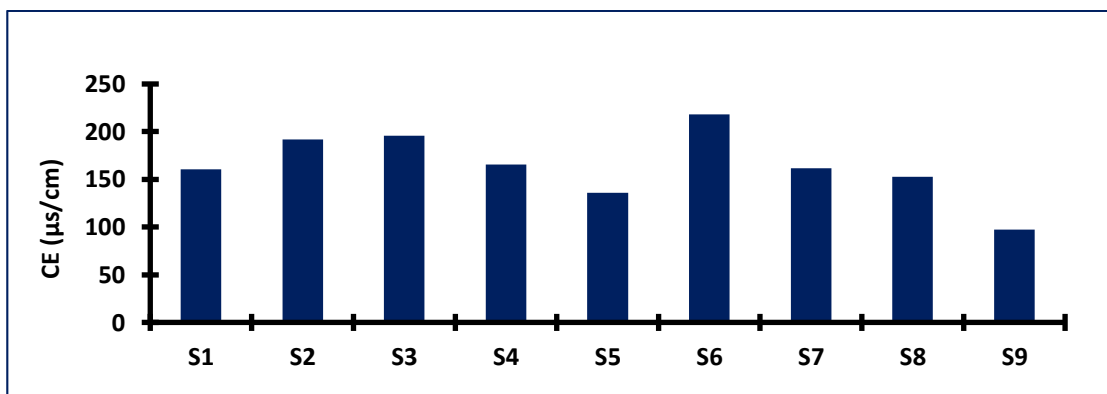


Figure 23 : Variation spatiale des valeurs moyennes de conductivité électrique (Mars 2016)

IV.1.2.les éléments majeurs

IV.1.2.1.les chlorures

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives, la concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé.

Dans notre région c'est l'élément le plus fréquent après les bicarbonates. Généralement les teneurs en chlorure des eaux de la région étudiée varient entre 21.3 mg/l (S1, S9) et 65.32 (S4) mg/l (*figure 25*). Ces concentrations sont très faibles elles ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité des eaux (500mg/l). Sachant qu'il n'y a pas d'évaporites sur notre bassins, et comme l'ont évoqué certains auteurs (Meybeck, 1984; Grimaldi, 1988), ce flux constant traduirait un apport univoque, marin, véhiculé par les pluies, surtout que le cap Bougaroun constitue une sorte de barrière dans la mer.

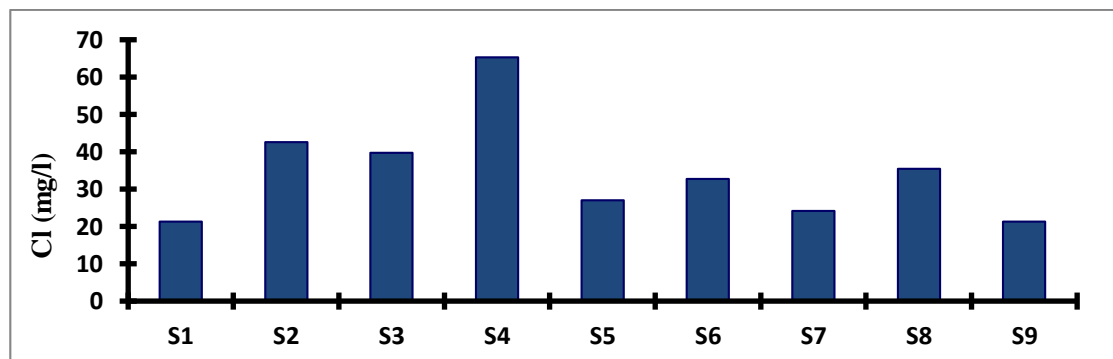


Figure 24 : Variation spatiale des valeurs moyennes des chlorures (Mars 2016)

IV.1.2.2. les sulfates

Les sulfates (SO_4) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.).

Les teneurs en sulfates des eaux des sources sont généralement faibles puisqu'elles oscillent entre 9 et 14.09 mg/l (*figure 26*). Or, ces valeurs respectent la norme algérienne de potabilité des eaux (valeurs inférieures à 400 mg/l).

L'origine des sulfates dans notre zone d'étude, et en l'absence des formations évaporitiques peut être attribuée, à l'oxydation de soufre atmosphérique d'une part, et à la présence des Skarns sous forme de filons dans les roches magmatiques d'autre part.

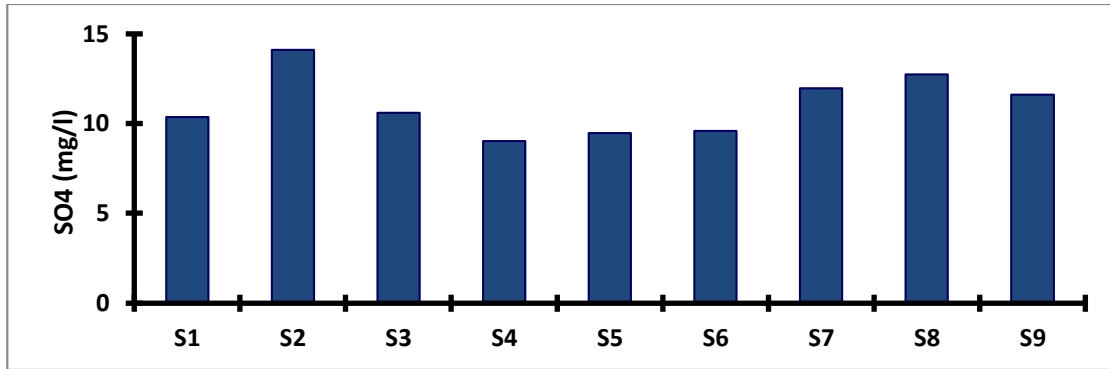


Figure 25 : Variation spatiale des valeurs moyennes des sulfates (Mars 2016)

IV.1.2.3. Les bicarbonates

Les bicarbonates représentent le résultat de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique.

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont fonction :

- ✓ Du pH de l'eau ;
- ✓ De la température ;
- ✓ De la concentration en CO₂ dissous ;
- ✓ De la nature lithologique.

Dans notre terrain, c'est l'élément le plus fréquent. En effet, la valeur la plus élevée se situe au niveau des sources "S2 et S9" (58.59mg/l) (*figure 27*). Sa provenance peut être la réaction de CO₂ (produire par la respiration des micros organisme dans le sous sol, CO₂ atmosphérique, dégradation de la matière organique) avec le H₂O. La concentration la plus faible est observée au niveau de la source "S7". Ces valeurs respectent la norme algérienne de potabilité des eaux (valeurs inférieures à 500 mg/l).

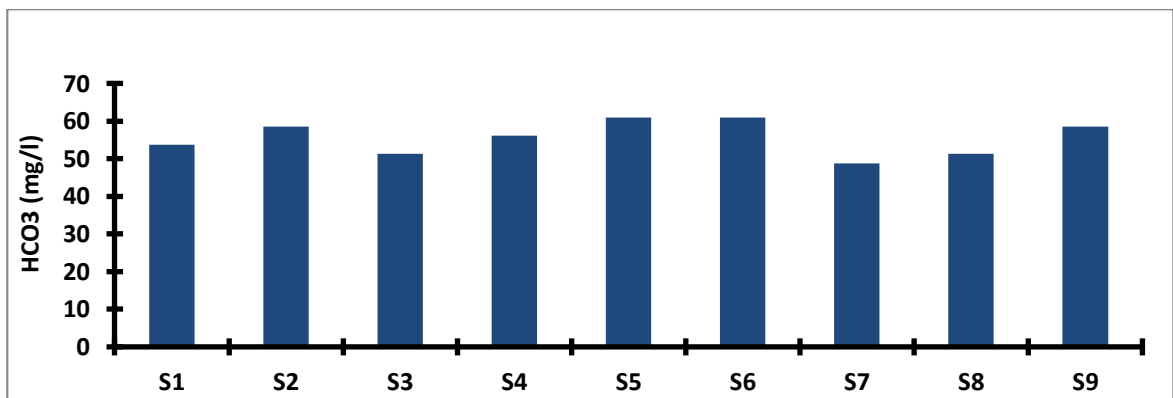


Figure 26 : Variation spatiale des valeurs moyennes des bicarbonates (Mars 2016)

IV.1.2.4. La dureté (TH)

Les teneurs de la dureté des sources présentent la somme des teneurs en calcium et en magnésium. Les résultats concernant les mesures de la dureté ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont très faibles et sont de nature douce, ces valeurs varient entre (3.02 °F et 12.08°F) (figure 28).

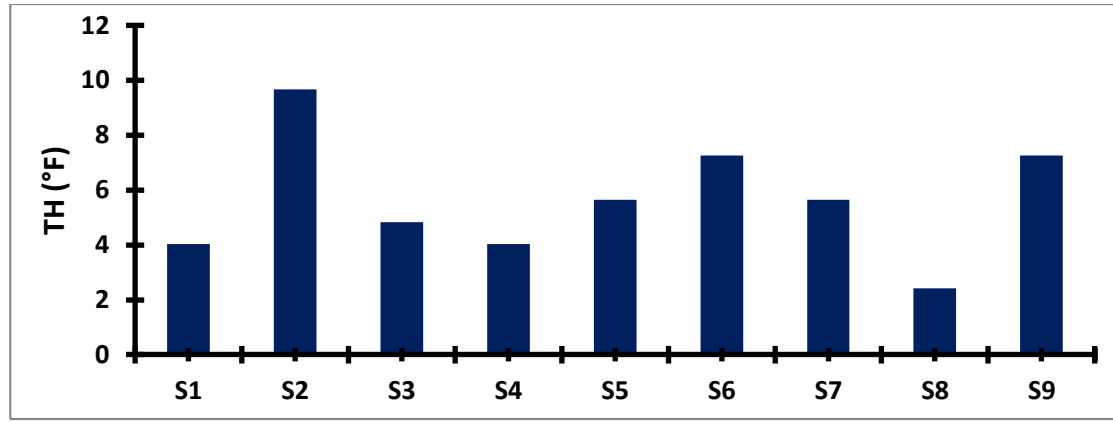


Figure 27 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la dureté (Mars 2016)

IV.1.2.5. Le calcium

Le calcium est un élément essentiel en raison du rôle qu'il joue dans l'utilisation industrielle ou domestique des eaux. Péetrographiquement, la présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 .

Généralement, les teneurs en calcium des eaux des sources sont faibles et restent toujours inférieures aux normes (200 mg/l) pour toutes les sources. Elles oscillent entre 4.8 et 19.23 mg/l (figure 29), et sont dues à l'altération des roches magmatiques (Rhyolite), et ce en l'absence des formations carbonatées et évaporitiques dans notre région d'étude.

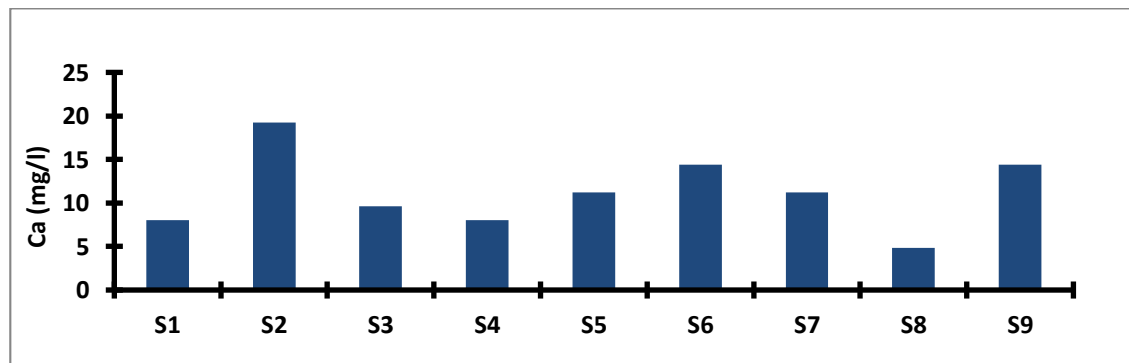


Figure 28: Variation spatiale des valeurs moyennes de calcium (Mars 2016)

IV.1.2.6. Le magnésium

les origines du magnésium sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (magnésite et dolomites).

L'histogramme de variation des teneurs en magnésium (*figure 30*), présente des faibles concentrations en Mg^{2+} (largement inférieures à la norme algérienne 150 mg/l), ces teneurs sont variées entre 2,9 et 11,66 mg/l. La provenance de Mg^{2+} dans les systèmes cristallins peut être attribuée à l'altération de l'encaissant (l'altération de certains minéraux silicatés comme la biotite $K(Mg, Fe)_3(Al Si_3O_{10})(OH)_2$ dans le granite).

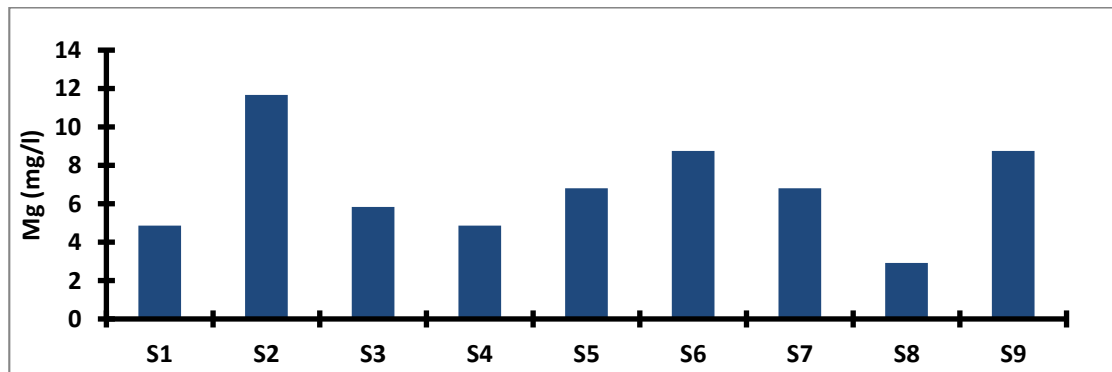


Figure 29 : Variation spatiale des valeurs moyennes du magnésium (Mars 2016)

IV.1.2.7. Le sodium, Potassium (Na^+ , K^+)

Le sodium est souvent présent dans les eaux naturelles. En proportions très variables, il provient :

- ✓ De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques ;
- ✓ Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium ;
- ✓ Apports atmosphérique.

Les teneurs en Na^+ et K^+ dans la majorité des sources sont généralement inférieures à 25 mg/l (*figure 31*). L'origine de ces deux éléments est l'altération des Feldspaths potassique (anorthite ; $K Al_2 Si_2 O_8$) et les Feldspaths sodique (albite ; $Na Al Si_3 O_8$).

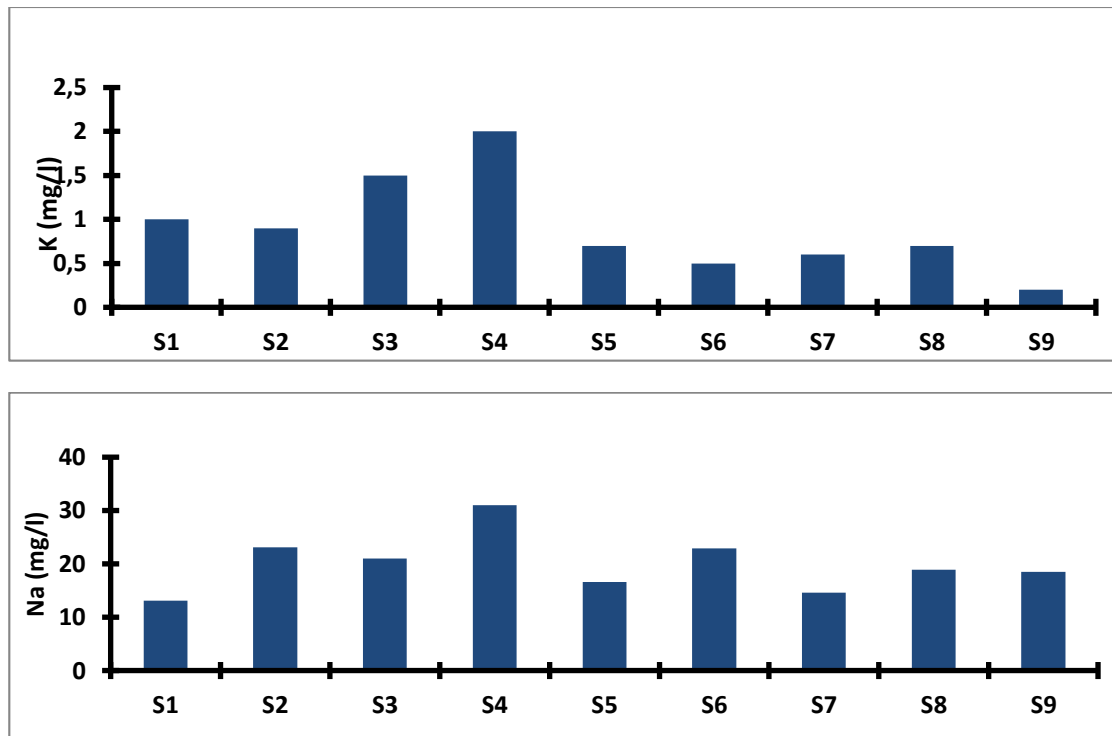


Figure 30 : Variation spatiale des valeurs moyennes de potassium et de sodium (Mars 2016)

IV.1.3.Cycle d'azote et le phosphate

IV.1.3.1.Les phosphates

D'origine urbaine (composant des détergents) et agricole (lessivage d'engrais).les orthophosphate sont des nutriments majeur des végétaux et peuvent entrainer leur prolifération à partir de 0.2 mg/l.

Les teneurs en orthophosphate sont faibles et sont inférieur à 0.5 mg/l pour tout les eaux des neuf sources, elles comprirent entre 0.036 et 0.02 mg/l (*figue 32*).

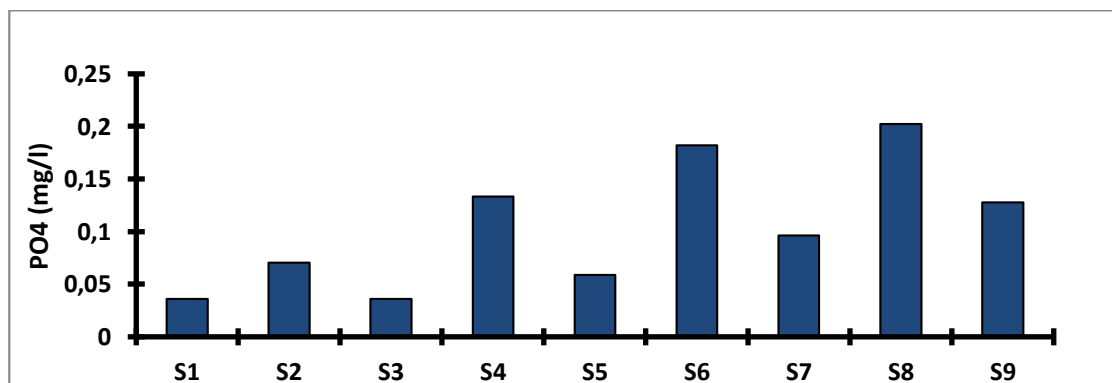


Figure 31 : Variation spatiale des valeurs moyennes des phosphates (Mars 2016)

IV.1.3.2. Les nitrates

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels.

D'après la réglementation algérienne, il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur maximale de 50 mg/l dans une eau destinée à la consommation.

Les résultats de notre étude ont révélés des teneurs en nitrates varient entre 0.56 et 15.34 mg/l (*figure33*), ce qui montre que tous les échantillons d'eau analysés sont dans les normes.

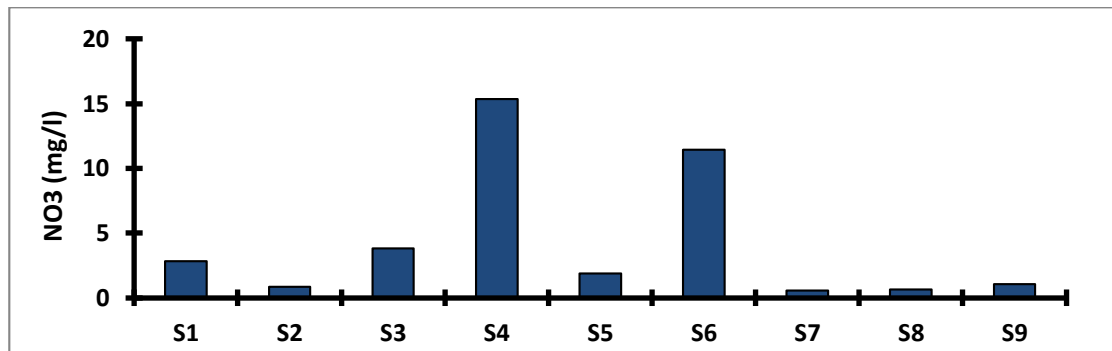


Figure 32: Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrates (Mars 2016)

IV.1.3.3. Les nitrites ; ammonium

Dans notre cas les concentrations des nitrites et d'ammonium sont nulles ce qui prouve que les sources de Kanoua sont bien protégées des apports en nitrite et en ammonium.

IV.1.4. les éléments mineurs

IV.1.4.1. Le fer

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{2+} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{3+} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'oxydoréduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité dans l'eau. Les teneurs en fer des eaux des sources sont élevées (0.17 et 0.59 mg/l) (*figure 34*) cela provient de l'altération de la biotite et la mise en solution de cet élément.

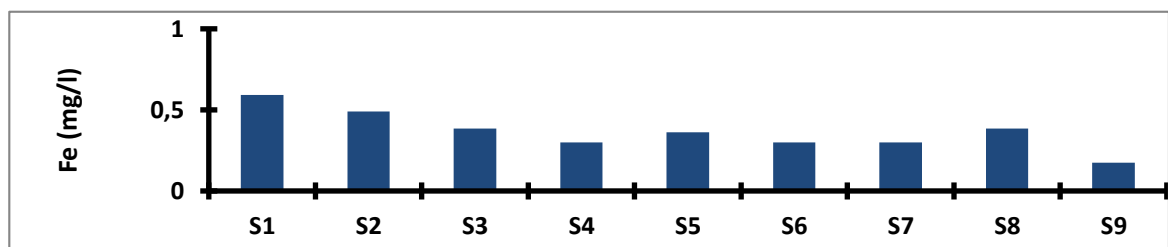


Figure 33 : Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer (Mars 2016)

IV.1.5.Paramètres chimique

IV.1.5.1.Détermination des principaux faciès chimique

L'interprétation des résultats d'analyses chimiques des éléments majeurs était nécessaire pour bien identifier les faciès hydrochimique et avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux des sources de Kanoua.

Pour déterminer les faciès chimiques des eaux de la région d'étude, une représentation graphique, basée sur le diagramme triangulaire de Piper (*figure 24*), a été effectuée à partir des résultats analytiques obtenus durant la campagne de prélèvement (Mars 2016).

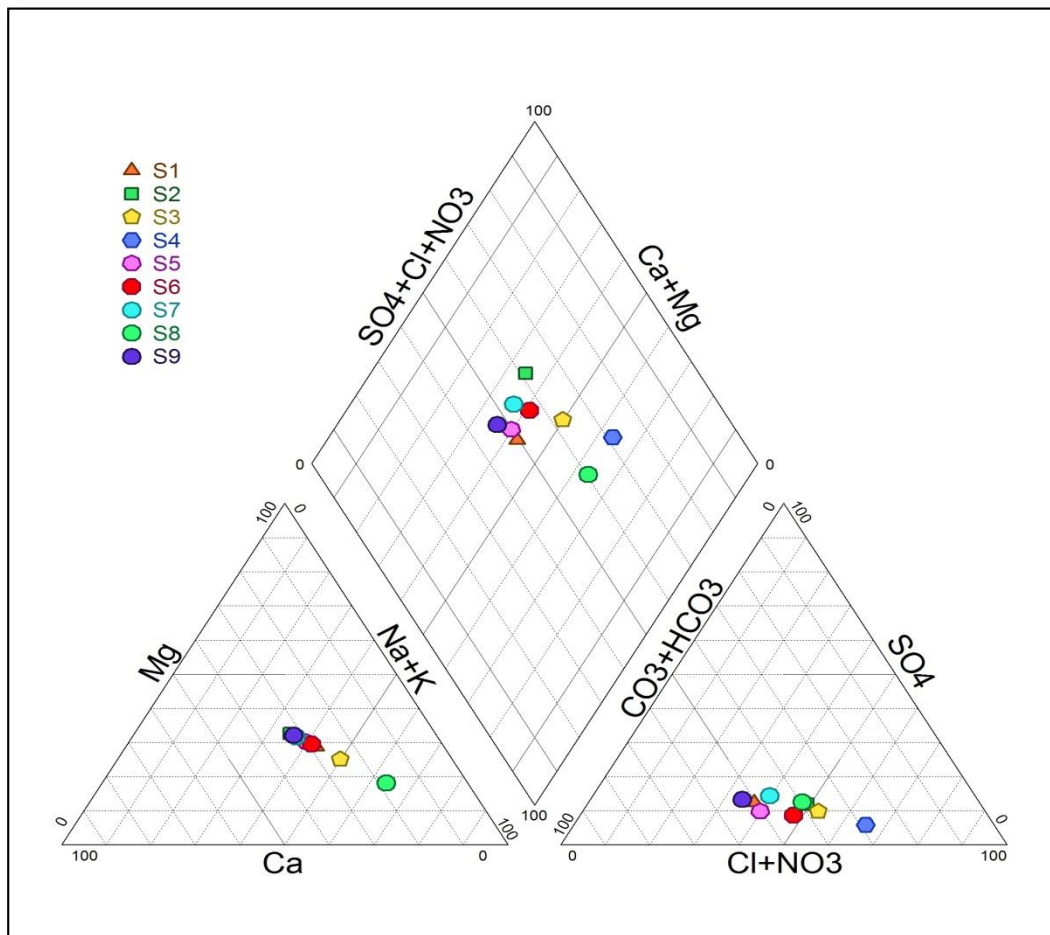


Figure 34 : Faciès chimiques des eaux des sources selon le diagramme de Piper (Mars 2016)

Cette représentation a montré l'existence des faciès chimiques suivants :

- ✓ Chloruré sodique ;
- ✓ Bicarbonaté sodique ;
- ✓ Bicarbonaté calcique.

IV.2. Etude des paramètres physico chimique des eaux des deux sources de suivie

Afin d'avoir une idée sur la réponse des sources au cours d'un épisode pluvieux, nous avons procédé à un suivi journalier pour deux sources (Hekam et Sdimete), ce suivi concerne la variation de débit des sources, ainsi que la réponse de la chimie pour les éléments : chlorures, sulfates, calcium, magnésium, Fer, nitrates, nitrite, phosphate et ammonium. Les résultats obtenus sont illustrés dans les graphiques ci-dessous.

IV.2.1. Relation pluies et débit des sources

L'évolution temporelle des valeurs des débits et des précipitations met en évidence l'existence d'un faible décalage entre les pics observés pour ces deux paramètres. Les deux sources ne répondent pas immédiatement aux pluies mais accusent un retard de 5 jours en raison probablement de système de fracturation (*figure 35*).

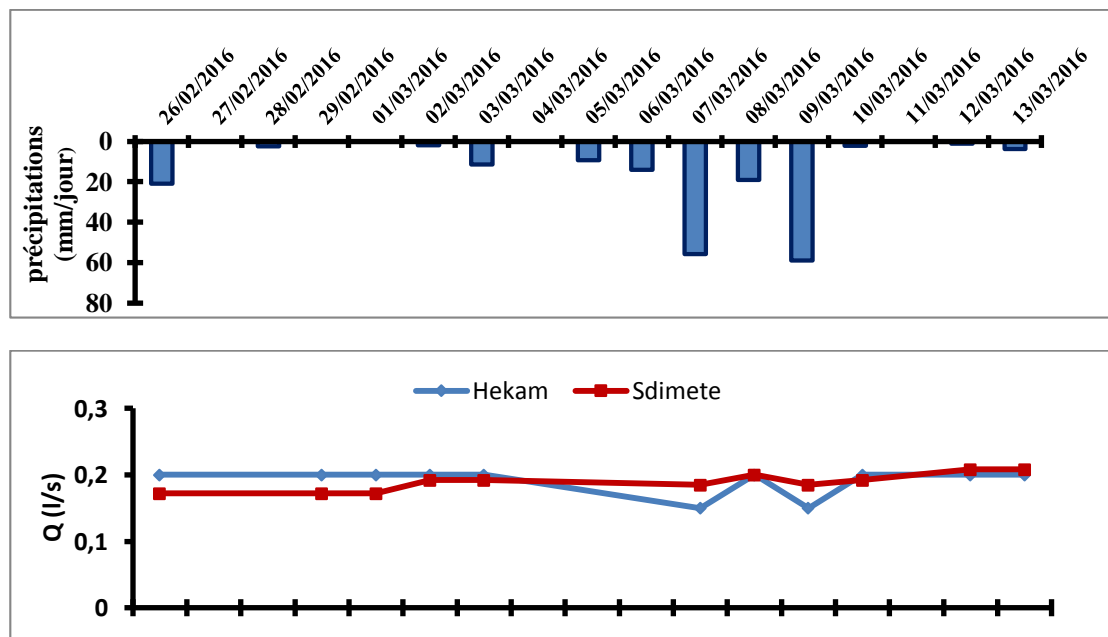


Figure 35: Evolution des débits des deux sources étudiées (26/02/2016 à 13/03/2016)

IV.2.3. Évolution journalière des éléments chimiques

L'évolution des teneurs des différents éléments chimiques nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

Les teneurs en Mg et Ca sont faibles et leurs évolutions journalières montrent bien un retard de l'évolution de concentration de calcium dans les deux sources (*figure 36*). Cet retard peut être expliqué par le temps de l'interaction eau-roche qui n'est pas suffisant pour la mise en solution de cet élément. Une chute des teneurs en Mg en raison de la dilution par l'infiltration des précipitations, par la suite l'élévation des débits induit l'apport de cet élément et l'augmentation de ses concentrations dans l'eau des deux sources.

On a enregistré des teneurs en sulfates dans les eaux d'Ain Hekam similaires avec le débit alors que Ain Sdimete présentent des fluctuations importantes malgré la réponse retard de cette source (*figure 36*). Ceci explique la dominance de l'origine atmosphérique des sulfates.

Il apparaît que les teneurs en chlorures montrent des variations similaires avec les précipitations dans les deux sources. Ils sont atteignent leur maximum après les fortes précipitations (*figure 36*), ce qui confirme l'origine météorique des chlorures.

Nous ne constatons globalement que les concentrations en orthophosphate sont plus importantes à Ain Sdimete par rapport à Ain Hekam. Une chute significative des teneurs en phosphates (1.6 à 0.02 mg/l) (*figure 38*) en raison de la dilution par l'infiltration des précipitations. Au niveau d'Ain Hekam les teneurs en phosphates sont toujours faibles, ils n'ont pas enregistré une fluctuation avec les précipitations.

Les teneurs des bicarbonates sont marquées un retard dans les deux sources après chaque pic de pluie (*figure 37*), ceci est du à la dégradation de la matière organique qui nécessite beaucoup du temps pour libérer le CO₂.

A Ain Sdimete est la plus influencés par les nitrates et l'ammonium, en raison de sa proximité de l'agglomération du chef lieu de Kanoua. Les courbes des concentrations de ces deux éléments montrent une augmentation brutale de l'ammonium (*figure 38*), cette dernière peut s'expliquer par un apport anthropique de cet élément. La chute des concentrations par la suite indique la dilution des concentrations par les eaux de pluies.

Les nitrates se comportent inversement dans les deux sources (*figure 38*), indiquant le phénomène d'oxydation à Ain Hekam, et l'effet de dilution à Ain Sdimete.

Les variations des teneurs en sodium montrent sa mobilité au cours du lessivage des terrains traversé par l'eau de pluie (*figure 36*).une réponse plus au moins rapide d'Ain Sdimete par rapport à Ain Hekam. Un retard de pic est marquée dans les deux sources, ceci expliquée par l'altération difficile de l'encaissent granitique.

Le Fer a un comportement assez proche de Na⁺ (altération des minéraux), avec des concentrations faibles cependant, un peu plus élevées dans les eaux d'Ain Sdimete avec la réponse toujours retard des deux sources (*figure 38*).

Le potassium ne montre pas de réponse, parce que cet élément est difficilement altérable de l'encaissant, sa mise en solution dans l'eau prend beaucoup du temps (*figure 37*).

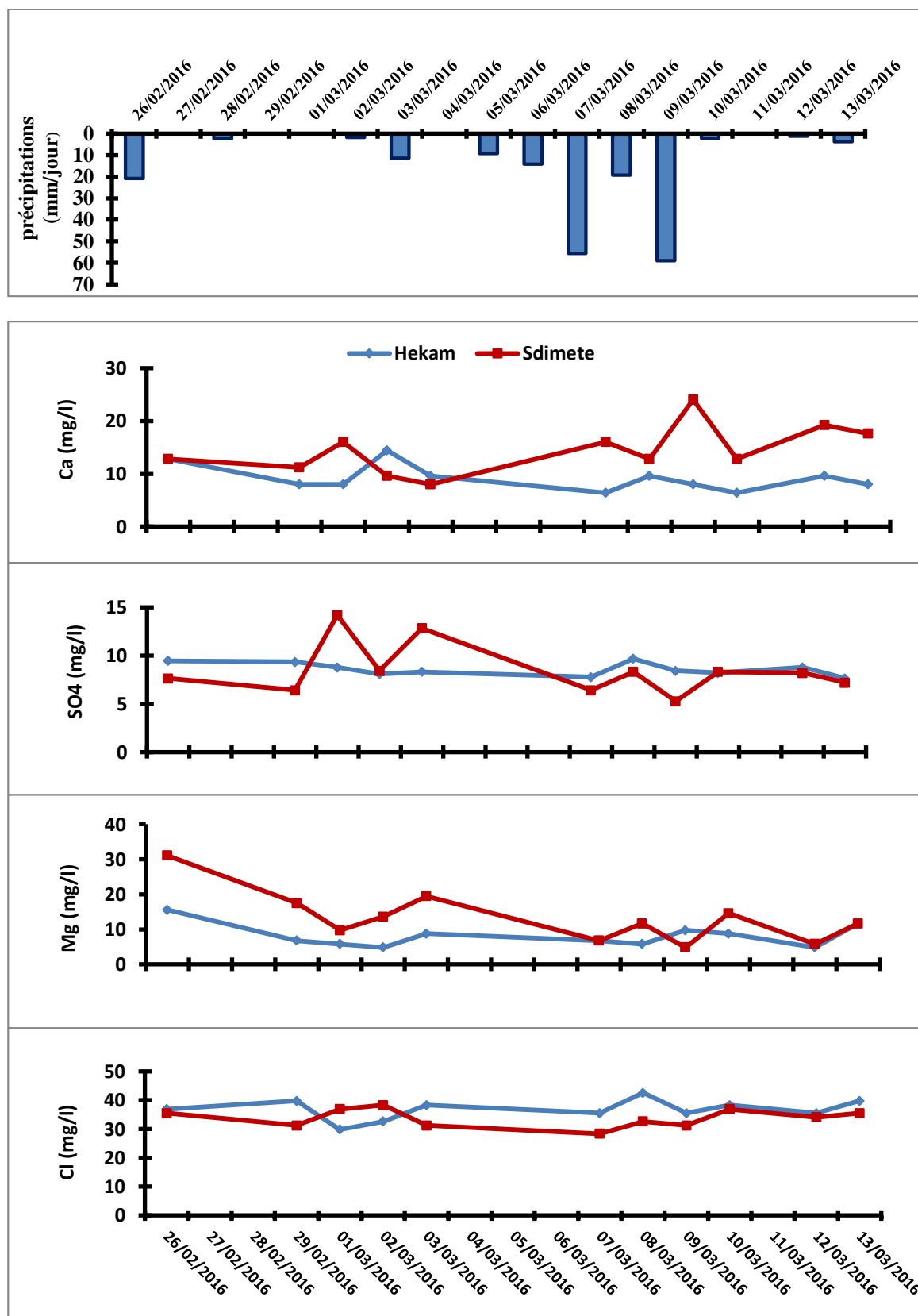


Figure 36 : Evolution des teneurs en éléments majeurs des eaux des deux sources étudié (26/02/2016 à 13/03/2016)

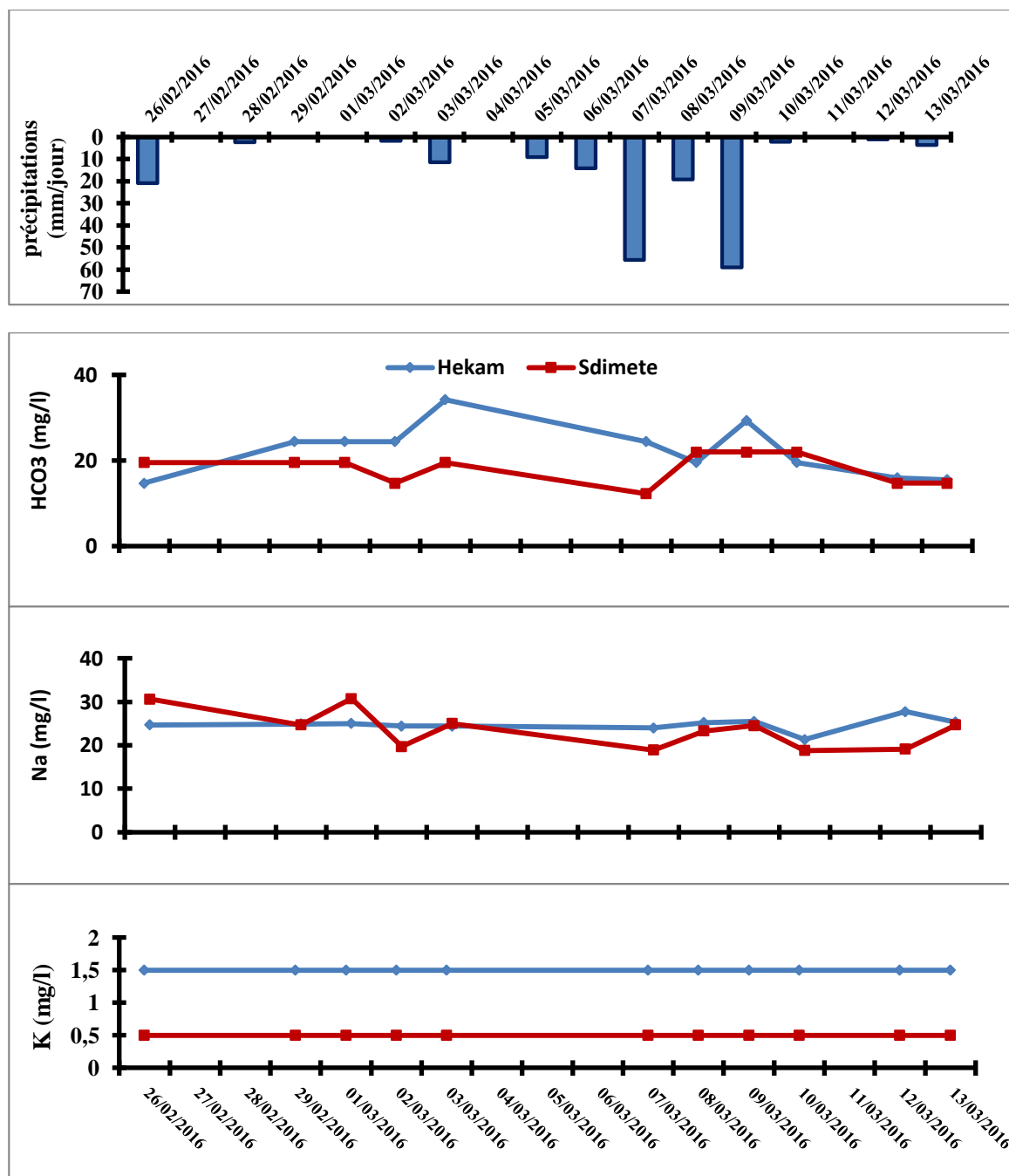


Figure 37 : Evolution des teneurs en éléments majeurs des eaux des deux sources étudié (26/02/2016 à 13/03/2016)

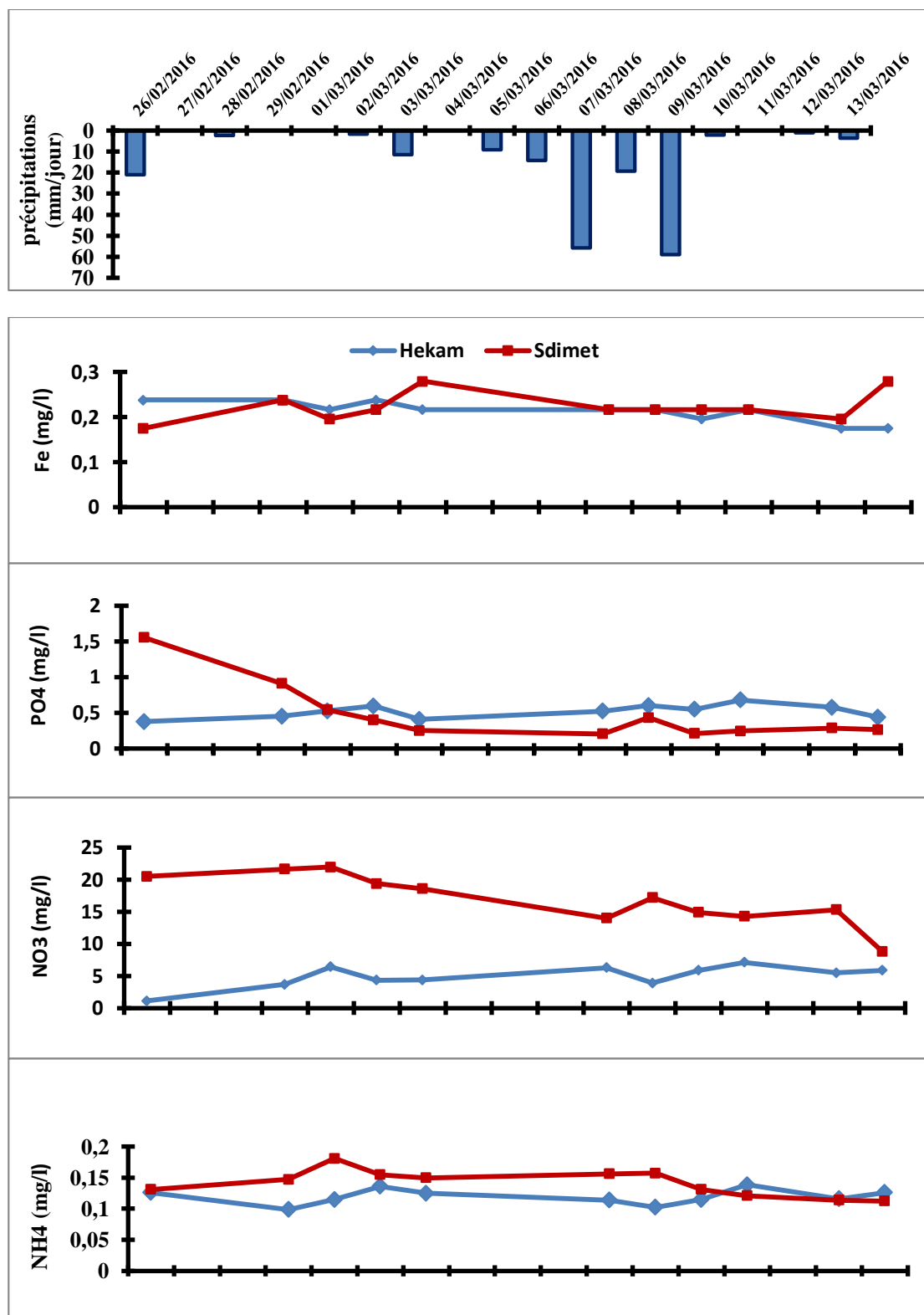


Figure 38: Evolution des teneurs en Fer et en éléments de pollution (26/02/2016 à 13/03/2016)

Une augmentation du débit accompagné par une augmentation de la concentration des chlorures, sulfates avec un temps de retard d'une journée. La réponse rapide de chlorure confirme son origine météorique.

Une diminution des concentrations des bicarbonates, indiquant que la dégradation de la matière organique nécessite un temps plus longs, ainsi qu'un apport anthropique marqué par la présence de l'ammonium, du phosphate et des nitrates

Généralement la réponse de Ain Sdimete précède celle de Ain Hekam, à cause de la position topographique des deux sources, sachant que Ain Sdimete prend une position sommitale par rapport à Ain Hekam qui se situe à une différence d'altitude de -100 m.

On peut conclure que ces sources sont formées dans l'arénite granitique, donc la réponse des sources dépend de l'importance de cette arénite qui constitue le réservoir de la source, de même l'importance de phénomène d'arénétisations dépend de la topographie des formations.

IV.3. Etude des paramètres microbiologiques des eaux des sources naturelles

IV.3.1. Premier prélèvement

Sources paramètres	Siouane	Ain Taleb	Ain Hekam	Ain Gharrouy	Ain Ghboula	Ain Sdimete	Draa Erris	Ain Zidane	Ain Dwiwer
FTAM	200	1100	1300	900	400	300	700	500	1600
Coliformes totaux	00	00	460.10²	240.10²	00	20.10²	00	00	00
Coliforme fécaux	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Clostridium	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
salmonella	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs

Tableau 10 : résultats des analyses des eaux des sources du premier prélèvement

- ✓ L'analyse bactériologique des eaux provenant des sources montre l'absence totale des streptocoques fécaux, clostridium, salmonella, et les coliformes fécaux ;

- ✓ Mais elle donne des valeurs plus élevés que la norme admise de la flore totale aérobie mésophile FTAM mesurée a 22C° obtenu avec la technique de dénombrement sur milieu liquide, ceci est du probablement a une contamination au niveau de laboratoire au moment d'analyse (mauvaise manipulation) ;
- ✓ On note aussi la présence des coliformes totaux au niveau des sources (Hekam, Gharrouy et Sdimete) avec des valeurs compris entre 20.10^2 et 460.10^2 UFC/100 ml nombre qui conforme la norme algérienne (50000 UFC/100 ml dans le milieu liquide) ;
- ✓ Cette résultats pourrait être expliqué Une contamination fécale des eaux de source (Hekam, Gharrouy, Sdimete) du a l'infiltration importante des eaux usée urbaines de la région de Kanoua.

IV.3.2. Deuxième prélèvement

Sources	Siouane	Ain Sdimete	Ain Zidane	Ain Gharrouy	Ain Hekam
Paramètres					
FTAM (μFC/ml)	110	60	20	$0.6.10^3$	>300
Coliformes fécaux	00	00	00	00	00
Coliformes totaux	00	460.10^2	00	53.10^2	>110
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	00
Clostridium	abs	abs	abs	abs	abs
salmonella	abs	abs	abs	abs	abs

Tableau 12 : résultats des analyses des eaux des sources du deuxième prélèvement

- ✓ Les analyses montrent l'absence totale des streptocoques fécaux, clostridium, salmonella, et les coliformes fécaux. Elle donne aussi des valeurs un peut élever des FTAM (>300 dans la source de Hekam) ;
- ✓ Une présence des coliformes totaux au niveau des sources (Hekam, Gharrouy, Sdimete) avec des valeurs (53.10^2 et 460.10^2 UFC/100 ml), les valeurs sont toujours dans les normes algériennes ;
- ✓
- ✓ les résultats des analyses des eaux d'Ain Hekam montrent une contamination au niveau de laboratoire.

Les teneurs des éléments physicochimiques des eaux des sources de Kanoua sont conformes aux normes des eaux potables. Ils sont des eaux de nature douce. La charge bactérienne fécale apparaît dans les sources d'Ain Sdimete, Gharrouy et Hekam où les agglomérations sont fréquentes.

Conclusion

L'eau est un constituant majeur de toute matière vivante et joue un rôle primordial, irremplaçable dans le développement de la vie humaine, animale et végétale, ainsi que dans l'évolution des sociétés.

Le travail entrepris dans le cadre de ce projet est une contribution à l'étude de la qualité des eaux des sources de Kanoua. Ces sources représentent une ressource précieuse très sollicitée par la population urbaine et périurbaine de la région de Kanoua. Ils sont exposés à différentes sources de pollution et en particulier des eaux usées.

L'analyse de la qualité physico-chimique des eaux de certaines sources permet de mettre en évidence les faits suivants :

- ✓ Les eaux des sources ont une minéralisation très faible avec des valeurs de la conductivité électrique inférieures à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$;
- ✓ ces eaux ont un caractère acide. Cette acidité liée à l'absence de minéraux facilement altérables et à un recyclage efficace des éléments nutritifs par la végétation ;
- ✓ Lors de cette étude, les teneurs en calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), titre hydrotimétrique (TH), bicarbonates (HCO_3^-), chlorure (Cl^-) et sulfates (SO_4^{2-}) sont très faibles et dans la norme algérienne ;
- ✓ Sur la base des résultats préliminaires obtenus, nous pouvons dire que les eaux des sources de Hekam, Sdimete présentent des variations plus importantes en paramètres de pollution (ammonium, nitrate, phosphate) par rapport aux autres sources.

Au cours de notre étude, nous avons pu déduire que Ain Gharrouy, Ain Hekam, Ain Sdimete sont des sources connues une charge bactérienne fécale par les coliformes fécaux, due à des produits chimiques toxiques (rejets urbains) infiltrée.

le suivie de l'évolution dans le temps de débit et de la chimie des eaux des deux sources (Ain Sdimete et Ain Hekam), à un pas du temps journalier pendant 17 jours , nous ont permis de comparer les variations de concentrations en calcium, magnésium, bicarbonates, sodium, potassium, chlorures, nitrites, nitrates ammonium et fer. Pour chaque élément, nous avons cherché les arguments pouvant apporter des indices sur leur origine et les mécanismes de mobilisation, en relation avec la composante granitique de Cap Bougaroun. Cette dernière a toujours une importance prépondérante, au vu des faibles concentrations car le granite est souvent peu altérable.

L'étude physico-chimique des eaux des sources de Kanoua est rencontrée des obstacles importants par rapport à une documentation limitée sur le terrain (morphologie, couverture pédologique, géologie du bassin versant dans son ensemble).

Conclusion

En fin et comme perspectives :

- ✓ Il est nécessaire de faire : un suivie périodique de la qualité physico chimique et microbiologique des eaux de ces sources afin d'éviter la contamination pour protéger la santé de la population consommatrice.
- ✓ De protéger ce patrimoine naturel de toute sorte de pollution.
- ✓ sensibiliser les consommateurs aux risques des eaux polluées sur la santé humaine.
- ✓ Renforcer le plateau de technique des laboratoires pour assurer un contrôle régulier des sources en eau.
- ✓ Adopter une véritable politique e développement durable et un système d'aménagement de l'environnement.

BRAULT.J, MONOD. J., 1989 : Mémento technique de l'eau. *Ed. Dégerment*, pp : 592.

Bouillin, J.P., 1977 : Géologie Alpine de la petite Kabylie dans la région de Collo et d'El-Milia (Algérie), *thèse Doct. Uni. P. & Curie*, 511.

Cambau E ; Donval L et Harrar Y., 2013 : Le monde des bactéries (2), Agent infectieux Cours 5.

Chevalier P., 2003 : Coliformes fécaux, in Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, *Institut national de santé publique du Québec*, p 3.

Dromgny E., 2012 : Les critères microbiologiques des denrées alimentaires : Règlementation, agents microbiens, autocontrôle, *Edition TEC et DOC, Lavoisier*, pp 159-253.

Encyclopédie., 1998 : Encyclopédie de la langue française.

FETTOUH FAIROUZ., 1999 : Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville.

Franck R. ,2002 : Analyses des eaux aspects réglementaires et technique. *Séries sciences et techniques de l'environnement*, pp 19-187.

Gommella G. et Guerre H., 1980 : Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. *1ere Edition Eyrolles*, pp218.

Guiraud J. P., 1998 : Microbiologie alimentaire, *Edition DUNOD*, pp 3-6.

Grimaldi, C., 1988 : Origine de la composition chimique des eaux superficielles en milieu tropical humide : exemple de deux petits bassins sous forêt en Guyane. *SCI. Géol., Bull., Strasbourg*, 41, 3- 4, pp 247-262.

I A E A., 2008 : Isotope de l'environnement dans le cycle hydrologique. *I A E A, VIENNE*, pp 61, ISSN : 1018-5518.

JORA., 2011 : Décret exécutif n° 11-125 correspondant la qualité de l'eau de consommation humaine, pp 7-9.

LAOUFP.S, BENOUIS.,2003 : Méthode d'utilisation et de maintenance des différents appareils utilisée dans le contrôle de qualité physicochimique de l'eau de boisson.

Larpent J. P., 1988 : Biologie des eaux : Méthodes et techniques, *Edition Masson, p 187.*

Meybeck M. ,1984 : Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. *Thèse d'état. Univ. P et M. Curie. Ecole Normale Sup. Laboratoire de géologie. Paris.*

Mémoire C.C.S : (Cabinet consulting service) Oran pp : 14-16.

Ouabadi A., 1994 : Pétrologie, Géochimie et origine des granitoïdes peralumineux à cordiérite (Cap –Bougaroun, Béni –Toufout et Filifila) Algérie Nord orientale. *Thèse Doct. Univ Rennes I, France.*

Ramade F., 1998 : Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. *Édition dunod 1.*

Robinson R.K. BattC.A., Patel P.D.2000: Encyclopedia of Food Microbiology.

RODIER. , 1984 : Analyse de l'eau *Ed. Bordas Paris pp : 68.*

Rodier J., 2009 : l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *9^{ème} édition, Paris, p 1579.*

Roubault M., 1934 : La Kabylie de Collo, Etude géologique. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, Alger, 2^e série, N°10.*

Villagines R., 2000 : Villagines R., 2000. Eau et environnement et santé public. Introduction d'hydrologie. *Edition : TEC ET DOL. Lavoisier, pp 213.*

[1]: <http://www.gds38.asso.fr/web/gds.nfs>.

[2] - <http://anne.decoaster.free.fr/bagene/bacterie.htm>.

Annexe I : méthode d'analyses physicochimique

LABORAT OIR	<u>Détermination de l'azote ammoniacal</u> <u>(NH₄⁺)</u>	ISON°715
------------------------	---	-----------------

Réactif

- **Réactif I**

- ✓ Acide dichloroisocyanurique 2g.
- ✓ Hydroxydesodium(NaOH)3.2g.
- ✓ H₂O distilléeq.s.p 100 ml.

- **Réactif II (coloré)**

- ✓ Trictrate de sodium13g.
- ✓ Salicylate de sodium 13g.
- ✓ Nitropruciate de sodium0.097g.
- ✓ H₂O distilléeq.s.p 100 ml.

Appareillage

Spectrophotomètre UV- Visible

Mode opératoire

- ✓ Prendre 0.5 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 0.5 ml du réactif I
- ✓ Ajouter 0.5 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h.

*L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺

Effectuer la lecture à 655 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

LABORATOIR E AGREE	Dosage des nitrites (NO₂⁻)	ISON°566 7
-------------------------------	---	-----------------------

Réactifs

Réactif mixte

- ✓ Sulfanilamide2 g.
- ✓ Acide phosphorique 5 ml.
- ✓ N-I- Naphtyle éthylène diamine0.1 g.
- ✓ H₂O distilléeq.s.p 50 ml.

Appareillage

Spectrophotomètre UV- Visible

Mode opératoire

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- ✓ Attendre 20mn

*l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻

Effectuer la lecture à **540 nm.**

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

LABORATOIRE AGREÉ	<u>Dosage des nitrates</u>	T90-012
	<u>(NO₃⁻)</u> Méthode au salicylate de sodium	

Réactifs

- ✓ Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toutes les 24h)
0.25 g de salicylate de sodium dans 50 ml d'eau distillée.
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium 30%.
15 g de NaOH dans 50 ml d'eau distillée.
- ✓ H₂SO₄ concentré.
- ✓ Tartrate double de sodium et de potassium.
Hydroxyde de sodium Na OH 200g.
Tartrate de sodium et de potassium 30g.
Eau distilléeq.s.p 500ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 500 ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Appareillage

- Etuve.
- Spectrophotomètre UV- Visible.

Mode opératoire

- ✓ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- ✓ Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- ✓ Evaporer à l'étuve 75-88°C.

(Ne pas surcharger ni sur chauffer très longtemps) laisser refroidir).

- ✓ Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10mn.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm

LABORAT OIR AGREE	<u>Détermination des phosphates</u> <u>(PO₄³⁻)</u>	ISO N°6878
----------------------------------	---	-----------------------

Réactifs

- **Réactif mixte**

- ✓ Heptamolybdate d'ammonium6.5g.
- ✓ L'eau distillé.....50ml.

A

- ✓ Tartrate d'antimoine.....0.175g.
- ✓ Eau distillée50ml.

B

- ✓ Acide sulfurique pur50 ml.
- ✓ Eau distillée50 ml.

C

(A+B) + C → 500 ml d'eau distillée.

- **Acide ascorbique à 10 %**

- ✓ Acide ascorbique 5g.
- ✓ Eau distillé.....50ml.

- **Solution mère à 50 mg/l PO₄³⁻**

Solution fille à 2mg/l PO₄³⁻.

Appareils

Spectromètre UV visible

Mode opératoire

- ✓ 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ 1ml acide ascorbique.
- ✓ 2ml du réactif mixte
- ✓ Attendre 10 mn le développement de la couleur bleu.
- ✓ Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880nm

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

LABORAT OIR AGREE	<u>Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺)</u>	ISO N°6058 Ou
----------------------------------	--	-----------------------------------

Réactif

- **Solution d'E.T.A N/50(C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O) :(0.02 ou 0.01M)**
 - ✓ EDTA.....3.725g
après déshydratation à 50°C pendant 2 h.
 - ✓ H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.

- **Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N**
 - ✓ NaOH (pastilles) 80 g.
 - ✓ H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.

- **Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) Ph -10.1**
 - ✓ Chlorure d'ammonium 67.5g.
 - ✓ NH₄OH (25%)..... 570 ml.
 - ✓ HCl concentréph- 10.1
 - ✓ H₂O distillée q.p.s 1000 ml.
 - ✓ **Noir eriochrome T.**

Solution étalon référence, c(CaCO₃)= 0.01 mol/l

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2 heures à 150°C.

En introduire 1g dans une fiole conique de 500 ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous .éviter un excès d'acide.

Ajouter 200 ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone.

Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3 mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.

Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000 ml et compléter au volume et compléter au volume avec de l'eau distillée.

1ml de la solution contient 0.4008 mg (0.01 mol/l) de calcium.

Mode opératoire

(V1) Ca^{2+} :

- ✓ Prendre 25 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1 ml de NaOH à 2 N.
- ✓ Ajouter du Murexide.
- ✓ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

(V2) $\text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$:

- ✓ Prendre 25 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2 ml de NH_4OH 5(10.1).
- ✓ Ajouter noir eriochrome.
- ✓ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Expression des résultats

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Mg/l Ca}^{2+} = \frac{V_1 * C_{\text{EDTA}} * F * M_{\text{Ca}^{2+}}}{\text{P.E}}$$

D'où :

V_1 : volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : concentration molaire d'EDTA (0.01 M /l). **Eau à analyser**

$M_{\text{Ca}^{2+}}$ masse molaire du calcium en g.

P.E : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : facteur.

Donc :

$$\text{Mg/lCa}^{2+} = \frac{V_1 * 0.01 * F * 40.08}{\text{P.E}} * 1000$$

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = V_1 \times F \times 16.032$$

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante :

$$\text{mg /Mg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * C_{\text{EDTA}} * F * M_{\text{Mg}^{2+}}}{\text{P.E}} * 1000$$

D'où :

V_2 : volume total d'E.D.T.A

V_1 : volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : concentration molaire d'EDTA (0.01M/l).

$M_{\text{Mg}^{2+}}$: masse molaire du magnésium en g.

P.E : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : facteur.

$$\text{Mg/lMg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * 0.01 * F * 24.6}{25} * 1000$$

Donc :

$$\text{Mg/l Mg}^{2+} = (V_2 - V_1) \times F \times 9.72$$

LABORATOIR AGREE	<u>Détermination des chlorures</u> <u>(Cl)</u>	NFT 90- 014
-----------------------------	--	------------------------

Réactifs

- **Solution de nitrate d'argent à 0.01 N**
1.6987 D'Ag NO₃ → 1000 ml d'eau distillée.
- **Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10%**
10g de K₂CrO₄ → Q.s.p 100 ml d'H₂O distillée.
- **Solution de chlorures 71 mg/l**
0.107 de NH₄Cl.....1000ml d'eau distillée.

Mode opératoire

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 0.5 gouttes de K₂ CrO₄ (coloration jaunâtre)
- ✓ Titrer avec Ag NO₃ à 0.01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

Expression des résultats

$$\frac{F.G.V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl^-}}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} \times 0.01 \times 35.5 \times F \times 1000}{50}$$

$$F.S : m : l Cl^- = V_{AgNO_3} \times 20 \times F.$$

V_{AgNO₃} : volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO₃} : normalité d'AgNO₃.

M_{Cl⁻} : Masse des chlorures.

F : facteur de correction du titre d'AgNO₃.

PE : prise d'essai.

LABORAT OIR AGREE	<u>Détermination des Sulfates</u> <u>(SO₄³⁻)</u>	Méthode allemande Elaborée par
---------------------------------------	---	--

Réactifs :

Solution mère de sulfates à 1g/l à partir de Na₂SO₄

Peser 1.479g de Na₂SO₄.....1000 ml d'eau distillée.

Solution stabilisante

- ✓ Acide chlorhydrique(c).....60ml.
- ✓ Ethanol 200 ml.
- ✓ Chlorure de sodium150g.
- ✓ Glycérol 100 ml.
- ✓ Eau distilléeq.s.p.1000 ml.

Solution de chlorure de baryum

- ✓ Chlorure de baryum150g.
- ✓ Acide chlorhydrique5 ml.
- ✓ Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

Appareil

Spectromètre UV visible

Mode opératoire

- ✓ Prendre 20 ml à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- ✓ Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant 1 mn
- ✓ Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420$ nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm

LABORATOIR AGREÉ	<u>Détermination de l'alcalinité</u> <u>(cl)</u>	NF T0- 036
-----------------------------	---	-----------------------

Réactif

- ✓ Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :
- ✓ Solution d'HCl à 0.1 N :

S d'HCl à 0.1 N.....10 ml.

H₂O distilléeq.s.p 100 ml.

Mode opératoire

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Noter son Ph puis titrer avec HCl à 0.1 N jusqu'à obtention d'un ph de 4.3.

Expression des résultats

$$F.G = \frac{V_a \times N_a \times M_{HCO_3^-} \times 1000}{PE} = \frac{V_a \times 0.1 \times 61 \times 100}{50}$$

$$F.S : V_{A_1} \times 12.2 = \text{mg/l } HCO_3^-$$

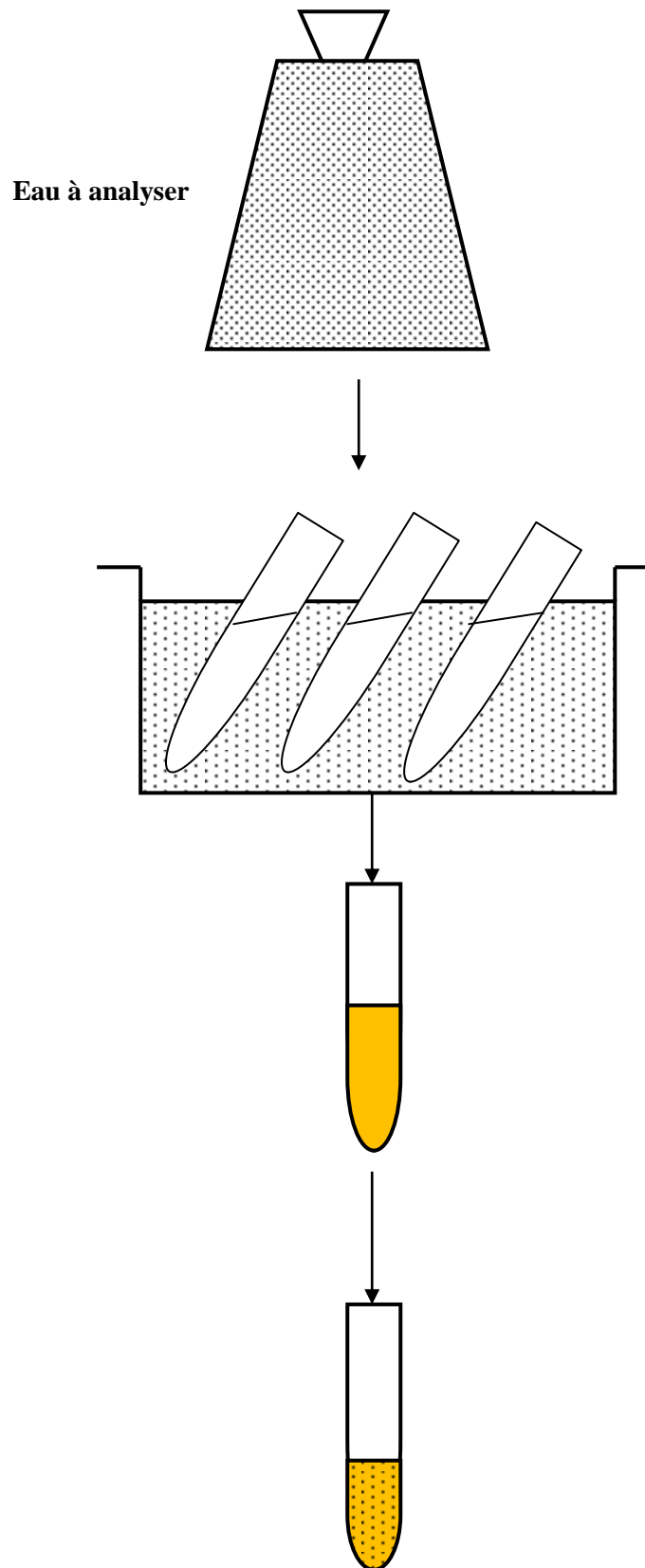
V_a : volume d'acide versé

N_a : normalité d'acide versé

MHCO₃⁻ : masse des bicarbonates (HCO₃⁻)

P.E : prise d'essai.

Annexe III : méthode d'analyse microbiologique



Apparition de colonies noires : présence de *Clostridium sulfitoréducteurs*.

Figure 11 : Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium sulfitoréducteurs*

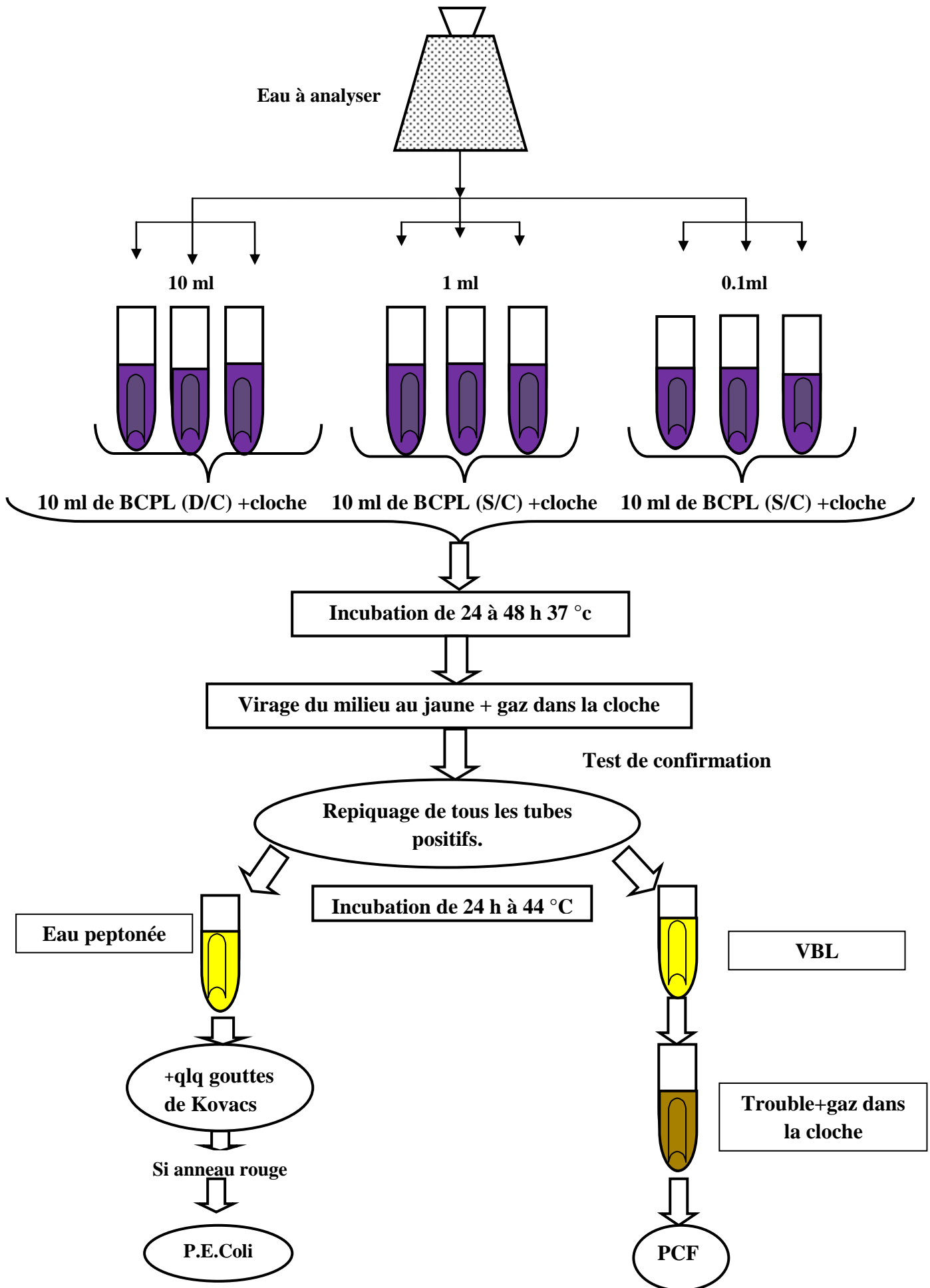


Figure 12 : Dénombrement des coliformes fécaux méthode des tubes multiples

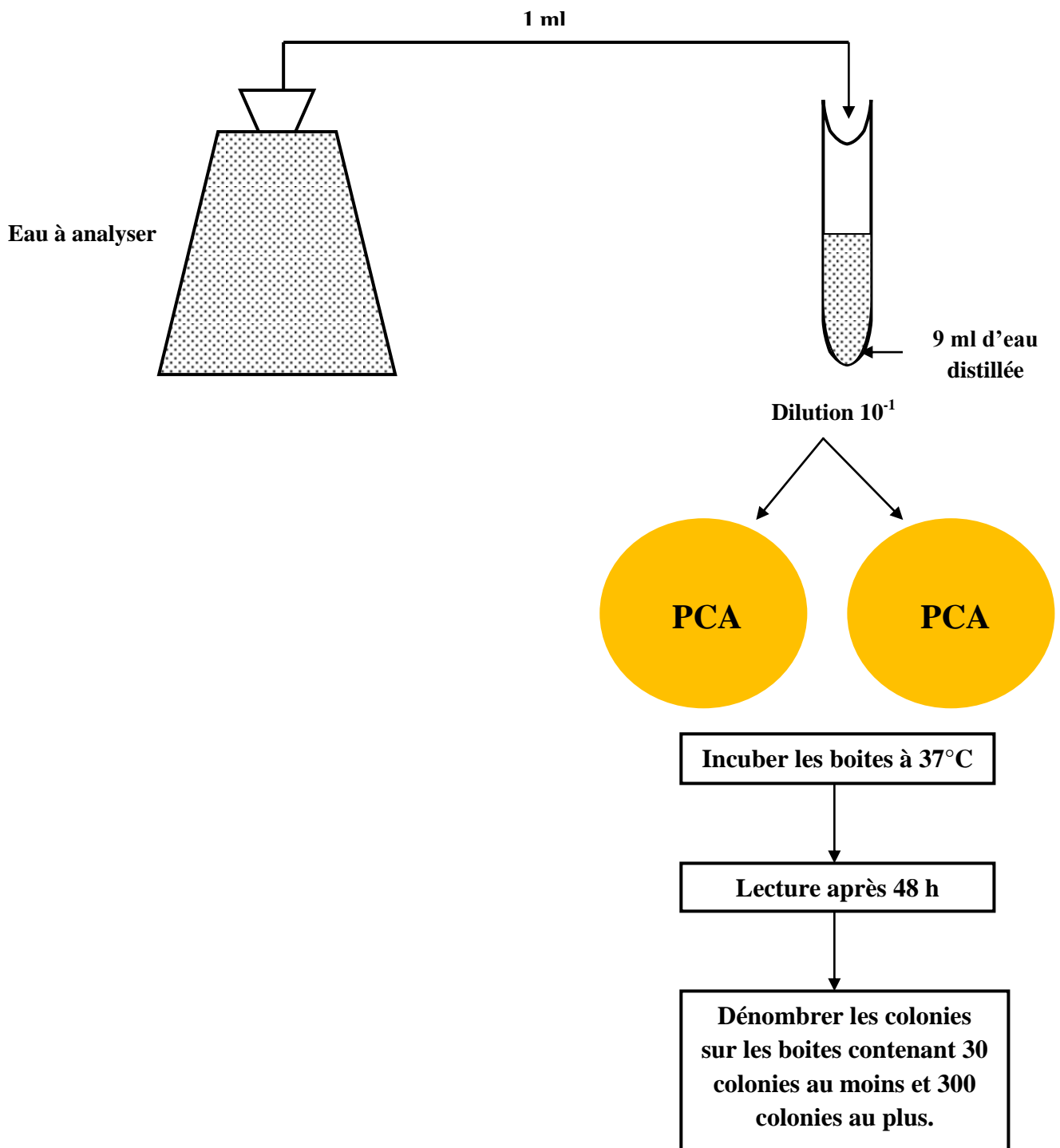


Figure : Dénombrement des germes totaux FTAM

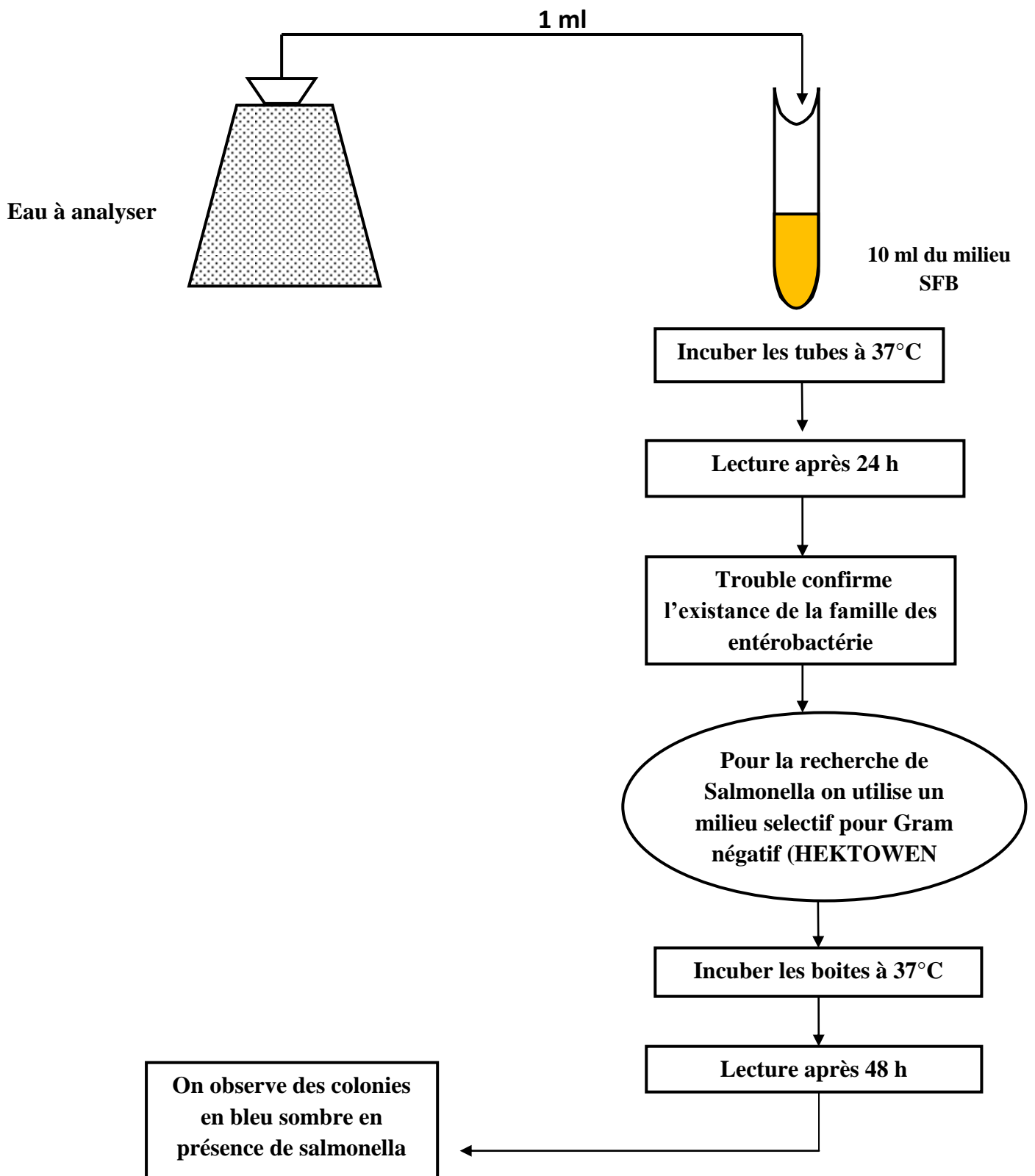


Figure: Recherche de Salmonella

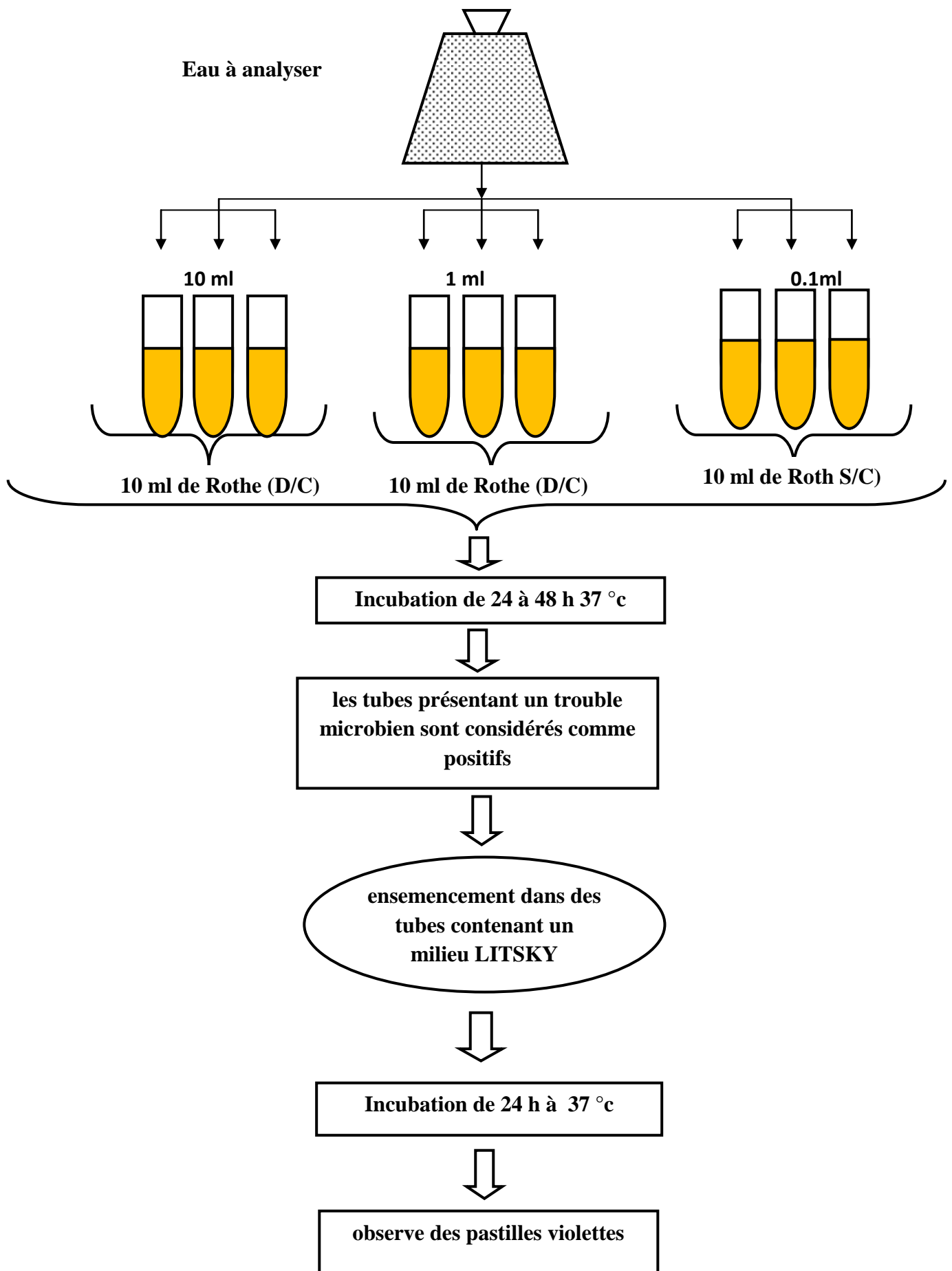


Figure : Dénombrement des streptocoques fécaux

Résumé

L'eau est menacée de nos jours par la pollution du fait alors d'une pareille dégradation des ressources hydriques. La connaissance de la qualité de l'eau est une condition primordiale permettant l'instauration d'un système de gestion qui contribuera à garantir l'approvisionnement en eau dans le futur. Les eaux de sources de Kanoua constituent l'une des ressources les plus précieuses en eau potable de la région. L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source dans un système cristallin granitique en référence avec des normes algériennes de qualité. Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu (eau de source souterraine) et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : La conductivité ; la température ; le pH ; les cations (calcium, magnésium, potassium et sodium) ; les anions (chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate) ; les germes pathogènes (clostridium, salmonella, coliformes fécaux et totaux).

Les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes en vigueur (normes algériennes JORA, 2011). En ce qui concerne la contamination bactérienne des eaux souterraines, on constate que les eaux de sources présentent deux catégories distinctes dont 67% des eaux analysés ont une excellente qualité (catégorie 1) et 33% présentent une contamination fécale (catégorie 2).

Mots clés : Kanoua, sources, qualité, physicochimique et microbiologie, système cristallin

Abstract

The water is threatened today by pollution since then of such degradation of water resources. Knowledge of water quality is an essential condition for the establishment of a management system that will help ensure water supply in the future. Water sources Kanoua are one of the most valuable drinking water resources in the region. The objective of this study was to evaluate the physical - chimique and bacteriological quality of spring water in a crystalline granitic system with reference to the Algerian standards of quality. This study intended to carry out physicochemical and bacteriological analyzes to characterize the environment (underground water source) and highlight the parameters that determine the water quality to know: The conductivity; temperature; pH; cations (calcium, magnesium, potassium and sodium); anions (chloride, sulfate, nitrate and bicarbonate); pathogens (Clostridium, salmonella, fecal and total coliforms). The results showed that the majority of physicochemical parameters meet the standards (Algerian standards JORA, 2011). Regarding the bacterial contamination of groundwater, it is found that the sources of water have two distinct categories including 67% of the analyzed waters have excellent quality (category 1) and 33% have fecal contamination (category 2).

Key words: Kanoua, sources, quality, physical-chimique and bacteriological, crystalline granitic system

المخلص

تعرف الثروة المائية الحالية تدهورا كبيرا من حيث النوعية بسبب خطر التلوث، لذلك فمعرفة نوعية المياه المستهلكة شرط أساسي من شأنه أن يساعد على ضمان الثروة المائية في المستقبل. تعتبر الينابيع الطبيعية في قنوات واحدة من أثنى موارد مياه الشرب في المنطقة. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه الينابيع في قنوات التي تنتمي إلى مجموع الصخور البركانية من نوع الغرانيت كما تسلط هذه الدراسة الضوء على العوامل التي تحدد نوعية المياه نذكر منها: الناقلية الكهربائية، درجة الحرارة، درجة الحموضة، الكاتيونات (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم)؛ الأيونات (كلوريد، كبريتات و نترات والبيكربونات)؛ وبعض أنواع البكتيريا المسببة للأمراض (السالمونيلا ومجموع القولونيات) لنقارنها بالمعايير الجزائرية لجودة المياه الصالحة للشرب. فيما يتعلق بالتلوث الجرثومي لمياه الينابيع، وجد أن مصادر المياه تقسم إلى فئتين مختلفتين 67% من المياه تم تحليلها وهي ذات نوعية ممتازة (فئة 1) و 33% من هذه المياه تعرضت لتلوث بكتيري (الفئة 2)

الكلمات المفتاحية : قنوات، ينابيع مائية، تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية، غرانيت.