

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة الجبالي بونعامة خميس مليانة

Université Djillali Bounaâma de Khemis Miliana



Faculté des Scientifiques et de la Technologie

Département de génie des procédés

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en génie des procédés

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Thème

Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources dans la région d'Ain Defla.

Réalisé par :

M^r Ousseini Daouda Boubacar

M^{elle} Sanoussi M.Ali hadjia Fanta

Devant le jury :

M^{me} C.MESLI

Présidente

M^{elle} L.OUADAH

Examinatrice

M^r M. HAMIDI

Encadreur

M^r B. MEKHANEG

Co-encadreur

Année Universitaire : 2017-2018

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier vivement notre Promoteur Monsieur M. HAMIDI et notre Co-promoteur Monsieur B.MEKHANEG d'avoir accepté de diriger ce travail et pour leurs précieux conseils et leurs encouragements durant le déroulement de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos vifs remerciements à tous les enseignants du département de Génie des procédés.

Nous remercions également le personnel des Laboratoires (GP, Chimie 3 et la laiterie Arib).

En fin, nos vifs remerciements à toute personne ayant Contribué à l'élaboration de ce travail.

Merci du fond du cœur....

Dédicace

Je ne peux m'empêcher de remercier le maître des cieux et de la terre, le merveilleux, le tout puissant ALLAH de m'avoir permis la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Sans l'ombre d'un doute je dédie entièrement ce modeste travail à mes très chers parents, qui m'ont soutenu et conseillé corps et âme tout au long de mon cursus scolaire.

Je le dédie aussi à l'ensemble du corps professoral de l'université Djillali Bounaama de khemis Miliana particulièrement aux enseignants du département de Génie des procédés.

Je n'y manquerais point l'ensemble des étudiants étrangers résidant à Khemis-Miliana et l'ensemble des étudiants nigériens en Algérie avec qui, j'ai passé des merveilleux moments tout au long de mes études supérieures en Algérie.

A mon binôme, M^{lle} FANTA pour sa bonne collaboration et son dynamisme pour la réalisation de ce travail.

Enfin à tous et à toutes qui m'ont aidé ou conseillé de près ou de loin dans mon parcours à la quête du savoir.

Ousseini Daouda Boubacar

Dédicace

Par la grâce d'Allah le tout miséricordieux, l'unique et omnipotent,
Je dédie ce modeste et noble travail aux personnes qui me sont chères.
Tout d'abord à la mémoire de ma grande mère Soumaram, j'aurai bien voulu que tu sois la
pour voir la personne que suis devenue, tu restes toujours gravée dans nos
mémoires !qu'Allah t'accueille dans son paradis éternel, Ameen.

A mes très chers parents Halima Mai Oumara et Sanoussi Mallam Ali,
Aucune dédicace ne saurait être éloquente pour exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et
le respect que j'ai pour vous. Rien au monde ne vaut vos efforts fournis jour et nuit pour mon
éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis
pour mon éducation et ma formation. Que Dieu vous préserve et vous accorde santé, longue
vie et bonheur et qu'il vous récompense avec djanatil firdaou's. Vos conseils, patience,
compréhension, soutien moral et matériel m'ont été d'un grand secours.

A tous mes oncles et tantes Fanta, Mariam, Bayani et Moustapha, Boucar

A tous mes frères et sœurs , Salamatou, Hamsatou, Hassane et Razak

A tous mes amis d'Algérie, du Niger et de France : Fadimata, Leyla, Maimouna Diarra et
Sidibbé, Salima, Nasser et Ali

A Mohamed Boubacar, tu as toujours été présent pour les bons conseils, ton affection et ton
soutien m'ont été d'une source de motivation. Merci de m'avoir supporté je ne te
remercierais jamais assez.

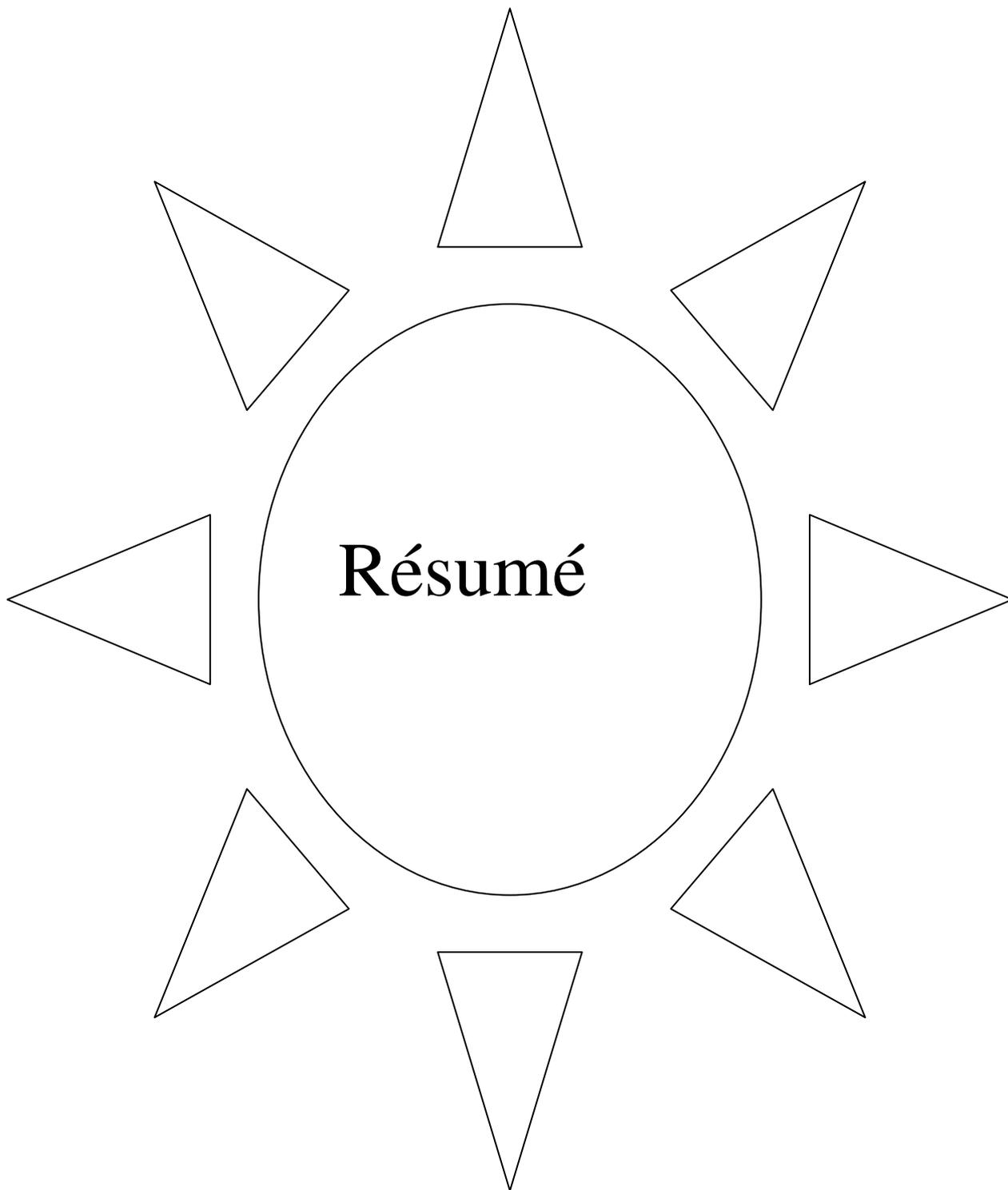
A tous les étudiants Nigériens et étrangers de Khemis Miliana et d'Algérie en général
A tous les professeurs de l'université Djillali Bounaama de Khemis Miliana et en particulier
ceux du département de génie des procédés.

A toutes la famille Mallam Ali et Mai oumara

A mon binôme Boubacar Ousseini

A toutes personnes qui m'ont aidé de loin ou de près. Vous avez toujours été présents pour
les bons conseils, de motivation. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand
secours aussi.

Melle Sanoussi Fanta



Résumé

ملخص

تتناول هذه الدراسة، تقييم نوعية المياه الفيزيو-الكيميائية والبكتريولوجية لمياه الينابيع في المنطقة الشمالية الغربية لجبل دوي ، التي تنتمي إلى مستجمع مياه الشلف العلوي، في ولاية عين الدفلة. من أجل دراسة نوعية هذه المياه، تم اختيار ستة ينابيع (06 محطات). أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والجرثومية التي أجريت في المختبرات المختلفة لجامعة الجيلالي بوعامة بخميس مليانة وفي ملبنة أريب، أن الصفات الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه و أيضا البكتيرية متفاوتة من محطة إلى أخرى، فقد وجد أن محتوى البوتاسيوم في بعض الينابيع كمدال عن ذلك محطتي عين الكرمة و عين المباركة، يتجاوز المعايير بقليل، ولكن بشكل عام من حيث الجودة الفيزيائية الكيميائية لهذه المياه فإنها مقبولة وتتماشى مع المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية. وفيما يتعلق المقادير أو العناصر البكتريولوجية، فقد لوحظ أن 50٪ من الينابيع التي تم دراستها ملوثة جزئيا وهي ينابيع مزنتوت و عين المباركة و عين الحجل. التحليل الهيدروكيميائي للمياه التي تمت دراستها، بينت وجود أربع سلاسل مختلفة من المياه وهي: المياه الكبريتية، المياه الكلوريدية و المياه الكلسية والمغنطيسية، بالإضافة إلى ان التوزيع المكاني للعناصر الكيميائية في هذه المياه، يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالجيولوجيا و إلى علم الصخور من طبقة المياه الجوفية. في الختام، إن عينات المياه الينابيع المدروسة ذات معايير جودة الفيزيو-كيميائية والجرثومية مقبولة حسب المعايير المطلوبة من قبل منظمة الصحة العالمية

الكلمات المفتاحية: المياه، الينابيع، النوعية، الفيزيائية-الكيميائية، الجرثومية، المعايير، عين الدفلة

Résumé

Cette étude concerne l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans la région du Nord-Ouest de Djabel de Doui, appartenant au bassin versant du haut Chélif, dans la wilaya d'Ain Defla. Afin de caractériser cette eau, six sources (06 stations) ont été choisies. Les résultats d'analyses physico-chimique et bactériologique, effectuées dans les différents laboratoires de l'université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana ainsi au niveau de la laiterie d'Arib, ont montré que la qualité physico-chimique ainsi que bactériologique de ces eaux, variée d'une station à une autre également, il a été constaté que la teneur en Potassium dans les sources Ain karma et Ain moubaraka, dépasse un peu plus les normes, mais dans l'ensemble sur le plan qualité physico-chimique ces eaux sont acceptables et conformes aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Concernant les paramètres bactériologiques, il a été remarqué que 50% des sources étudiées sont partiellement contaminées et qui sont M'zentout, Ain Moubaraka et Ain elhidjel. L'analyse hydrochimique des eaux étudiées, a permis d'identifier quatre faciès d'eau différents à savoir : Sulfatée, Chlorurée Calcique et Magnésienne, en plus la répartition spatiale des éléments chimiques dans ces eaux, est fortement liée à la géologie et à la lithologie de l'aquifère. En conclusion les échantillons d'eau des sources étudiées répondent aux normes de qualité physico-chimique et bactériologique exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Mots clés : Eau, source, Qualité, Physico-chimique, Bactériologique, Ain defla.

Summary

This study concerns the assessment of the physicochemical and bacteriological quality of spring water in the North-West region of Djabel de Doui, belonging to the Upper Chélif watershed, in the Ain Defla wilaya. To characterize this water, six sources (06 stations) were chosen. The results of physicochemical and bacteriological analysis, carried out in the different laboratories of the Djillali Bounaama University of Khemis-Miliana and at the Arib dairy, have shown that the physicochemical and bacteriological quality of these waters , varied from one station to another also, it was found that the potassium content in Ain karma and Ain moubaraka sources, exceeds a little more on normal standards, but overall in terms of physico-chemical quality these waters are acceptable and in line with the standards recommended by the World Health Organization (WHO). Regarding the bacteriological parameters, it has been noticed that 50% of the sources studied are partially contaminated and those are M'zentout, Ain Moubaraka and Ain elhidjel. The hydrochemical analysis of the waters studied, has allowed to identify four different facies of water namely: Sulfated, Calcium Chloride and Magnesia, in addition the spatial distribution of the chemical elements in these waters, is strongly related to the geology and the lithology of the aquifer. In conclusion, the water samples from the studied sources answer the physicochemical and bacteriological quality standards required by the World Health Organization (WHO).

Key words: Water, source, Quality, Physico-chemical, Bacteriological, Ain defla.

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I.1. Classification des eaux selon la conductivité	4
Tableau I.2. Classe de turbidités usuelles (NTU, néphélogéométrie turbidité unité).....	5
Tableau I.3. Norme OMS (2006) pour l'eau potable.....	10
Tableau I.4. Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie	11

Chapitre II

Tableau II.1. Lieux de prélèvement, code d'échantillon et matériels utilisés.....	17
Tableau II.2. Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses	18
Tableau II.3. Types de solution et produit utilisés pour les différents analyses.....	18
Tableau II.4. Les matériels et solutions d'analyses bactériologiques utilisés.....	19
Tableau II.5. Les débits des différentes sources.....	20

Chapitre III

Tableau III.1. Variation des Paramètres physico-chimiques	32
Tableau III.2. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques étudiés et normes.....	34
Tableau III.3. Résultats des Paramètres bactériologiques	47

Annexes

Tableau A.1. Nombre le plus probable (NPP)	A08
Tableau A.2. Norme bactériologique (OMS, 2002) de potabilité.....	A09
Tableau A.3. Utilisation de la Table de NPP dénombrement des coliformes (S. M'zentout)	A09
Tableau A.4. Utilisation de la Table de NPP dénombrement des coliformes (S. Ain El Hidjel)	A09

Liste des figures

Chapitre II

Figure II.1. Carte de la situation géographique de la plaine de Khemis Miliana.....	15
Figure II.2. Réseau hydrographique de la plaine de Khemis Miliana.....	16
Figure II.3. Test présomption de Coliformes Totaux	27
Figure II.4. Le lecteur des Tubes.....	27
Figure II.5. Test conformation des Coliformes Fécaux	28
Figure II.6. Présence d'E-Coli	28
Figure II.7. Test présomption des Streptocoques Fécaux	29
Figure II.8. La lecture des tubes	39
Figure II.9. Test confirmatif des Streptocoque Fécaux	30
Figure II.10. La lecture des tubes	30
Figure II.11. Présence d'E-Coli	31

Chapitre III

Figure III.1. Diagramme de température des sources d'eaux (A, B, C, D, E et F)	35
Figure III.2. Diagramme du pH des eaux étudiées	35
Figure III.3. Diagramme de conductivité électrique des points d'eau étudiés.....	36
Figure III.4. Diagramme de la salinité des sources d'eau étudiées	37
Figure III.5. Diagramme de la turbidité des points d'eau étudiés.....	37
Figure III.6. Diagramme de l'Oxygène dissous des sources d'eau étudiées.....	38
Figure III.7. Diagramme de la matière en suspension des points d'eau étudiés	38
Figure III.8. Diagramme de résidu sec des points d'eau étudiés.....	39
Figure III.9. Diagramme de Titre Alcalimétrique des points d'eau étudiés.....	39
Figure III.10. Diagramme de Titre Alcalimétrique complet des points d'eau étudiés	40
Figure III.11. Diagramme de la Titre Hydrométrique des points d'eau étudiés	40
Figure III.12. Diagramme Calcium des points d'eau étudiés.....	41
Figure III.13. Diagramme de Magnésium des points d'eau étudiés.....	41
Figure III.14. Diagramme de chlorure des points d'eau étudiés	42
Figure III.15. Diagramme de potassium des points d'eau étudiés.....	42
Figure III.16. Diagramme de sodium des points d'eau étudiés	43
Figure III.17. Diagramme d'ammonium des points d'eau étudiés.....	44

Figure III.18. Diagramme de piper	45
Figure III.19. Diagramme de Schoeller-Berkaloff	46

Annexes

Figure A.1. Figure 1. Multi-paramètre.....	A1
Figure A.2. Turbidimètre.....	A2
Figure A.3. Dosage de Chlorure.....	A3
Figure A.4. Dosage dureté Totale.....	A3
Figure A.5. Etuve.....	A4
Figure A.6. Papier filtre.....	A5
Figure A.7. Spectrométrie d'émission de flamme.....	A6
Figure A.8. Courbe d'étalonnage de sodium	A6
Figure A.9. Courbe d'étalonnage de potassium	A7
Figure A.10. Checkit disc.....	A7
Figure A.11. La présence de Clostridium sulfito réducteur	A10

Liste des abréviations

BCPL : Bouillon lactose au propre de Bromocrésol

Bouillon Rothe : Bouillon à l'azide de sodium

BGN : Bacille germe négative

°C : Degré Celsius

CGP : Cocci germe positive

COD : Conductivité

Cm² : Centimètre carré, **Cm** : Centimètre

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

D/C : Double Concentration

E : Echantillon

E. Coli : Escherichia coli

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

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

G/1ml : Germe par 1 millilitre

Ind : indénombrable

Km : Kilomètre

L/S : Litre par seconde

MES : Matière en suspension

Moy : moyenne

mg/l : Milligramme par litre

ml : Millilitre

NA : Normes Algériennes

NTU : Unité turbidité Néphélogétrie

OMS : organisation mondiale de la santé

PH : Potentiel hydrogène

RS : Résidu Sec

S/C : Simple Concentration

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

TGEA : Tryptone Glucose Extract Agar

TH : Titre hydrométrique (Dureté Totale)

µs /Cm : Micro-siémen par centimètre

Table des Matières

Dédicace

Remerciements

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes des abréviations

Introduction générale..... 0 1

Chapitre I Généralités sur l'eau

I.1 Introduction02

I.2. Ressource en Eau.....02

I.2.1. Eau souterraine02

I.2.2 .Eau de surface.....02

I.3 Paramètres organoleptiques03

I.3.1. Couleur03

I.3.2. Odeur03

I.3.3. Goût03

I.3.4 .Saveur04

I.3.5. Flaveur04

I.4. Paramètres physico-chimiques03

I.4.1. Paramètres physiques03

I.4.1.1. Température03

I.4.1.2. Conductivité électrique04

I.4.1.3 Potentiel hydrogène04

I.4.1.4. Turbidité04

I.4.1.5. L'oxygène dissous05

I.4.1.6. Résidu Sec (RS).....05

I.4.1.7. Matière en suspension (MES)05

I.4.1.8. Salinité05

I.4.2 Paramètres chimiques.....06

1.4.2.1. Calcium (Ca^{2+}).....06

1.4.2.2 Magnésium (Mg^{2+})06

1.4.2.3.. Chlorures (Cl^-)06

1.4.2.4. Ions de Sodium (Na^+)06

1.4.2.5. Ions de Potassium (K^+).....06

1.4.2.6. Ions Ammonium (NH_4^+).....07

I.4.2.7. Ion Fer (Fe^{2+})	07
I.4.2.8. Ions Carbonates et Bicarbonates.....	07
I.4.2.9. Ions Sulfates (SO_4^{2-}).....	07
I.4.2.10. Ions Phosphates (PO_4^{3-}).....	07
I.4.2.11. Ions Nitrates (NO_3^-) et (Nitrites NO_2^-).....	07
I.4.2.12. Titre alcalimétrique (TA)	07
I.4.2.13. Titre alcalimétrique complet (TAC)	08
I.4.2.14. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	08
I.4.2.15. Demande biochimique en oxygène (DBO_5).....	08

I.5. Propriétés Microbiologiques.....08

I.5.1. Les germes Totaux à 22 °C et 37°C pathogène	09
I.5.2. Les coliformes Totaux	09
I.5.3. Les coliformes Thermo-tolérants	09
I.5.4. Les Streptocoques Fécaux (37 C°)	09
I.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs.....	09

I.6. Qualité des eaux selon les normes

I.6.1 Les normes de l'organisation mondiale de la santé(OMS)	10
I.6. 2 Les normes algériennes.....	11

I.7 Les eaux des sources.....12

I.7.1. Définition	12
I.7.2. Aperçu général sur les eaux des sources.....	12

I.8 Les sources.....12

I.8.1. Définition	12
I.8.2. Nature et localisation des sources.....	12
I.8.3. Différents types de sources.....	13

Chapitre II Matériels et Méthodes

II.1. Introduction.....14

II.2. Présentation de la zone d'étude14

II.2.1. Sur le plan régional	14
II.2.2. Sur le plan local	14
II.2.3. Dans le Cadre géologique	15
II.2.4. Réseaux Hydrographique	15

II.3. Echantillonnage et prélèvement15

II.3.1 Echantillonnage	15
II.3.2prélèvement.....	17

II.4. Analyse physico-chimique.....18

II.4.1. Matériel et appareillages d'analyse	18
---	----

II.5. Analyses microbiologique.....19

II.6. Méthodes d'analyse physico-chimique.....19

II.6.1. Mesure de débit	20
-------------------------------	----

II.6.1.1. Méthode Jaugeage capacitif.....	20
II.6.2. Analyse physique.....	21
II.6.2.1. Température.....	21
II.6.2.2. Turbidité.....	21
II.6.2.3. PH.....	21
II.6.2.4. Conductivité.....	21
II.6.2.5. Dureté Totale.....	22
II.6.3. Analyse chimique.....	21
II.6.3.1. Alcalinité (TA).....	21
II.6.3.2. Alcalinité (TAC).....	22
II.6.3.3. Mesure des chlorures.....	23
II.6.3.4. Calcium (Ca ²⁺).....	23
II.6.3.5. Magnésium (Mg ²⁺).....	24
II.6.3.6. Potassium et sodium.....	24
II.6.3.7. Ammonium.....	24
II.6.3.8. Matières en Suspension.....	25
II.6.3.9. Oxygène dissous(O ₂).....	25
II.6.3.10. Résidu sec.....	25
II.6.4 Faciès chimiques.....	25
II.6.4.1 Diagramme losangique de Piper.....	25
II.6.4.2. Diagramme logarithmique de schoeller-Berkaloff.....	26
II.7. Analyse microbiologie.....	26
II.7.1. Recherche des germes totaux.....	26
II.7.1.1. Mode opératoire.....	26
II.7.1.2. Incubation et lecture.....	26
II.7.1.3. Expression des résultats.....	26
II.7.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP) ..	26
II.7.2.1. Test de présomption.....	26
II.7.2.2. Lecture.....	27
II.7.2.3. Test de confirmation.....	28
II.7.2.4. Lecture.....	28
II.7.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide.....	29
II.7.3.1. Test de présomption.....	29
II.7.3.2. Lecture.....	29
II.7.3.3. Test de confirmation.....	30
II.7.3.4. Lecture.....	30
II.7.4.1. Recherche du coliforme thermo-tolérant (E. Coli) en milieu liquide.....	31
II.7.4.1 Mode opératoire.....	31
II.7.4.2. Lecture.....	31
II.7.5. Recherche des clostridium sulfito-réducteur en milieu liquide.....	31
II.7.5.1 Mode opératoire.....	31
II.7.5.2 Lecture et expression des résultats.....	31

Chapitre III

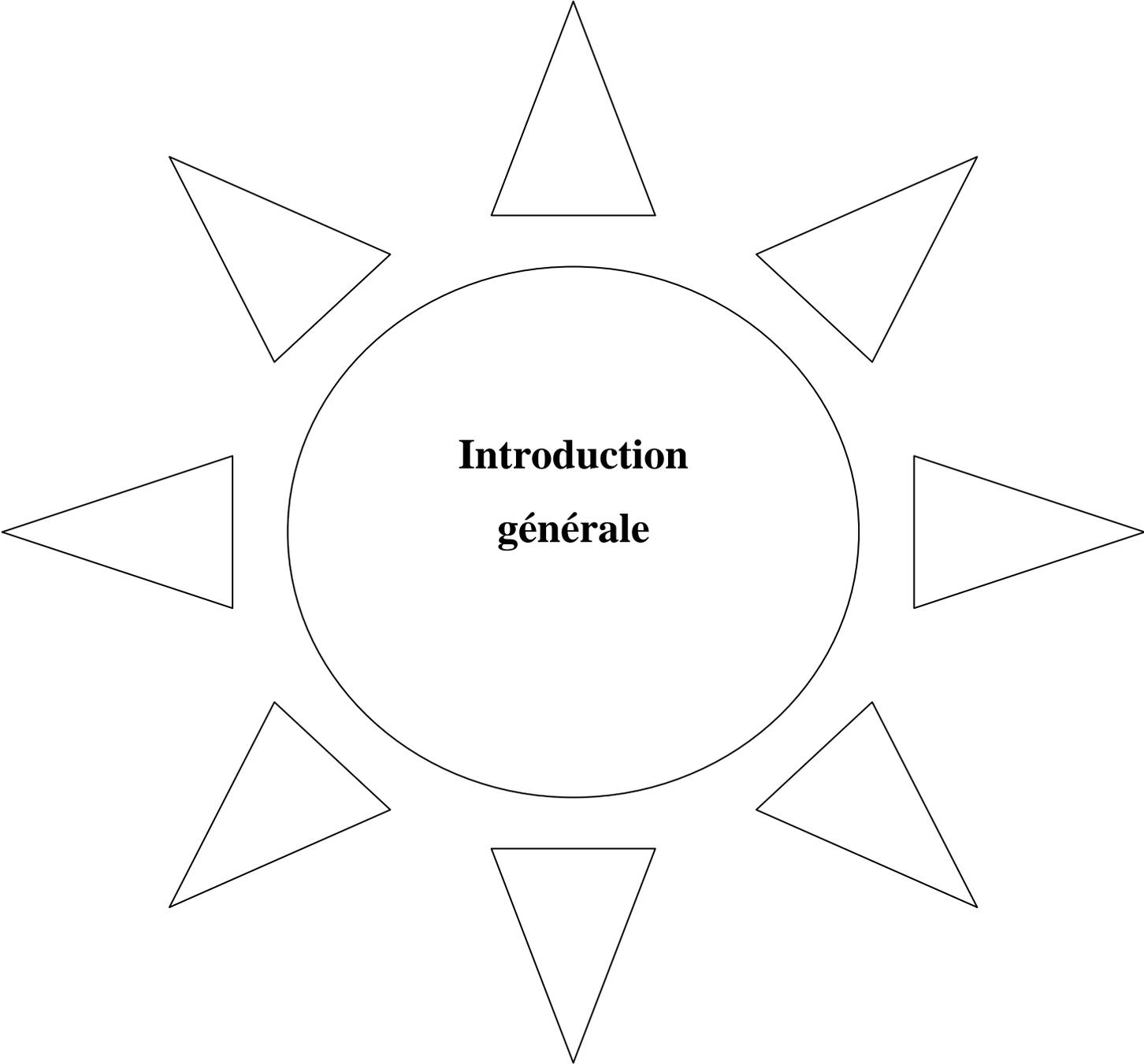
Résultats et discussions

III.1. Introduction.....	32
III.2. Résultats physico-chimiques.....	35
III.2.1. Température.....	35
III.2.2. PH.....	36

III.2.3. Conductivité électrique	36
III.2.4. Salinité	37
III.2.5. Turbidité	37
III.2.6. Oxygène dissous	38
III.2.7. Matière en suspension	38
III.2.8. Résidu Sec	39
III.2.9. Titre Alcalimétrique (TA)	39
III.2.10. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	39
III.2.11. Titre Hydrométrique (dureté totale)	40
III.2.12. Calcium (Ca^{2+})	41
III.2.13. Magnésium (Mg^{2+})	41
III.2.14. Chlorure (Cl^-)	42
III.2.15. Potassium (K^+)	42
III.2.16. Sodium (Na^+)	43
III.2.17 Bicarbonates (HCO_3^-).....	43
III.2.18. Ammonium (NH_4^+)	43
III.2.19 Détermination des principaux faciès hydro chimiques.....	44
III.2.19.1 Diagramme losangique de piper	44
III.2.19.2 Diagramme de Schoeller.....	45
III.3. Résultats bactériologiques	46
III.3.1. Germes Totaux à 37C°	47
III.3.2. Germes Totaux à 22C°	48
III.3.3. Coliformes Totaux.....	48
III.3.4. Coliformes Fécaux	48
III.3.5. Streptocoques Fécaux	48
III. 3.6.Clostridium sulfito réducteur.....	48
Conclusion Générale et recommandations	49

Références bibliographiques

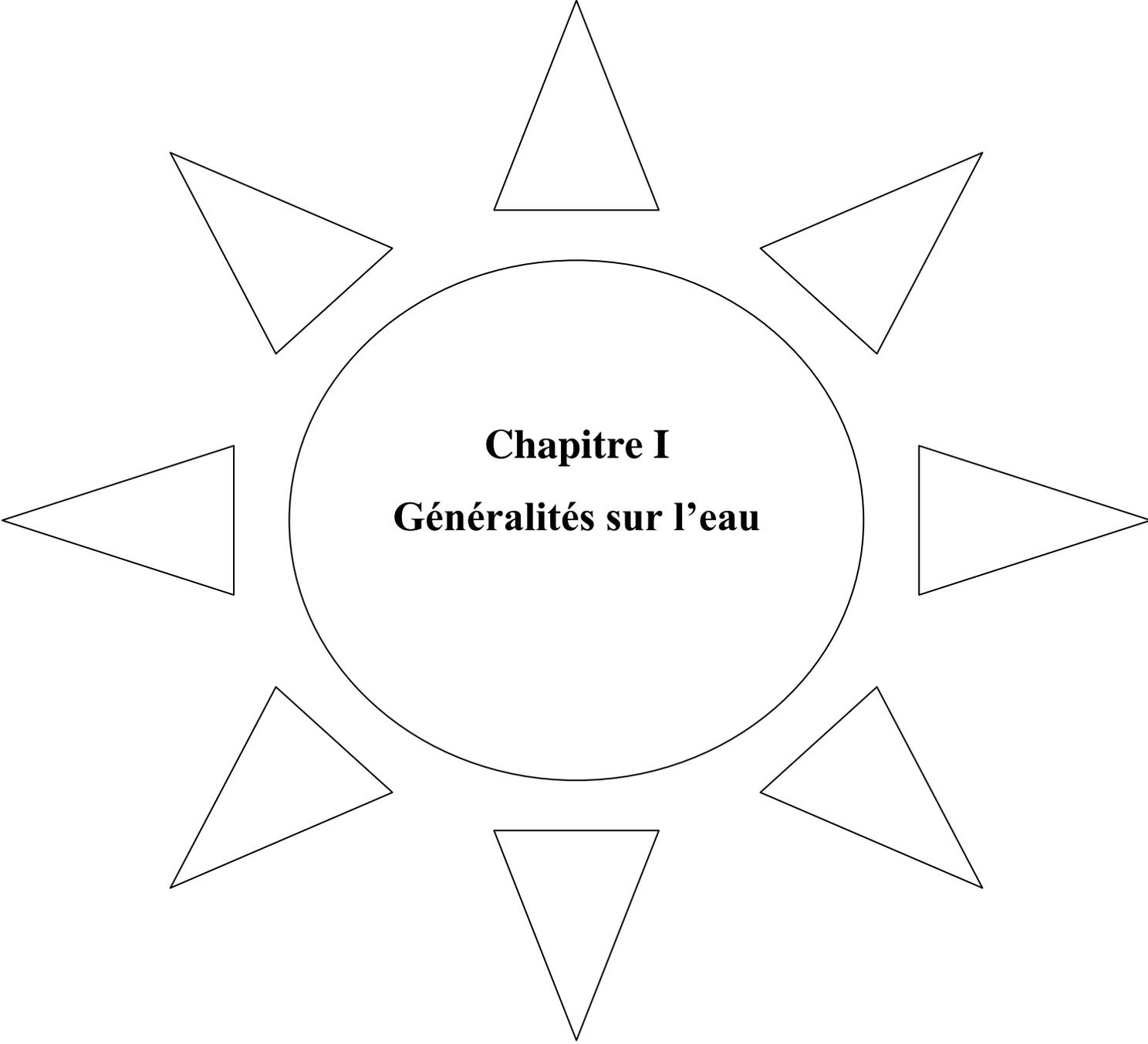
Annexes



**Introduction
générale**

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, elle se congèle à 0°C et devient vapeur au-delà de sa température d'ébullition (100 C°) sous la pression atmosphérique (1 atmosphère). La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux .Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en Irrigation et l'industrie. Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploitation pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle [1]. Pour cette raison dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources, dans la wilaya Ain Defla. Cette étude est répartie comme suit :

1. Après une introduction, une première partie théorique a été consacrée aux généralités sur les eaux, et ce en montrant leurs caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques.
2. Une deuxième partie réservée à la présentation des matériels et des méthodes mis en œuvre dans ce travail, ainsi aux différents essais menés pour la mise au point des méthodes analytiques.
3. Une troisième partie détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale et recommandation.



Chapitre I
Généralités sur l'eau

I.1. Introduction

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène [1]. L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau [1].

1.2. Ressource des eaux

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrage, lacs, rivière), des eaux de surface, et en eaux de mer [1].

1.2.1. Eau Souterrains

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes [1].

1.2.2. Eau de Surface

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau. Il convient ainsi de situer la prise d'eau en amont d'une source importante de pollution et de protéger cette prise d'eau en interdisant l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable. La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides peu minéralisées,...elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement

conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur de charbon actif .l'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs [1]

1.3. Paramètres organoleptiques

1.3.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [2].

1.3.2. Odeur

Odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler. Les échantillons doivent être prélevés dans des récipients en verre hermétiques. Il faut bannir les récipients en plastique. L'examen doit être pratiqué le plus rapidement possible après le prélèvement. L'échantillon peut éventuellement être conservé à 4 °C (2 °C) en évitant toute mise en contact Avec des odeurs étrangères. Le temps de stockage ne doit pas dépasser 72 heures [2].

1.3.3. Le goût

Peut être défini comme: l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique Commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche; La propriété des produits provoquant ces sensations.

1.3.4. La saveur

Peut être définie comme : l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

1.3.5. La flaveur

Peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons Gustatifs et la cavité buccale auxquelles peuvent s'ajouter des sensations Thermiques, tactiles, chimiques, kinésiques, douloureuses, etc... [2]

1.4. Paramètres physico-chimiques de l'eau

1.4.1. Paramètres physiques

1.3.1.1. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. [3].

1.4.1.2. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (S/cm): $1 \text{ S /m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) [4].

Tableaux 1.1. Classification des eaux selon la conductivité [1]

type de l'eau	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Résistivité ($\Omega \cdot \text{m}$)
Eau pure	<23	>30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 4000
Eau douce très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

1.4.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute l'opération de traitement. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre. [6]. Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH [3].

1.4.1.4. Turbidité

La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser la lumière. Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, etc... Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers est relative : certaines populations habituées à consommer une

eau très colorée n'apprécie pas les qualités d'une eau très claire. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension : la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte) [7].

Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité. La turbidité se mesure en unité néphélobimétrie (NTU) [7].

Tableaux 1. 2. Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétric turbidity unity) [4].

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

1.4.1.5. L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau [1].

1.4.1.6. Résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l [9].

1.4.1.7. Matières en suspension

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau [10]. La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence [6]. Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs [11].

1.4.1.8. Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans

l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner [12].

1.4.2. Paramètres chimiques

La qualité chimique de l'eau est l'ensemble des caractéristiques générales de l'eau et des concentrations de minéraux dissous dans l'eau. Elle dépend des types de matériaux présents dans le sol et du temps de contact de l'eau avec ces matériaux. Le terme technique qui désigne les éléments à analyser est «paramètres» [13].

1.4.2.1 Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières [1].

1.4.2.2. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO_4 des terrains gypseux du Trias situés au Sud [1].

1.4.2.3. Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [16].

1.4.2.4. Ions de Sodium (Na^+)

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées [6].

1.4.2.5. Ions de Potassium (K^+)

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules [17]. Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature [18].

1.4.2.6. Ions Ammonium (NH_4^+)

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) [19]. En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la Forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température. [3]

1.4.2.7. Ion Fer (Fe^{2+})

Le fer se classe en 4eme rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j .

1.4.2.8. Ions Carbonates et Bicarbonates

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux Courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates [6]

1.4.2.9. Ions Sulfates (SO_4^{2-})

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du Gypse, où apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/ [18].

1.4.2.10. Ions Phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du Phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, Ceux-ci sont considéré comme indice de contamination fécale entrainant une Prolifération des germes, goût et coloration [6].

1.4.2.11. Ions Nitrates (NO_3^-) et (Nitrites NO_2^-)

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement .Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) [12]. Les nitrates Présents à l'état naturel et solubles dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau [7].

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). Une concentration supérieure à 0,10 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde. [7]

1.4.2.12. Titre alcalimétrique (TA)

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate (CO_3^{2-}) et un tiers environs des phosphates présents [16].

1.4.2.13. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH, (CO_3^{2-}) et (HCO_3^-) pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH⁻ et (CO_3^{2-}) sont négligeables (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seul [16].

1.4.2.14. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. On distingue la dureté carbonatée ou dureté temporaire qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures. Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés des détergents des lessives, savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau. Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb [20].

1.4.2.15. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La demande biologique en oxygène (DBO_5) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en oxygène, le second à la mesure de la concentration résiduaire en oxygène au bout de 5 jours. La DBO_5 est la différence entre ces 2 concentrations. Plus la différence est grande et plus le milieu est demandeur en oxygène et donc mal équilibré car les déchets à transformer sont trop importants [1].

1.5. Propriétés Microbiologique

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène [1].

- Coliforme fécaux
- Coliforme totaux
- Coliforme thermo-tolérant
- Germe totaux
- streptocoques fécaux.

1.5.1. Les germes Totaux à 22°C et 37°C

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra [1].

1.5.2. Les coliformes Totaux

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C [21].

1.5.3. Les coliformes Thermo-tolérants

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de E. coli qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente [22].

1.5.4. Les Streptocoques Fécaux (37°C)

Il s'agit de Cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes Pius ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène [21].

1.5.5 .Les clostridium sulfito-réducteurs

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de Pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle [23]. Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives [24].

1.6 Qualité des eaux selon les normes

Qu'est-ce qu'une norme ?

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. CMA est Concentration maximale admissible (maximale autorisée pour un élément).

1.6.1 Les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Tableaux 1. 3. Normes OMS 2006 pour l'eau potable [14]

N°	Paramètres	Symbole/formule	Normes (OMS)
1	Potentiel d'hydrogène	PH	6.5 - 9.5
2	Température	T°	Acceptable
3	Conductivité	--	pas de norme
4	Turbidité	--	5 NTU (1 NTU pour la désinfection)
5	Couleur	--	Pas de valeur guide
6	Gout et odeur	--	Acceptable
7	Aluminium	Al	0,2 mg/L
8	Ammonium	NH ₄ ⁺	0,5mg /L
9	Cadium	Cd ⁺	0,003 mg/L
10	Calcium	Ca ²⁺	200mg/L
11	Chlorure	Cl ⁻	250 mg/L
12	Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	0,05 mg/L
13	Cuivre	Cu ²⁺	2mg /L
14	Fluorure	F ⁻	1,5mg/L
15	Fer	Fe	Pas de valeur guide
16	Manganèse	Mn	0,4mg/L

17	Magnésium	Mg	50mg/L
19	Mercure	Hg	0,006 mg/L
20	Nitrate et nitrite	NO ₃ et NO ₂	50 et 3 - 0.2 mg/L
21	Plomb	Pb	0,01mg/L
22	Potassium	K ⁺	12mg/L
23	Sodium	Na ⁺	--
24	sulfate	SO ₄ ²⁻	500mg/l
25	Zinc	Zn	3mg l
26	oxygène dissous	O ₂ dissous	Pas de valeur guide
27	Dureté totale	TH	200mg/l

1.6. 2 Les normes algériennes

Le tableau 1.4 ci-dessous résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie (eau Potable).

Tableaux 1.4. Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (2011) [1] [30].

Paramètres	Bonne (mg/L)	Moyenne (mg/L)	Mauvaise (mg/L)	Très mauvaise (mg/L)
Physicochimiques				
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9,	>5, <9
T°C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca²⁺	40-100	100-200	200-300	>300
Mg²⁺	30	30-100	100-150	>150
Na²⁺	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorure	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates	50-200	200-300	300-400	>400
Organiques :				
O2 dissous%	>100	100-50	50-30	>30
DBO5 mg/l	5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	20	20-40	40-50	>50
	5	5-10	10-15	>15
Ammonium	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrites	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3

Nitrates	0-10	10-20	20-40	>40
Phosphates	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Eléments toxiques				
Fe	0-0.5	05-1	1-2	>2
Mn	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1
Cr	0	0-0.05	0.05-0.5	>0.5
Cu	0-0.02	0.02-0.05	0.05-1	>1
Zn	0	0-0.5	0.5-1	>1
Cd	0	0	0-0.01	>0.01
Pb	0	0	0-0.05	>0.05
F-	0	0-0.8	0.8-1.5	>1.5
CN-	0.001-0.002	0	0-0.02	>0.02

1.7. Les eaux des sources

1.7.1. Définition

Une eau de source est une catégorie d'eau embouteillée dont les caractéristiques doivent respecter une réglementation qui varie selon le pays. En général elle doit être d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit être naturellement conforme aux critères de potabilité (ce qui n'est pas forcément le cas d'une eau minérale naturelle). Il n'y a pas de teneur minimale en minéraux à respecter. [26]

1.7.3. Aperçu général sur les eaux des sources

Bien définie, l'appellation eau de source se mérite. Si certaines sources sont utilisées depuis des siècles, c'est dans les années 1970 que leur exploitation connaît un véritable essor. En 1989, l'eau de source obtient son statut officiel ; un décret fixe alors sa définition. Premier il s'agit obligatoirement d'une eau d'origine souterraine. Elle ne peut pas provenir d'une nappe de surface. L'eau exploitée doit être microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. Elle est naturelle et pure. C'est-à-dire absence des germes totaux, de sodium ou de pesticide... l'eau de source respecte les limites [27].

1.8. Les sources

1.8.1. Définition

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe qui lui a donné naissance [8].

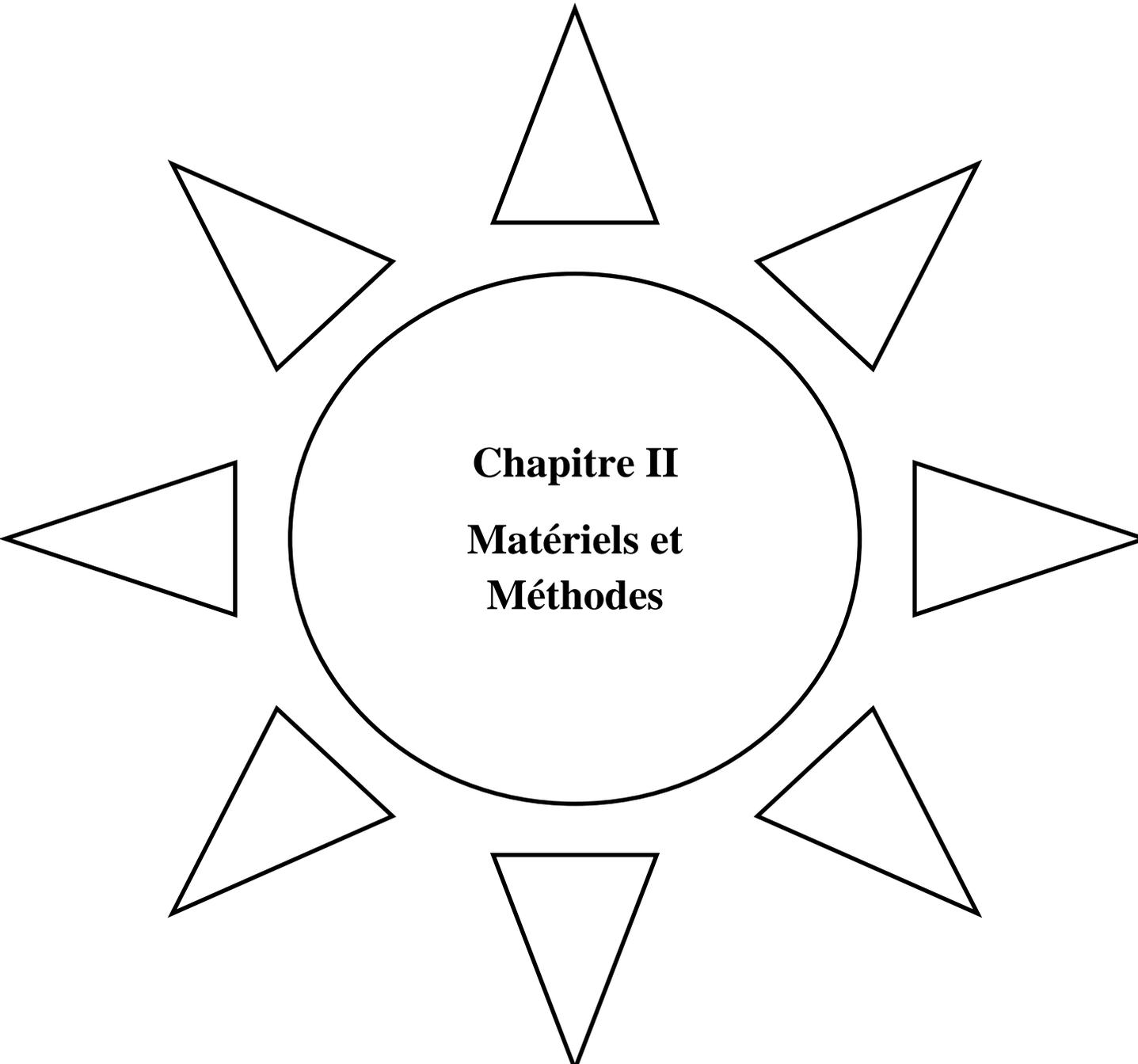
1.8.2. Nature et localisation des sources

La position des exutoires d'une nappe est conditionnée par la géométrie relative entre le réservoir aquifère, les imperméables bordiers et la surface topographique [8].

I.8.3. Les différents types de sources

Les principaux types de sources sont les suivants

- **Sources d'affleurement** : Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie.
- **Sources de déversement** : Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités.
- **Sources d'émergence ou artésienne** : Qui sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (c'est sources sont plus susceptibles de tarissement). Leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe et des précipitations saisonnières [8].



Chapitre II
Matériels et
Méthodes

2. 1. Introduction

Le présent chapitre consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyse, utilisés en vue d'examiner la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région Ain defla. Les essais de caractérisation, ont été effectués au niveau de laboratoires de génie des procédés de la faculté des Science et de la Technologie, de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Djilali Bounaama de Khemis-Miliana W. Ain Defla et de laiterie d'Arib (laboratoire microbiologique)

2. 2.Présentation du secteur d'étude

2.2.1. Sur le plan régional

La plaine alluviale de Khemis-Miliana est localisée à 140Km au Sud- Ouest d'Alger, elle fait partie du bassin du haut Chélif, qu'est limité :

- Au nord par la latitude Est (36°17), et la localité de Miliana
- Au sud par la latitude Est (36°12) et le village Bir-ouled khalifa
- A L'Est par longitude Est (2°12), et Djebel Gontas
- A l'Ouest par la longitude Est (2°17) et le seuil du Doui

Elle apparait sous la forme d'une dépression intra-montagneuse [28].

2.2.2. Sur le plan local

La plaine alluviale du Khemis Miliana appelée aussi plaine d'Affreville appartient à la wilaya d'Ain defla. Elle s'étend sur une superficie de 359 Km² et comprise entre djebels Doui et Gontas précisément entre les coordonnées 36°12' et 36°17' de latitude Nord, c'est-à-dire entre les communes de Bir-Ouled- Khelifa et de Miliana, 2°12' et 2°17' de longitude Est [28]. Elle est limitée au Nord par les monts du Zaccar, au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est par Djebel Gantas. La géomorphologie de la plaine est caractérisée par une pente relativement faible (15%) (Fig. 1.1)[1].

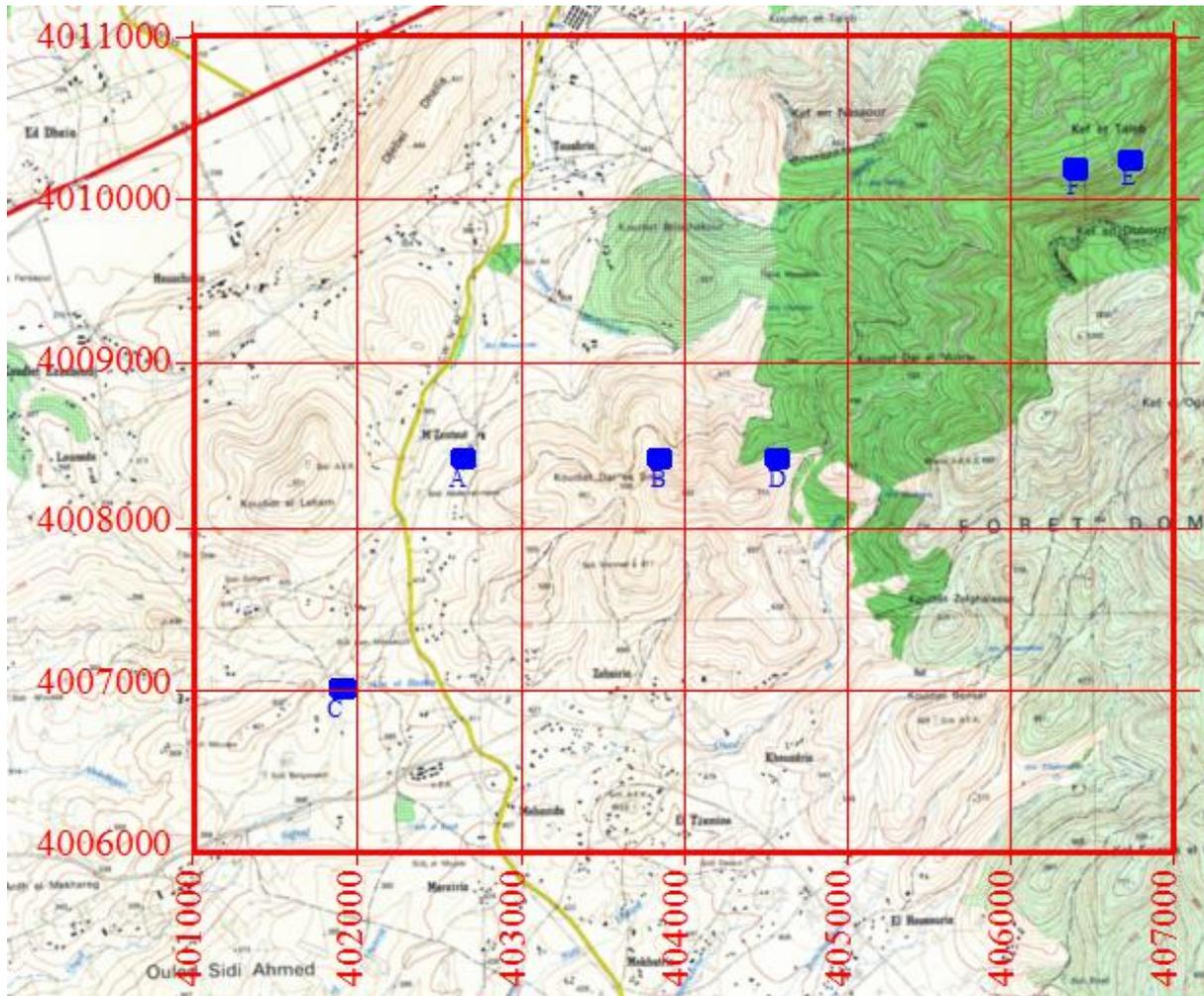


Fig. 1.1 : Carte de la Situation géographique de la région étudiée Doui Ain Defla.

 Sources testées

2.2.3. Cadre géologique

La plaine est constituée par des alluvions récentes du Cheliff, formée de galets, graviers, sables sous-jacents à des niveaux argileux et limoneux dominant. Les alluvions anciennes sont de nature très diverse mais à fort pourcentage argileux en général. Au sud de la Plaine, une carapace calcaire de tufs blanchâtres, compacts ou pulvérulents est particulièrement développée [1].

2.2.4. Réseaux Hydrographique

Le réseau hydrographique est sans doute l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin et peut prendre une multitude de forme. Il se définit comme l'ensemble des cours d'eaux naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'infiltration donc des apports aux nappes phréatiques et à l'écoulement. La plaine d'alluviale de Khemis Miliana est traversée d'Est en Ouest par Oued Cheliff et ses principaux affluents

qui alimentent la zone et qui sont oued Souffay, oued Millet et oued Boutane au Nord, oued Deurdeur, oued Massine et oued Harreza au sud [1].

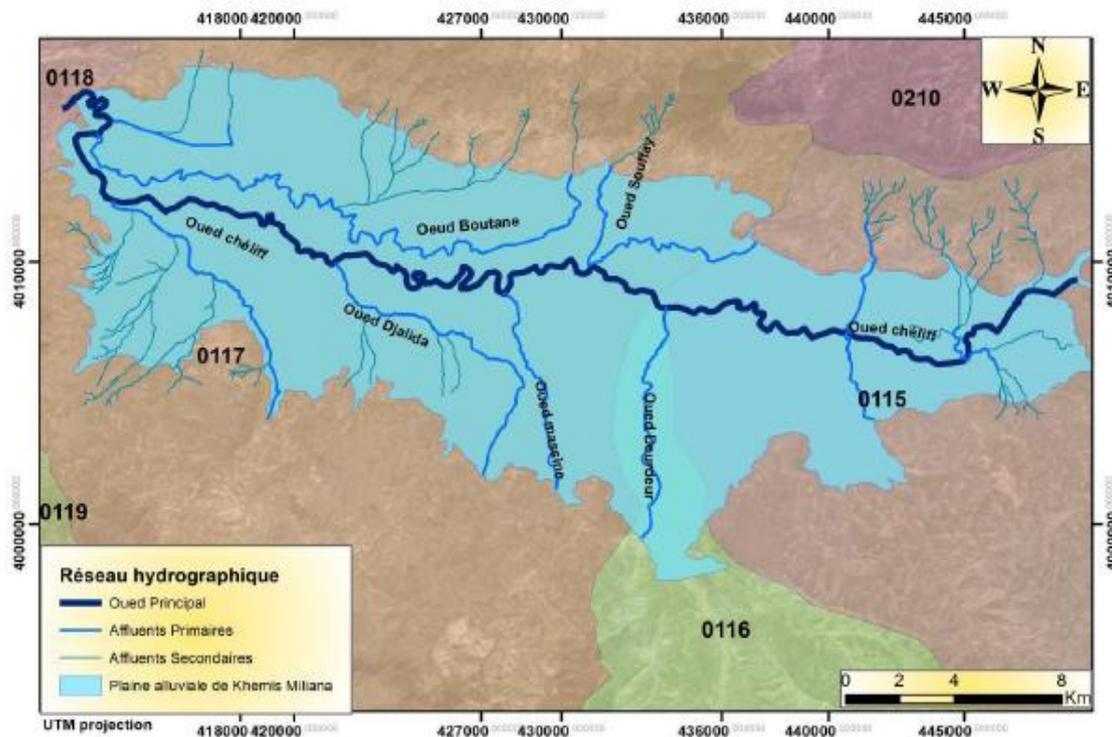


Figure 1.2. Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana [1]

2.3. Echantillonnage et prélèvement

2.3.1 Echantillonnage

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de quelques sources de la wilaya de Ain Defla. Les analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de la Science et de la Technologie et Science de la Nature et de la Vie de l'université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana et au laboratoire de Arib, L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage.
- Analyse.
- Interprétation.

Les sources d'eau de prélèvement ont été choisies de manière à avoir une image d'ensemble de la qualité de l'eau de la région. Pour réaliser cette étude six sources d'eau au niveau de la région d'Ain Defla ont été choisies,

Tableau2.1 Lieux et date de prélèvement

Lieu de prélèvement	Code d'échantillon	Position (coordonnées en UTM)	Matériels utilisés
AIN KARMA	A	X=0402643 Y=4008433 Z=413m	Appareil GPS Chronomètre Bouteilles (1.5L)
M'ZENTOUT	B	X=403843 Y=4008944 Z=414m	Glacière Glaçons
AIN MOUBARAKA	C	X=0401915 Y=4007007 Z=398m	
AIN EL HIDJEL	D	X=0404569 Y=4008434 Z=571m	
DABOUZ	E	X=0406396 Y=4010185 Z=770	
TAYLOULA	F	X=0406396 Y=4010185 Z=770	

2.3.2 Prélèvement

Les échantillons d'eau sont recueillis dans des bidons de (1,5l) bien lavés et rincés à plusieurs reprises par l'eau de la source concernée, les prélèvements se font, en évitant la pénétration de l'air. Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire a été effectué dans une glacière à 4 °C. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage dans le but d'obtenir un échantillon représentatif.

2.4. Analyse physico-chimique

2.4.1. Matériels et appareillages d'analyse

Les appareillages et produits consignés dans Les tableaux (2.2) et (2.3) ci-dessous indiquent respectivement le type d'appareillage et le type de produits utilisés dans le but de réaliser les différentes analyses dans notre étude.

Tableau 2 .2 Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses

Paramètre mesurés	Types d'appareils
Température	Multi-paramètre WTW
PH	
Conductivité ($\mu\text{s} / \text{cm}$)	
Oxygène dissous (% , mg/l)	
Salinité (%)	
Matière en suspension (MES mg/l)	Etuve à 105C°
résidu Sec	
Turbidité	Turbidimètre de laboratoire modèle 2100N HACH à 4000NTU
Ammonium	CHECKit

Tableau 2.3. Types de solution et produite utilisés pour les différents analyses

Paramètres mesurés	Types de solutions et produits
TA et TAC	Phénolphtaléine et méthyle d'orange HCl
Ca ²⁺ et Dureté Totale	NaOH, Murexide et solution Tampon pH=10, Noir eriochrome, EDTA
Chlorures	Chromate de potassium, Nitrates d'argent
Ammonium	Pastilles N°1 ET N°2

2.5. Analyses microbiologiques

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche des germes indicatifs suivants :

- Les germes totaux
- Les coliformes totaux)
- Les coliformes fécaux
- Les streptocoques fécaux
- Coliforme thermo-tolérant (E.Coli)
- Clostridium sulfite-réducteur

Tableau 2.4 : regroupe le matériel et les méthodes d'analyse bactériologique utilisés.

Recherche dénombrement	Matériel et milieu
Germes totaux	Boite de pétri, Etuve, gélose TGEA
Coliforme totaux et fécaux	Tube à essai, BCPL D/C, BCPL S/C, Flacon BCPL D/C, Incubation, Kovac
Streptocoques fécaux	Tube à essai, Rothe D/C, Rothe S/C, Etuve , milieu Eva Litsky
Coliforme thermo-tolerant (E.Colli	Tube à essai,eau petone,etuve,kovac
Clostridium sulfite-réducteur	Tube à essai, gélose VF+ Sulfate de sodium+alin de fer, étuve

2.6. Méthodes d'analyse physico-chimiques

Les prélèvements des échantillons pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse. Les analyses physicochimiques ont concerné les paramètres suivants: T°C, pH, Conductivité électrique, Dureté totale, Chlorures, Oxygène dissous.....etc. Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par [2].

2.6.1. Mesure débit

2.6.1.1. Méthode Jaugeage capacitif

C'est une méthode simple, Nécessitant un récipient et un chronomètre, elle s'applique pour les faibles débits. La méthode consiste à mesurer le temps que met le récipient, de volume connu, à se remplir d'eau. L'évaluation de débits est donnée par la formule suivante :

$$Q_c = V/T \dots\dots\dots(Eq2.1)$$

Où : Q_c : débit en L/s

V : est le volume d'eau de récipient en (L)

T : le temps en secondes pour remplir le récipient.

L'erreur de mesure est faible avec ce système et peut être estimée en fonction de l'imprécision sur le temps de remplissage et le volume du seau.

Tableau 2.5. Débits des différentes sources

Source	*Position en UTM	Date de prélè.	Volume (L)	Temps (S)	Débit (L/S)
A Ain Karma	X=0402643 Y=4008433 Z=413m	07/05/2018 (20H30)	5	8,97	0,52
				8,93	
				8,98	
				Moy 9,6	
B M'zentout	X=403843 Y=4008944 Z=414m		5	6,35	0,75
				6,38	
				6,36	
				Moy 6,60	
C Ain Mobaraka	X=0401915 Y=4007007 Z=398m	07/05/2018 (20H00)	5	8,67	0,55
				8,69	
				8,60	
				Moy 9,08	
D El Hidjel	X=0404569 Y=4008434 Z=571m		5	103,53	0,048
				104,48	
				103,5	
				Moy 103,83	
E Debouz	X=0406396 Y=4010185 Z=770	05/05/2018 (19H00)	5	116,73	0,042
				119	
				117,53	
				Moy 117,75	
F Tayloul	X=406545 Y=4009990 Z=747m	05/05/2018 (19H15) 2°Prélvmt	5	8,44	0,57
				8,42	
				8,42	
				Moy 8,71	

* Position ou les coordonnées en UTM (Universal Transverse Mercator)

2.6.2 Analyse physique

Pour le mode opératoire de mesure des différents paramètres physiques conférer à l'annexe (01 et 02).

2.6.2.1. Température

La température est mesurée à l'aide d'un Multi-paramètre

2.6.2.2. Turbidité

La turbidité est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre « Hach » à cellule photo-électrique, par la méthode néphélométrique. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).

2.6.2.3. PH

La mesure de pH est effectuée couramment par la méthode potentiométrique avec électrode de verre plus.

- **Principe** La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon l'expression de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺.

2.6.2.4. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ).

$$\gamma = (1/\rho) = (1/R).(L/S) \dots \dots \dots \text{(Eq2.2)}$$

γ : Conductivité en ($\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ ou S. m⁻¹).

P: Résistivité (en $\Omega \cdot m$) R : résistance en (Ω)

L : distance entre les deux électrodes en (m).

S : surface de chaque électrode en (m²).

2.6.2.5. Dureté Totale

Dureté totale par méthode titrimétrie à l'EDTA permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium, avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

➤ Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène Diamine tétra acétique (EDTA).

L'estimation du titre hydrométrique a été faite par l'expression suivante [2] :

$$TH = 5.10^4 N_{EDTA} * V_{EDTA} / V_{echant} \dots\dots\dots (Eq2.3)$$

TH : Titre hydrométrique en milliéquivalent par litre (meq/L)

N_{EDTA} : Concentration d'EDTA en milliéquivalent par litre (meq/L)

V_{EDTA} : Volume ml de solution d'EDTA utilisé pour le titrage

V_{echant} : Volume d'échantillon [mL]

2.6.3. Analyse chimique

Pour le mode opératoire et les réactifs utilisés de mesure des différents paramètres chimiques conférer à l'Annexe 02 à 07.

2.6.3.1. Alcalinité (TA)

➤ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} . L'estimation du titre Alcalimétrique a été faite par l'expression suivante [2]:

$$TA = (NHCl * VHCl * 1000) / V_{ech} \dots\dots\dots (Eq2.4)$$

TA : Titre Alcalimétrique en milliéquivalent par litre en (meq/L)

V_{ech} : Volume en ml d'échantillon

VHCl: Volume de solution d'HCl utilisé pour le titrage en (mL).

NHCl: Concentration d'HCl en milliéquivalent par litre en (meq/L)

2.6.3.2. Alcalinité (TAC)

➤ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur

en hydrogénocarbonates dans l'eau. L'estimation du titre Alcalimétrique complet a été faite par l'expression suivante [2] :

$$TAC = (N_{HCl} * V_{HCl} * 1000) / V_{ech} \dots\dots\dots (Eq2.5)$$

TAC : Titre Alcalimétrique en milliéquivalent par litre en meq/L

V_{ech} : Volume d'échantillon en (mL)

V_{HCl} : Volume de solution d'HCl utilisé pour le titrage (en mL).

N_{HCl} : Concentration en meq/L d'HCl.

2.6.3.3. Mesure des chlorures

➤ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. L'estimation du titre hydrométrique a été faite par l'expression suivante [2] :

$$[Cl] = (n_{AgNO3} * V_{AgNO3} * M_{Cl} * 1000) / V_{ech} \dots\dots\dots (Eq2.6)$$

[Cl] : Concentration de chlorure en (mg/L)

V_{AgNO3} : Volume en ml d'AgNO₃ utilisé pour le titrage

n_{AgNO3} : Concentration de nitrate d'argent (AgNO₃) en (meq/L)

M_{Cl} : Masse molaire de chlorure en (g)

V_{ech} : volume d'eau à analyser en (mL)

2.6.3.4. Calcium (Ca²⁺)

➤ Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcéon carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge. Pour évaluer la concentration des ions de calcium, l'expression utilisée est la suivante :

$$[Ca^{2+}] = ((C_{EDTA} * V_{EDTA}) / V_{echan}) * 40,08 * 100 \dots\dots\dots (Eq2.7)$$

[Ca²⁺] : Concentration de calcium en (mg/L)

V_{EDTA} = Volume d'EDTA utilisé pour le titrage en (mL)

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA en (g/mol)

V_{echan} : Volume d'échantillon en (mL)

2.6.3.5. Magnésium (Mg^{2+})

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne par [2] :

$$TH = TCa^{2+} + TMg^{2+} \dots\dots\dots (Eq2.8)$$

$$TMg^{2+} = TH - TCa^{2+} \dots\dots\dots (Eq2.9)$$

TH: Dureté totale en (mg/L)

TCa²⁺: Dureté calcique en (mg/L)

TMg²⁺:Dureté magnésienne en (mg/L)

2.6.3.6 Potassium et Sodium

La méthode de dosage du potassium par spectrométrie d'émission de flamme est souvent suffisante pour les eaux naturelles. D'une façon générale, la spectrométrie d'émission de flamme est la méthode la plus indiquée pour le dosage du sodium. Elle est à la fois rapide et sensible

- **principe** Nébuliser l'échantillon dans une flamme air-acétylène en intercalant de l'eau permutée entre chaque solution. Effectuer les lectures au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589 nm pour le sodium et 766,5 nm pour le potassium. Régler le zéro de l'appareil avec de l'eau désionisée. Se reporter à la courbe d'étalonnage. (concentration en fonction d'absorbances en se référant aux solutions d'étalonnage des concentrations connues) [2].

2.6.3.7. Ammonium

➤ Principe

Le mode d'emploi pour déterminer l'ammonium par checkit, se résume comme suit [25] :

- Remplir les deux cuves avec l'échantillon jusqu'à la marque 10ml et Placer une cuve dans la chambre de mesure gauche du comparateur (solution témoin)
- Ajouter une pastille N°1 dans l'autre cuve, écraser la, puis ajouter et écraser la pastille N°2, fermer la cuve avec son couvercle, dissoudre les pastilles en agitant
- placer celle-ci dans la chambre de mesure de droite Attendre 10mn pour le développement complet de le couleur

➤ Lecture

- faire concorder la couleur obtenue avec le CHECKIT Disc et lire le résultat et en mg /L.

2.6.3.8. Matières en Suspension

➤ Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. L'estimation du titre hydrométrique a été faite par l'expression suivante [2]:

$$MES = [(M_1 - M_0) / V * 1000 \dots\dots\dots (Eq2.10)$$

MES : Matière en suspension en (mg/L)

M₀ : Masse de disque filtrant avant utilisation en (mg)

M₁ : Masse de disque filtrant après utilisation en (mg)

V : Volume d'échantillon en (L)

2.6.3.9. Oxygène dissous(O₂)

➤ Principe

La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution.

2.6.3.10. Résidu sec

➤ Principe

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé. L'estimation du Résidu Sec a été faite par l'expression suivante [2]:

$$RS = (P_p - P_v) 10 * 1000 \dots\dots\dots (Eq2.11)$$

RS = Résidu Sec en mg/l

P_v = poids vide de la capsule P

p_p = poids plein de la capsule.

2.6.4 Faciès chimiques

Des diagrammes particuliers ont été développés pour représenter des résultats d'analyses hydro chimiques et en tirer des renseignements, L'emploi de ces diagrammes s'avère précieux, car il rend et directe l'interprétation d'analyses. Ces diagrammes toute fois n'emploient pas tous les éléments analysés et sont parfois utilisés pour un objectif spécifique (reconnaitre le faciès d'une eau souterraine par exemple) [8]

2.6.4.1 Diagramme losangique de Piper

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eaux simultanément Il est composé de deux triangles (le faciès cationique et le faciès anionique) et d'un losange synthétisant le faciès global. Les nuages des points concentrés dans un pôle

représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques. Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types des cations et des anions dominants [8].

2.6.4.2. Diagramme logarithmique de schoeller-Berkaloff

C'est une représentation graphique semi-logarithmique qui permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d'eaux. Sur ce diagramme les différents ions (cations et anions) sont représentés sur l'axe des abscisses et la teneur réelle en mg/l sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites. Ainsi, l'allure du graphique permet de visualiser le faciès des eaux analysées [8].

2.7. Analyse microbiologie

Les microorganismes à dénombrer ou à rechercher dans l'eau sont d'origines diverses:

2.7.1. Recherche des germes totaux

Selon les normes internationales, les micro-organismes revives cibles se définie comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites. [1].

2.7.1.1. Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter 2 fois 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées. Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 15ml de gélose TGEA et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.

2.7.1.2. Incubation et lecture

Retourner les boîtes et incuber, une à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h. la lecture se fait après chaque 24h. On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon.

2.7.1.3. Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par millilitre (Germes/mL) [1].

2.7.2.1. Dénombrement des coliformes en milieux liquides

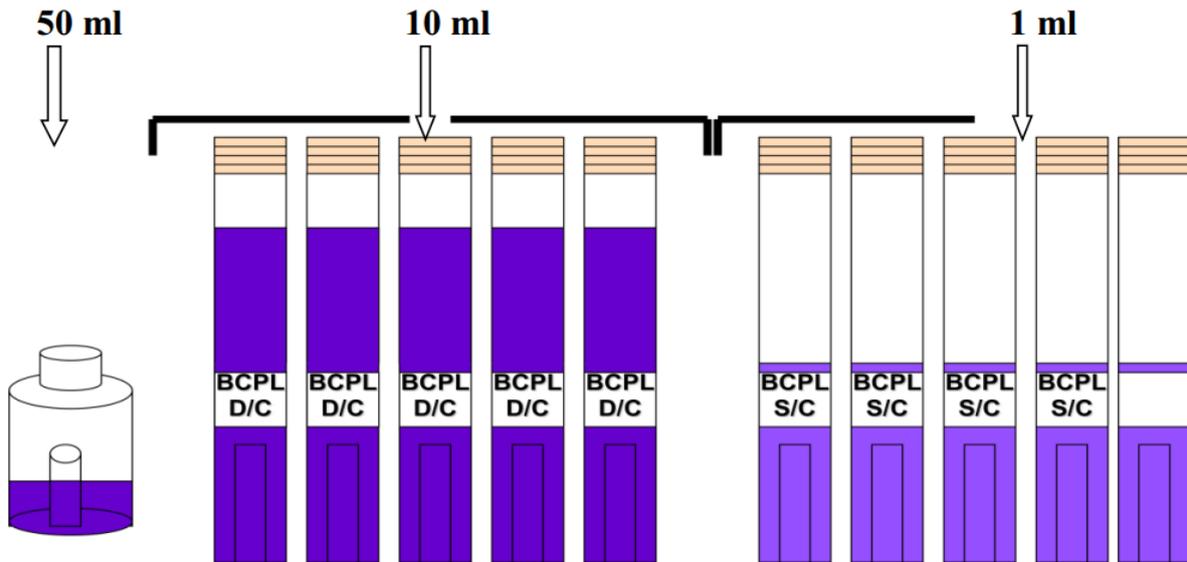
Dans notre cas la méthode de dénombrement utilisée est celle de NPP

2.7.2.2. Test de présomption

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

- 5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

- 1mL dans un tube contenant 10 mL de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 50 mL dans un flacon contenant 50 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.



Incuber 24-48h à 37 C°

Figure 2.3. Test présomption de Coliformes Totaux

2.7.2.3 Lecture

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 (ce qui constitue Le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP

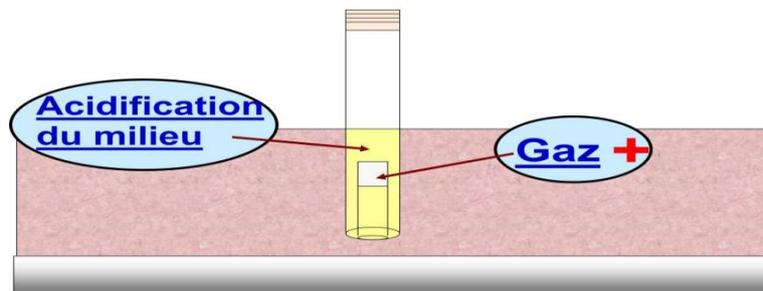
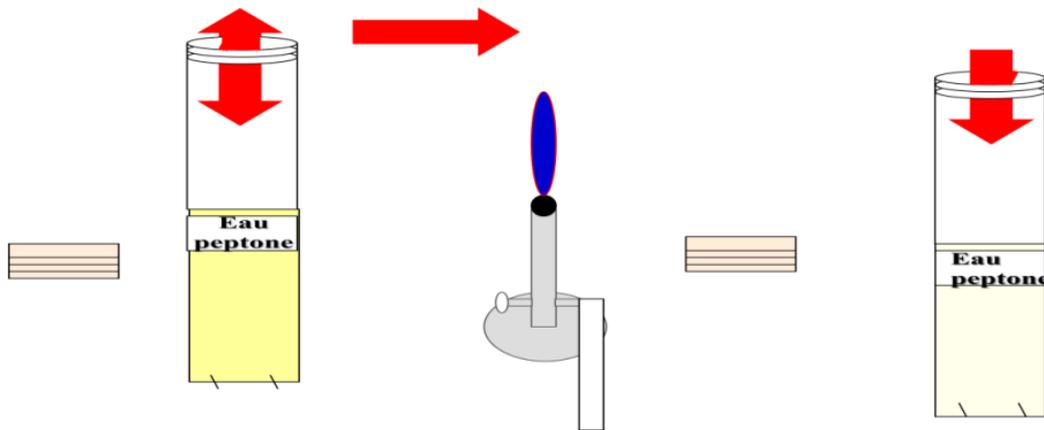


Figure 2.4. Le lecteur des Tubes

2.7.2.4. Test de confirmation

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia Coli. Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Eau peptone. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.



Incuber 24h à 44C°

Figure 2.5. Test conformation des Coliformes Fécaux

2.7.2.5. Lecture

- Les tests seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :
Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est Trouble et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'E. Coli)

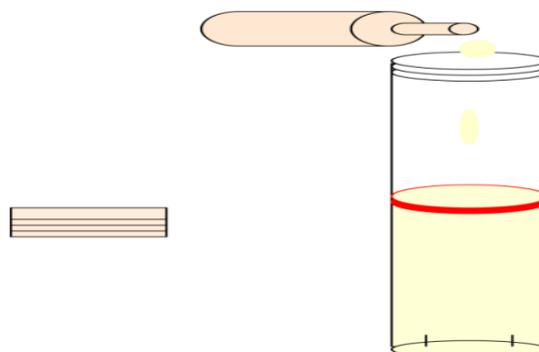


Figure 2.6. Présence d'E-Coli [1].

2.7.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

2.7.3.1. Test de présomption

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

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C
- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

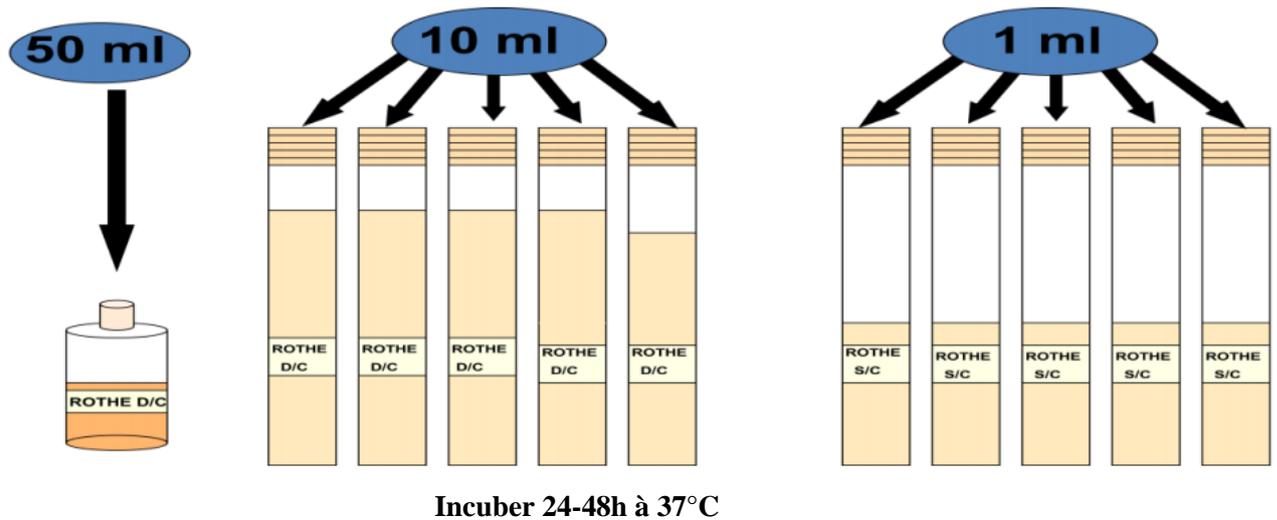


Figure 2.7. Test présomption des Streptocoques Fécaux

2.7.3.2 Lecture

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

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

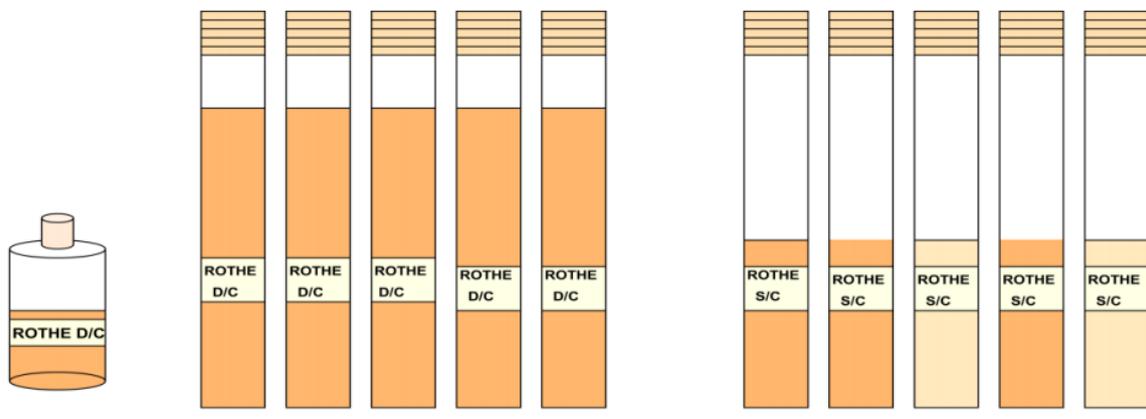


Figure 2.8. La lecture des tubes

2.7.3.3. Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Des tubes de milieu ROTHE positifs, en ajout quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur de milieu EVA LITSKY et incuber se fait à 37°C pendant 24heures.

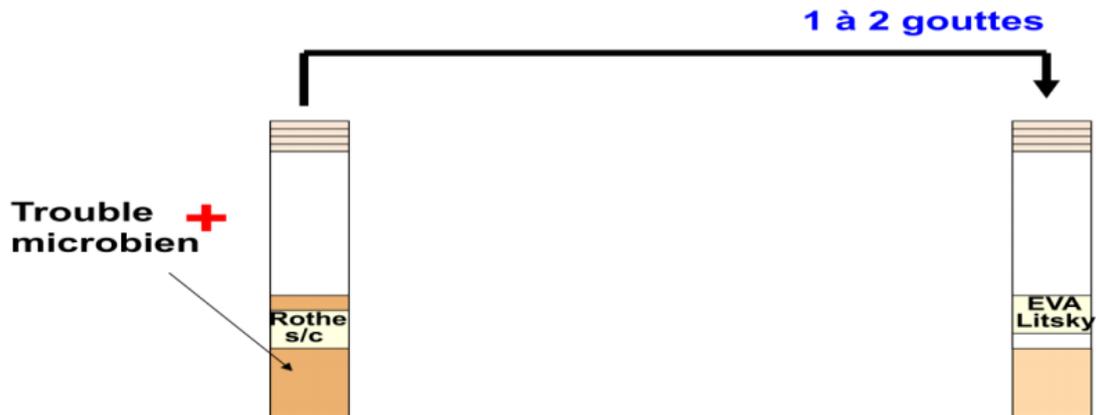


Figure 2.9. Test confirmatif des Streptocoque Fécaux

2.7.3.4. Lecture

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

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

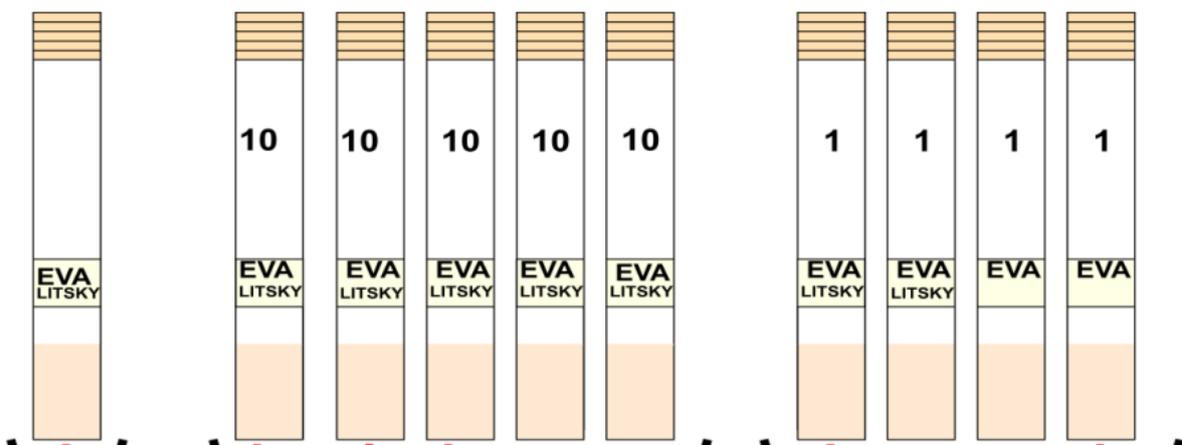


Figure 2.10. La lecture des tubes

2.7.4.1. Recherche du coliforme thermo-tolérant (E. Coli) en milieu liquide

La même méthode que précédente permet de nous indiquer directement la présence E. Coli dans l'eau, la prise de

- 5mL d'eau peptone
- 1mL d'échantillon dans 5ml d'eau peptone
- Suivi d'une incubation d'une durée de 24h à une température de 44°C

2.7.4.2. Lecture

La lecture sera considérée comme positif (+), si les tubes présentant à la fois un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est Trouble et d'indole à 44 °C.

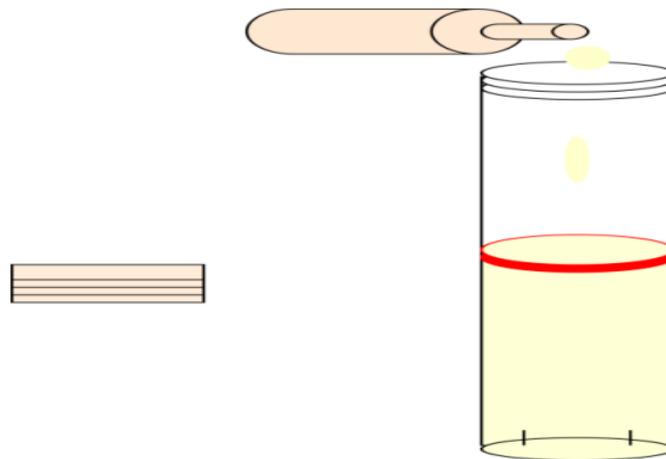


Figure 2.11. Présence d'E-Coli

2.7.5. Recherche des clostridium sulfito-réducteur en milieu liquide

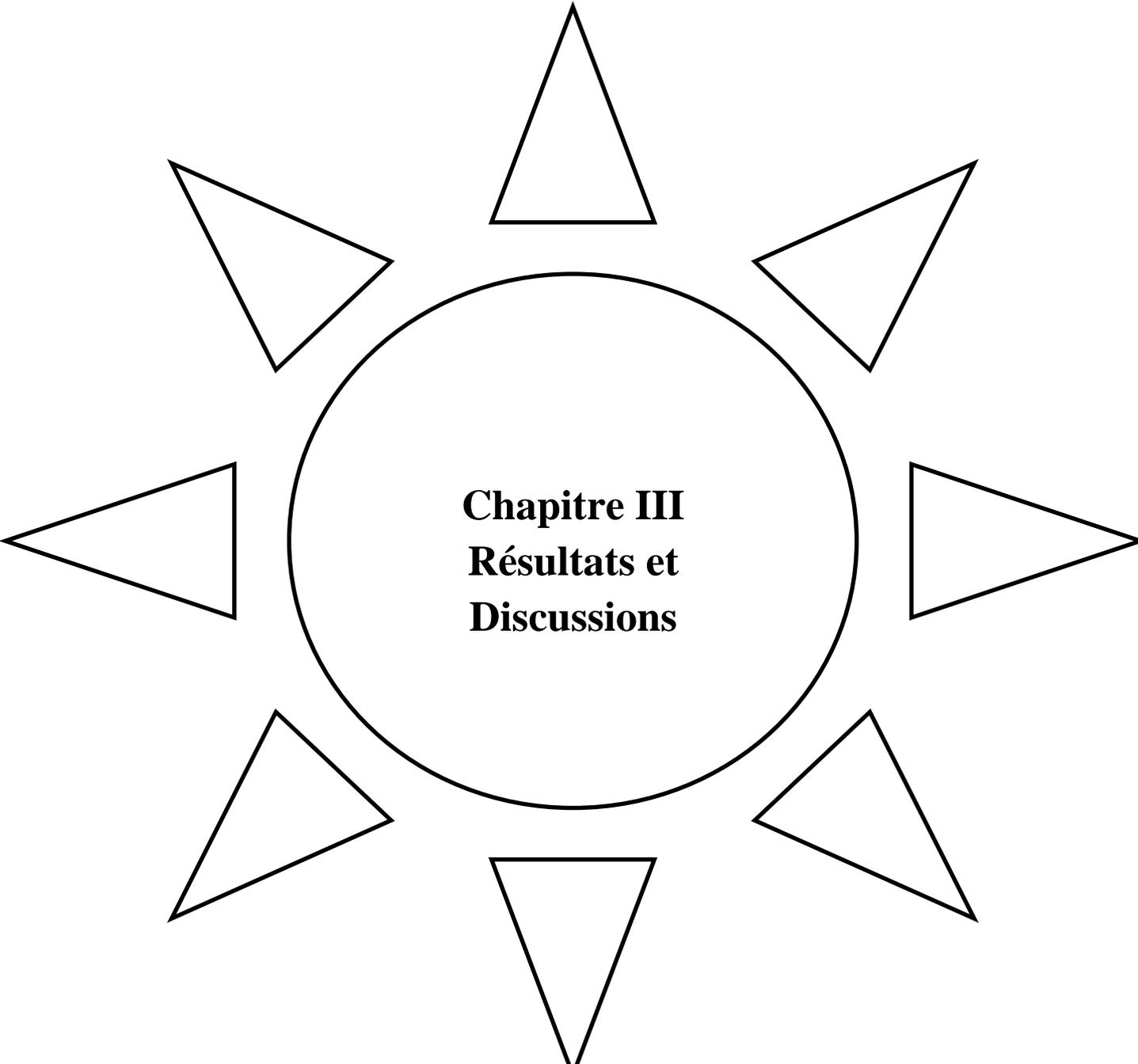
2.7.5.1 Mode opératoire

Le mode opératoire se résume comme suit :

- Porter 4 tubes contenant 5 ml d'eau à analyser au bain d'eau à $80\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ de façon à ce qu'ils demeurent dix minutes à cette température. Refroidir rapidement à environ 55 °C. (Destruction des formes végétatives)
- Ajouter chaque 5ml dans un tube contenant 15 ml de la gélose VF et ses additifs (alin de fer et sulfite de sodium)
- Incuber les tubes de $46 \pm 1\text{ °C}$ pendant 24 à $48\text{h} \pm 3\text{h}$.

2.7.5.2 Lecture et expression des résultats

Dénombrer les colonies noires qui se développent sur la gélose (si l'observation noirissement totale du tube=1 colonie) [15]



Chapitre III
Résultats et
Discussions

3.1. Introduction

L'étude expérimentale réalisée sur les différents échantillons prélevés des différentes sources de la région Ain Defla , nous a permis de déterminer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de ces différentes sources. Pour cela nous avons effectué des prélèvements repartis entre 6 sources. Pour chaque source nous avons effectué des prélèvements durant la période du deuxième semestre de l'année 2018 et plus précisément, les prélèvements ont été effectués au cours du mois de Mars et avril, période très indiquée pour une accessibilité facile à l'échantillonnage. Les résultats obtenus sont donnés dans ce chapitre sous formes des tableaux et graphiques.

Tableaux 3.1. Variation des Paramètres physico-chimiques

Paramètre Physico-chimique		Sources						Norme OMS (2006)	Norme Algér. (2011)
		A	B	C	D	E	F		
T	E ₁	17.4	16.6	17.8	16.4	15.7	15.7	25°C	
	E ₂	17.4	16.9	16.9	14.8	15.3	15.3		
	E ₃	17.3	17.3	17.3	16.1	15.5	15.5		
	E ₄	17.5	17.2	17.2	16.1	15.5	15.5		
	Moy	17.4	17.02	17.3	16.1	15.5	15.5		
PH	E ₁	7.4	7.14	7.56	8.02	8.09	7.91	6.5-9.5	6.5-8.5
	E ₂	7.95	8.14	7.95	7.72	7.67	7.69		
	E ₃	7.95	7.68	7.71	7.64	8.09	7.69		
	E ₄	7.95	7.73	7.95	7.74	7.67	7.91		
	Moy	7.81	7.67	7.79	7.78	7.88	7.8		
COD	E ₁	1236	818	1139	556	512	556	2800µs /cm	
	E ₂	1012	864	1132	550	510	558		
	E ₃	991	791	1190	560	511	557		
	E ₄	1001	824	1133	558	514	555		
	Moy	1060	824,25	1148,5	556	512	556		
Salinité	E ₁	0,3	0,2	0,3	0,00	0,00	0,00	1.5%	
	E ₂	0,3	0,1	0,3	0,00	0,00	0,00		
	E ₃	0,3	0,1	0,4	0,00	0,00	0,00		
	E ₄	0,3	0,1	0,3	0,00	0,00	0,00		
	Moy	0,3	0,125	0,32	0	0	0		
Turbidité	E ₁	0,20	0,14	0,04	0,01	0,21	0,08		
	E ₂	0,54	0,35	0,01	0,01	0,20	0,07		

	E₃	0,01	0,24	0,03	0,01	0.22	0.06		5NTU
	E₄	0,28		0,02	0,01	0.21	0.07		
	Moy	0,25	0,24	0,02	0,01	0,21	0.08		
O₂ dissous	E₁	17,12	13,02	20,02	18,87	20,01	16.45		>100%
	E₂	14,83	17,41	18,51	7,62	10,11	7.49		
	E₃	16,83	16,75	15,31	18.87	10.11	16.45		
	E₄	16,27	6,92	17,45	7.62	20.01	7.49		
	Moy	16.26	13.52	17.82	13.24	15.06	11.97		
MES	E₁	2,08	1,24	1,08	1.36	0,52	1,40		30mg/L
	E₂	2,08	1,72	1,48	1.38	0,54	1,42		
	E₃	1,88	1,64	2	1.36	0,52	1,40		
	E₄	1,84		0,48	1.37	0,53	1,38		
	Moy	1,97	1,53	1,26	1,36	0,52	1,40		
RS (105°C)	E₁	750	310	470	290	360	390		1500 mg/L
	E₂	680	280	520	310	364	395		
	E₃	620	290	410	268	356	450		
	E₄	720	350	380	287	360	415		
	Moy	692	307.5	430.5	288.75	360	412.5		
TA	E₁	0	0	0	0	0	0		8mg/L
	E₂	0	0	0	0	0	0		
	E₃	0	0	0	0	0	0		
	E₄	0		0	0	0	0		
	Moy	0	0	0	0	0	0		
TAC	E₁	70	48	78	60	53	78		500mg /L
	E₂	80	49	78	51,2	41	54		
	E₃	76	49	70	54.4	40	62		
	E₄	74	64	68	56.8	54	70		
	Moy	75	52.5	73.5	55.6	47	66		
TH	E₁	108	100	112	92	82	108	200mg/l	500mg/L
	E₂	108	92	112	86	670	96		
	E₃	124	72	140	98	88	92		
	E₄	124	88	126	92	78	88		
	Moy	116	88	122.5	92	82	96.00		
Ca²⁺	E₁	102	80.16	104.2	72.14	72.14	80.16	200mg/L	200mg/l
	E₂	84.16	80.16	108.2	70	58	76		
	E₃	119.4	68.13	120.25	76	75	79		
	E₄	120	76.15	112.22	70.42	62	73		
	Moy	106.39	76.15	111.21	72.14	66.78	77.04		
Mg²⁺	E₁	5,8	19,84	7,2	19,86	9,6	27,84	50 mg /L	150mg/L
	E₂	23,82	11,84	3,08	16	9	20		
	E₃	4,6	4	11,75	22.00	13	13		
	E₄	4	11.85	13,78	21.58	16	15		
	Moy	9,55	11,88	9,13	19.86	11.9	18.96		
Cl⁻	E₁	262.7	284	312.4	99.4	360.6	90.5	250mg/l	500mg /L
	E₂	298.2	227.2	383.4	152.8	284.6	82.5		
	E₃	298.2	198.8	372.4	124.6	300	72		
	E₄	269.8	218	298.1	127.6	303.2	75		

	Moy	282.22	232	341.47	126.10	312.1	80.00		
K⁺	E₁	9.25	10.02	23.84	2.71	4.84	2.18	12mg/L	12mg/L
	E₂	13	2.84	26.48	3.00	5.02	2.00		
	E₃	10.02	5.10	25.53	2.23	4.50	2.3		
	E₄	17.73	5.98	24.86	2.90	5.00	2.24		
	Moy	12.5	5.98	25.17	2.71	4.84	2.18		
Na⁺	E₁	62.07	22	39.41	52	39	39	20mg/L	200mg/L
	E₂	42	36	48,01	65	32	30		
	E₃	50	29	55.17	58	23	41		
	E₄	45.37	19	59.67	61	46	45		
	Moy	49.86	26.5	50.56	59	35	38.75		
NH₄⁺	E₁	0	0	0	0	0	0	0,5mg/L	0,5mg/L
	E₂	0	0	0	0	0	0		
	E₃	0	0	0	0	0	0		
	E₄	0		0	0	0	0		
	Moy	0	0	0	0	0	0		
HCO₃⁻	E₁	70	48	78	60	53	78	-	-
	E₂	80	49	78	51,2	41	54		
	E₃	76	49	70	54.4	54	62		
	E₄	74	64	68	56.8	47	70		
	Moy	75	52.50	73.50	55.60	47	66		

Tableaux 3.2 Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques étudiés

	A	B	C	D	E	F	Norme Algér. (2011)	Norme OMS (2006)
T	17.4	17.1	17.3	16.1	15.5	15.5	25	-
PH	7.81	7.67	7.79	7.78	7.88	7.80	6.5-8.5	6.5-9.5
COD	1060	824.33	1148.5	556	512	556	2800	-
Salinité (%)	0.3	0.13	0.32	0	0	0	1.5%	
O₂ dissous (%)	16.26	13.52	17.82	13.24	15.06	11.97	<100%	-
MES	1.97	1.53	1.26	1.36	0.52	1.40		-
RS	692	307.5	430.5	288.7	360	412.5	1500mg/l	-
TA	0	0	0	0	0	0	8mg/l	-
TAC	75	52.5	73.5	55.6	47	66	500mg/l	-
TH	116	88	122.5	92	82	108	500mg/l	200mg/l
Ca²⁺	106.39	76.15	111.21	72.14	72.14	80.16	200mg/l	200mg/l
Mg⁺⁺	9.55	11.89	9.13	19.6	9.6	27.84	150mg/l	50mg/l
Cl⁻	282.22	232	341.47	126.10	312.39	80.00	500mg/l	250mg/l
K⁺	12.5	5.98	25.17	2.71	4.84	2.18	12mg/l	12mg/l
Na⁺	49.86	26.5	50.56	59	35	38	200mg/l	-
NH₄⁺	0	0	0	0	0	0	0.5mg/l	0.5mg/l

3.2. Résultats physico-chimiques

3.2.1. Température

Les températures expérimentales obtenues, sont données dans le tableau 3.1 et sur la figure 3.1.

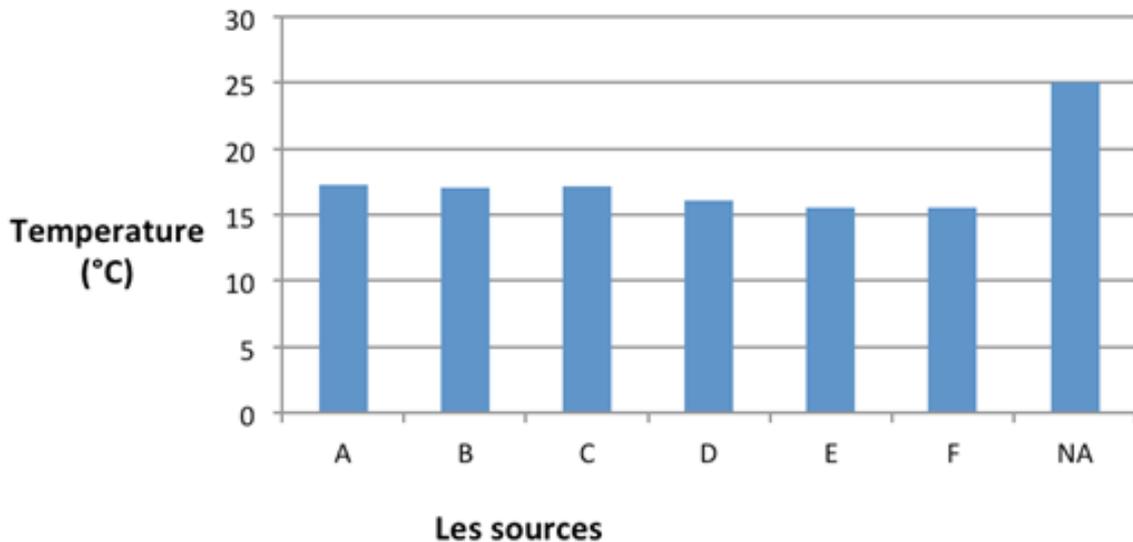


Figure 3.1. Diagramme de températures des sources d’eau (pour les sources A, B, C ; D, E et F) et celle de norme Algérienne (NA)

D’après les résultats des températures de l’eau étudiée, nous constatons que la température minimale enregistrée, était de l’ordre de 15.5 °C aux sources (E, F), cependant une température de l’ordre 16.1°C a la source (D) et Les sources (A, B, C) ont connu des températures maximales de l’ordre de 17,4°C qui sont sensiblement constantes. Il est à noter que l’écart entre la température ambiante (25°C) et les différentes températures obtenues, varié de 7.6 à 9.5°C.

3.1.2. PH

Les valeurs du potentiel d’hydrogène pH de l’eau analysée pour les six sources (A, B, C, D, E et F) sont données dans le tableau 3.1 et sur la figure 3.2.

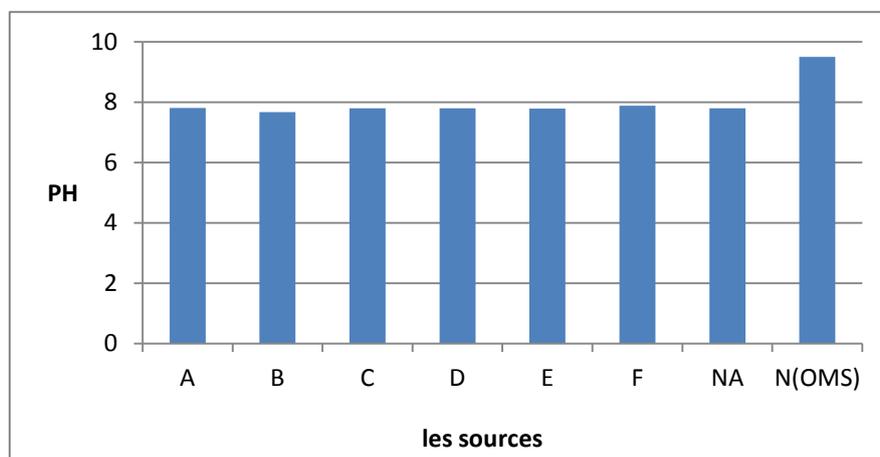
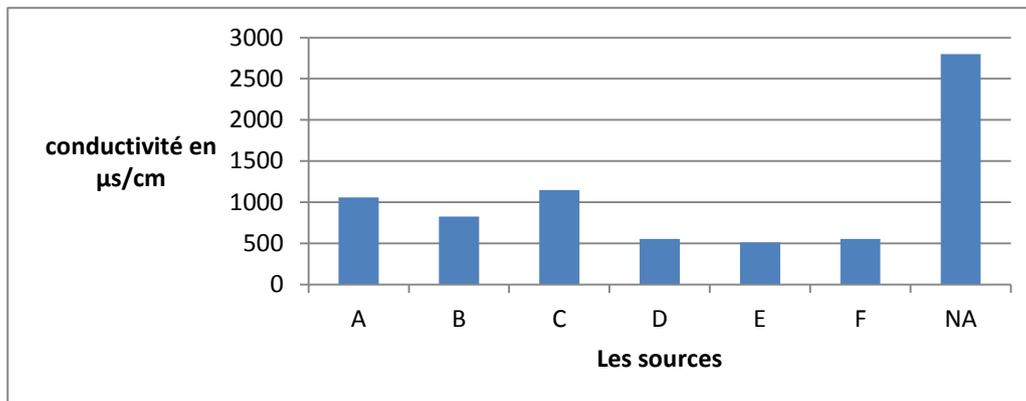


Figure 3.2.Diagramme du pH des eaux étudiées

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. Les valeurs observées révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans toutes les six sources étudiées de la région de Ain defla. Le PH varié entre 7.67 et 7.88 donc ne dépasse pas la norme Algérienne (pH = 6.5- 8.5) et la norme de l'OMS, donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est acceptable.

3.1.3. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique des sources d'eau de la région d'étude sont regroupées dans le tableau 3.1 et représentées sur la figure 3.3.

**Figure 3.3.**Diagramme de conductivité électrique des sources d'eau étudiées

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé. D'après les résultats obtenus, une valeur moyenne avec un minimum de 512 $\mu\text{s/cm}$ (source E) sensiblement constante aux deux sources (Fet D) avec 556 et un maximum de l'ordre de 1148.5 $\mu\text{s/cm}$ (C). Toutes les valeurs de la conductivité enregistrées sont inférieures à celle donnée par la norme algérienne (2800 $\mu\text{s/cm}$), d'où la qualité des sources d'eau étudiées dans la région est en conformité.

3.1.4. Salinité

La figure 3.4 représente la variation de salinité dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

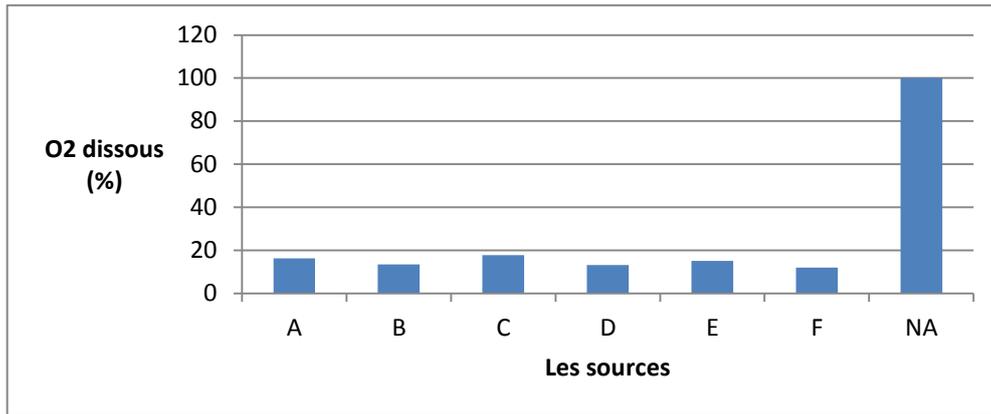


Figure 3.4.Diagramme de la salinité des sources d'eau étudiées

La salinité traduit le caractère salin de l'eau, elle varie considérablement d'une saison à une autre et d'une région à une autre. Les mesures de la salinité de l'ensemble des échantillons ont montré des valeurs comprises entre 0.0 à 0.32% qui sont inférieures à celle exigée par la norme algérienne 1,5% d'où le caractère de la salinité de cette eau est vérifié. Ce comportement de salinité est étroitement lié aux apports en eau douce, et à la faible évaporation de l'eau qui augmente la concentration de sel au milieu.

3.1.5. Turbidité

La figure 3.5 représente la variation de turbidité dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

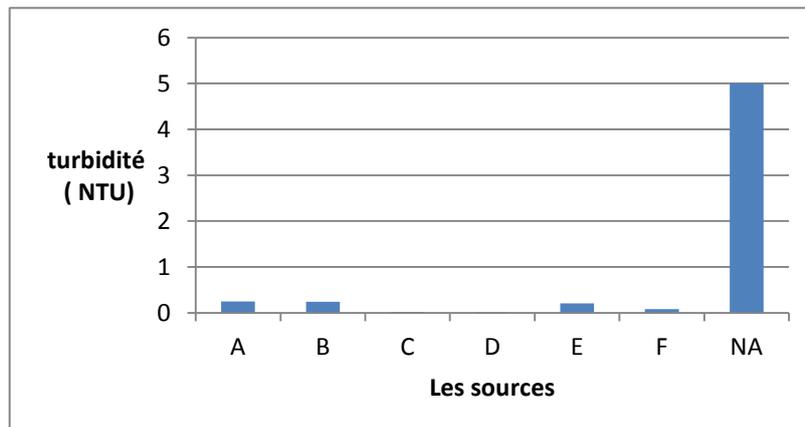


Figure 3.5.Diagramme de la turbidité des points d'eau étudiés

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux. D'après les résultats obtenus, la valeur varie entre la 0.01 NTU à 0.25 NTU alors les résultats sont toujours en conformité avec la norme Algérienne de 5 NTU, ce qui spécifie la qualité de potabilité de ces sources étudiées dans la région d'Ain defla concernant ce dit paramètre.

3.1.6. Oxygène dissous

La figure 3.6 représente la variation de l'Oxygène dissous dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

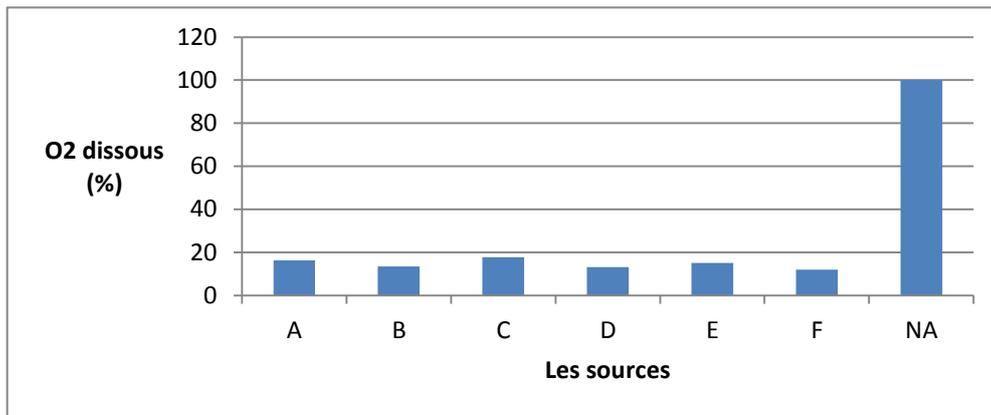


Figure 3.6. Diagramme de l'Oxygène dissous des sources d'eau étudiées

L'Oxygène dissous joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique, sa présence dans les eaux naturelles, est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau. En général, les valeurs faibles de l'oxygénées dissous favorisent le développement des germes pathogènes, Pour l'ensemble des prélèvements, l'oxygène dissous présente des variations importantes d'un point à un autre, il varié de 11.82 à 17.8%. Ces valeurs sont inférieures à celle exigée par la norme Algérienne (100%) d'où la qualité des sources de la région est acceptable.

3.1.7. Matière en suspension (MES)

La figure 3.8 représente la variation spatiale de matière en suspension dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées

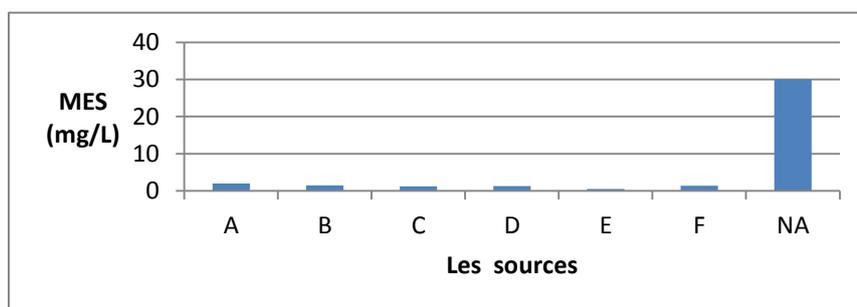


Figure 3.7. Diagramme de la matière en suspension des sources d'eau étudiées

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets. Les résultats obtenus elle

est varié entre 0.54 à 1.97 mg/l ne dépassent pas les normes Algérienne de 30 mg/l, donc la qualité de l'eau dans la région d'étude elle est acceptable.

3.1.8. Résidu Sec (RS)

La figure 3.8 représente la variation de Résidu Sec dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

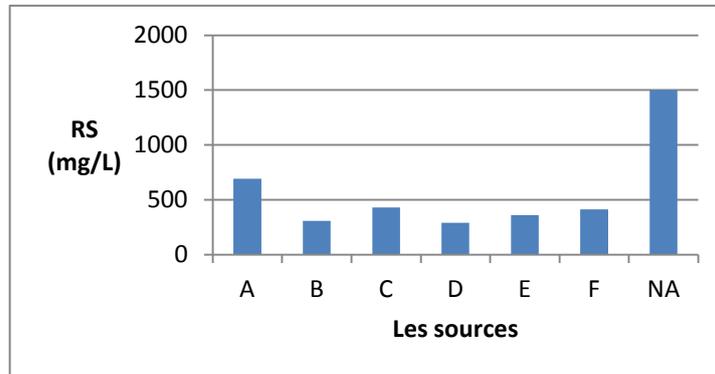


Figure 3.8. Diagramme de résidu sec des sources d'eau étudiées

La détermination du résidu sec dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles, Obtenues après une évaporation d'eau. D'après les résultats obtenus une valeur varie entre 288.75 à 692 mg/l, donc les résultats ne dépassent pas les normes Algérienne de 1500 mg/l et la qualité de l'eau est acceptable sur ce point.

3.1.9. Titre Alcalimétrique (TA)

La figure 3.9 représente la variation de Titre Alcalimétrique dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

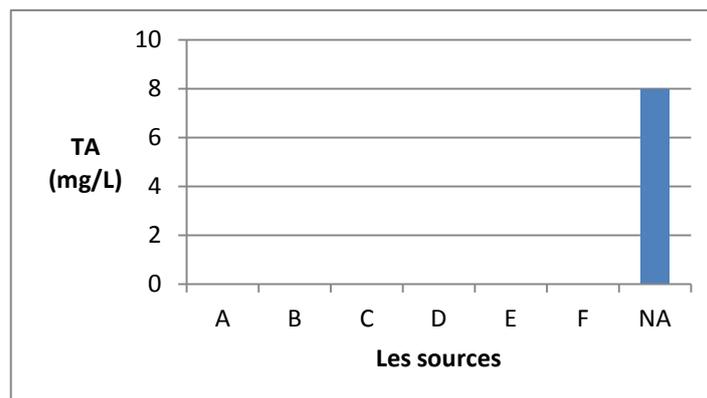


Figure 3.9 Diagramme de Titre Alcalimétrique des sources d'eaux étudiées

Le titre alcalimétrique mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes (OH^-) et la valence de carbonates. D'après les résultats obtenus toutes les valeurs de TA sont nulles, ce qui est évident pour les eaux et sont inférieures à la norme Algérienne (8mg/L).

3.1.10. Titre Alcalimétrique complet (TAC)

La figure 3.10 représente la variation de Titre Alcalimétrique complet dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

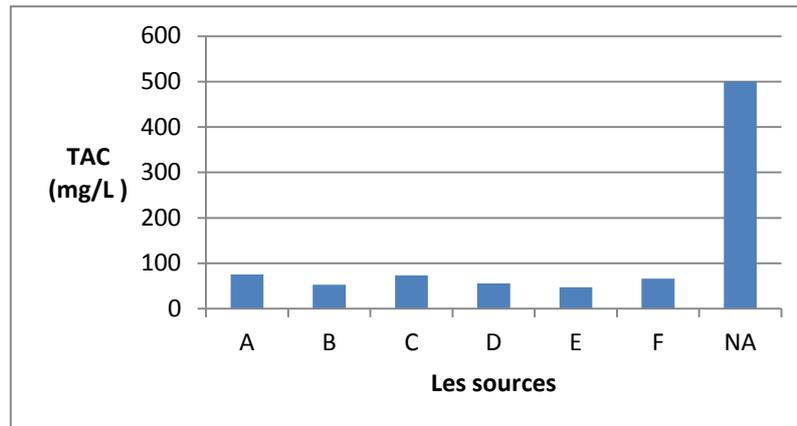


Figure 3.10. Diagramme de Titre Alcalimétrique complet des sources d'eau étudiées

Le titre alcalimétrique complète ou TAC. Correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. D'après les résultats obtenus une valeur varie entre 47 à 75 mg/l, donc les résultats ne dépassent pas les normes Algérienne de 500 mg/l.

3.1.11. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)

La figure 3.11 représente la variation de Titre Hydrométrique dans les eaux pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées

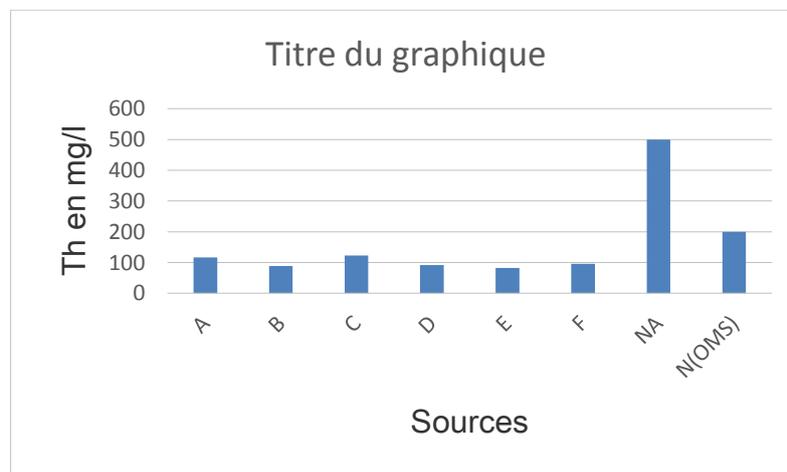


Figure 3.11. Diagramme de la Titre Hydrométrique des sources d'eau étudiées.

Dureté Totale C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence de calcium et de Magnésium. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et Bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté dépend de la structure géologique des sols traversés. Les résultats obtenus montrent

que la dureté varie entre 82 à 122.5 mg/l ne dépassent pas les normes Algériennes et OMS (500 et 200 mg/L), donc la qualité de l'eau dans la région d'étude elle est acceptable.

3.1.12. Calcium (Ca^{2+})

La figure 3.12 représente la variation des ions de calcium de l'eau des sources de la région d'Ain defla

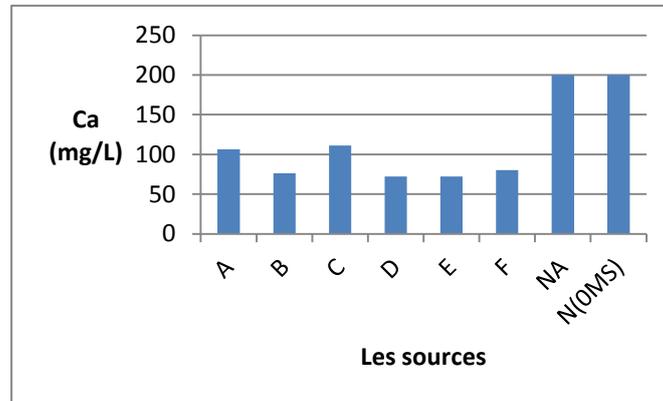


Figure 3.12. Diagramme Calcium des sources d'eau étudiées

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). D'après les résultats obtenus elle varie entre 72.14 à 111.21 mg/L qui sont inférieure aux normes Algérienne et celle de l'OMS 200 mg/L, donc les résultats obtenus prouvent la qualité de sources étudiées.

3.1.13. Magnésium (Mg^{2+})

La figure 3.13 représente la variation de magnésium dans les eaux des différents échantillons des sources (A, B, C, D, E et F) étudiées

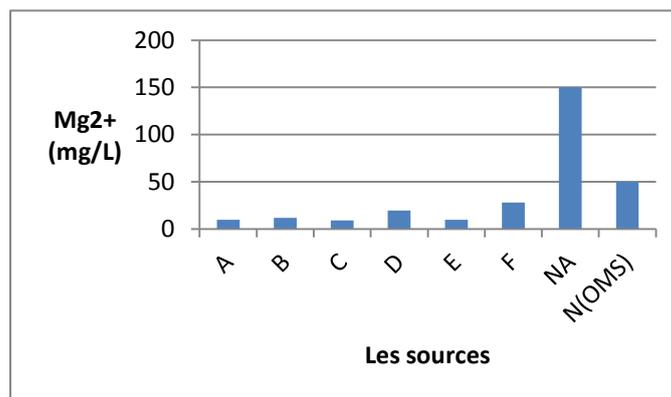


Figure 3.13. Diagramme de magnésium des sources d'eaux étudiées

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen). D'après les résultats obtenus une valeur varie entre 9.13 à

27.84 mg/l donc les résultats demeurent dans le respect des normes Algérienne (150 mg/L) et celle de l'OMS (2006) qui est de 50mg/L alors la qualité de l'eau elle est acceptable.

3.1.14. Chlorure (Cl)

La figure 3.14 représente la variation des ions de chlorure de l'eau pour les différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

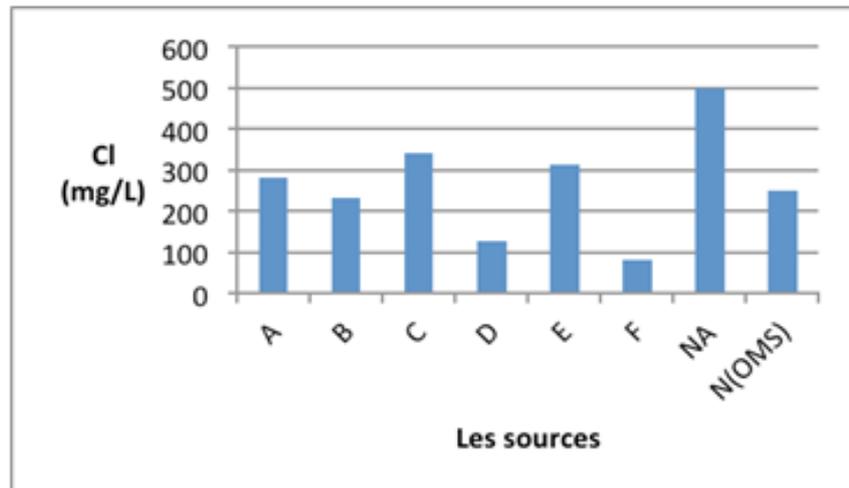


Figure 3.14. Diagramme de chlorure des sources d'eau étudiées

La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures est de l'ordre de 80 mg/l à 341.7 mg/l au niveau de la région d'étude, cependant on signale la détermination des teneurs moyennement élevés qui dépasse la norme de l'OMS 2006 au niveau des 3/6 des sources étudiées dont C, E, et A avec (341.7, 312.1 et 28) et les 3/6 restantes B, E et F sont dans le respect de la norme OMS(2006) 250mg/L .on peut conclure la partie en appréciant la qualité de l'eau de ces sources étudiées Selon les normes Algériennes les teneurs en chlorures restent toujours inférieure à 500 mg/l comme indique cette norme.

3.1.15. Potassium (K⁺)

La figure 3.15 Représente la variation des ions de potassium dans l'eau des différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

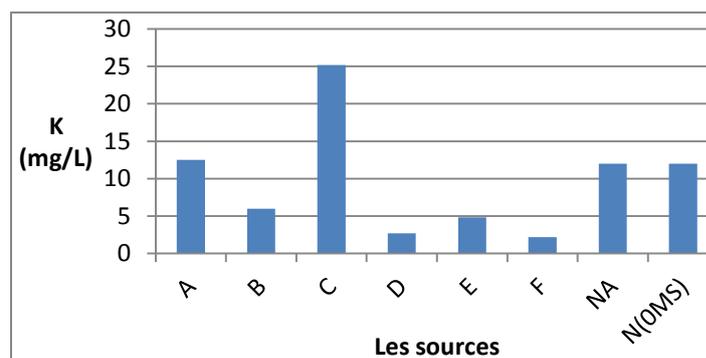


Figure 3.15. Diagramme de potassium des sources d'eau étudiées

Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature. Il est lié surtout à l'utilisation de certains engrais. La teneur en potassium autorisée pour l'eau potable est seulement de 12 mg/l (**OMS 2011 et**) et norme Algérienne. Les 4/6 d'échantillons analysés ont des proportions inférieures à 12 mg/L, à l'exception du 2/6 A et C qui montre une teneur de 12.5 et 25.5mg/L cela est due probablement à la percolation de certain type d'engrais utilisé en agriculture (KCl).

3.1.16. Sodium (Na^+)

La figure 3.16 Représente la variation des ions de sodium dans l'eau des différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées.

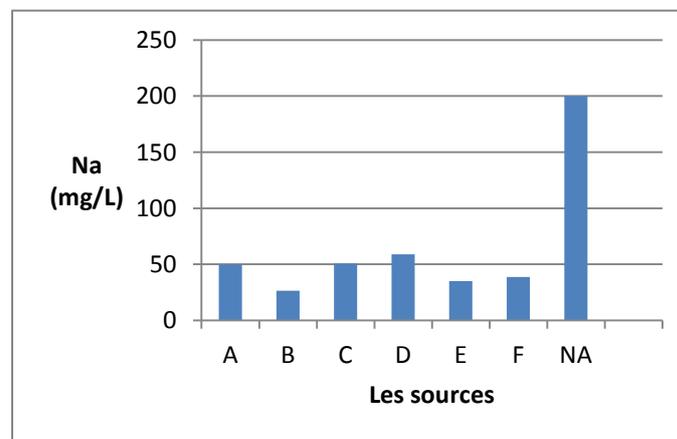


Figure 3.16. Diagramme de sodium des sources d'eau étudiées.

Les sodiums dans les eaux proviennent généralement du lessivage des formations géologiques, de la dissolution de l'halite et des eaux marines, sol salin, pesticides, déchets des animaux, et rejets des eaux usées domestiques. Cependant une valeur minimale de l'ordre 26.5 mg/L a été enregistré à la source (B) et une valeur maximale de 59 mg/L à la source d'Ain el hidjel qui demeure toujours dans le respect de norme Algérienne (200mg /L), quant à la norme OMS (2011) ne fixant aucune valeur limite.

3.1.17 Bicarbonates (HCO_3^-)

Les ions bicarbonate et calcium majoritairement présents dans les eaux naturelles ont pour origine la dissolution du carbonate de calcium (calcite ou aragonite) par l'intervention de l'anhydride carbonique dissous dans l'eau et proviennent de l'air atmosphérique. Les normes Algérienne et OMS (2006) ne fixent aucune concentration limite pour ce paramètre. Pour les eaux naturelles dont TA=0, les ions bicarbonates correspondent à la valeur de TAC.

3.1.18. Ammonium (NH_4^+)

La figure 3.18 Représente la variation des ions d'ammonium dans l'eau des différentes sources (A, B, C, D, E et F) étudiées

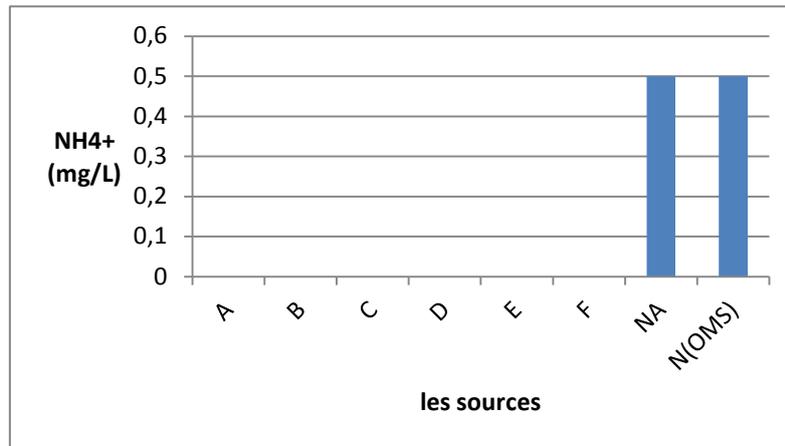


Figure 3.18. Diagramme d'ammonium des sources d'eau étudiées.

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3). En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la Forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température bien qu' on note l' absence totale des ions ammoniac dans toutes les sources d'eau étudiées ce qui est conforme aux normes Algérienne(2011) et OMS (2006) fixant la limite 0.05mg/L.

3.1.19 Détermination des principaux faciès hydro chimiques

Les faciès hydro chimiques sont fréquemment utilisés pour décrire la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en meq/L), et en tenant compte de la classification des ions (formule ionique). Pour identifier correctement les faciès hydro chimiques et pour donner une indication des aspects qualitatifs de l'eau de sources, la représentation graphique des résultats d'analyse est un outil incontournable. Pour atteindre cet objectif, les données hydro chimiques ont été traitées par le diagramme Piper, le diagramme de Schoeller-Berkaloff par utilisation du logiciel Diagrammes (Simler, 2009).

3.1.19.1 Diagramme losangique de piper

Ce diagramme a permis de représenter les six sources d'eau simultanément afin de déterminer et comparer les différents faciès, cations les types de cations et anions dominants

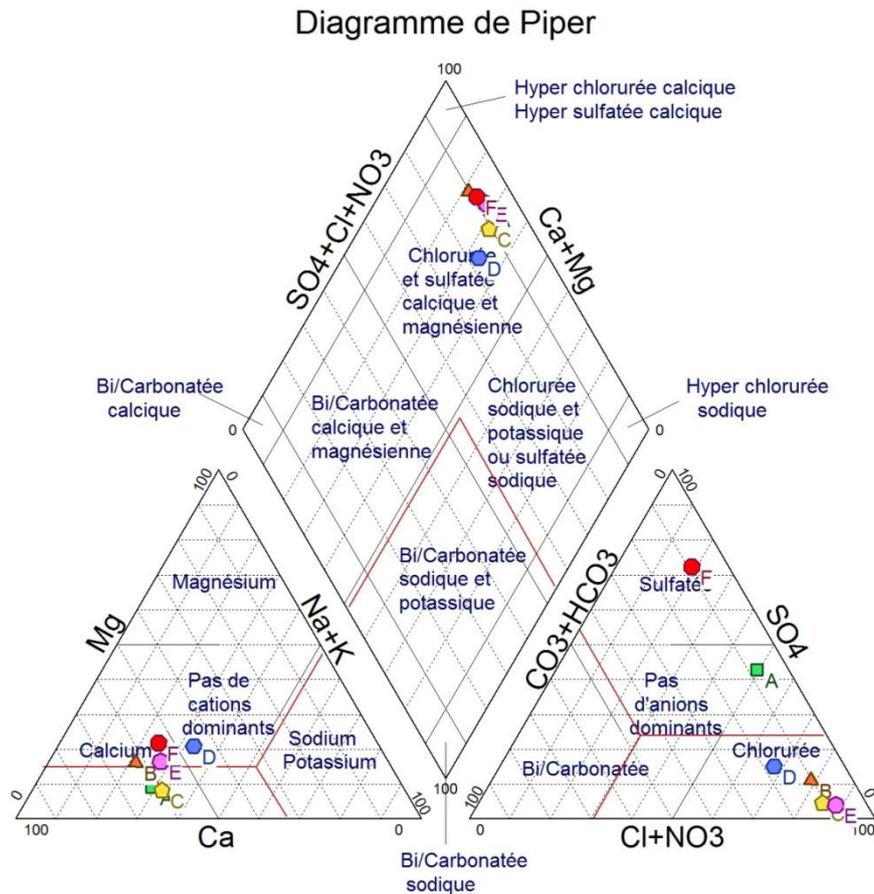


Figure 3.19. Diagramme de piper

- Selon le losange synthétisant le faciès global on peut déduire que toutes les sources ai présentent une grande ressemblance au niveau des caractéristiques hydro chimiques et présentent de ce fait un même faciès chloruré et sulfatée calcique et magnésienne.
- Selon le triangle faciès cationique on peut classer les 2/6 des sources ain karma (A) et Ain Moubaraka dans la zone de dominance des ions cations calcium et les 4/6 des sources M'zentout (B), Ain hidjel (D), Tayloulou (F) et Dabouz (E) dans la neutre c'est-à-dire dire pas des cations dominants.
- Selon le triangle faciès anionique on a quatre, trois faciès dont la source Ain Karma (A) a un faciès neutre, les sources M'zentout (B), Ain Moubaraka (C), Tayloulou (F) et Ain Hidjel (D) qui ont le même faciès chloruré et la source de Debouz (E) a un faciès sulfaté.

3.1.19.2 Diagramme de Schoeller

La projection des différents résultats d'analyses De l'eaux des six sources étudiées sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff a permis de visualiser les différents faciès hydro

chimiques ,cette une méthode de représentation graphique révélée utile en tant que méthode complémentaire du diagramme de Piper.

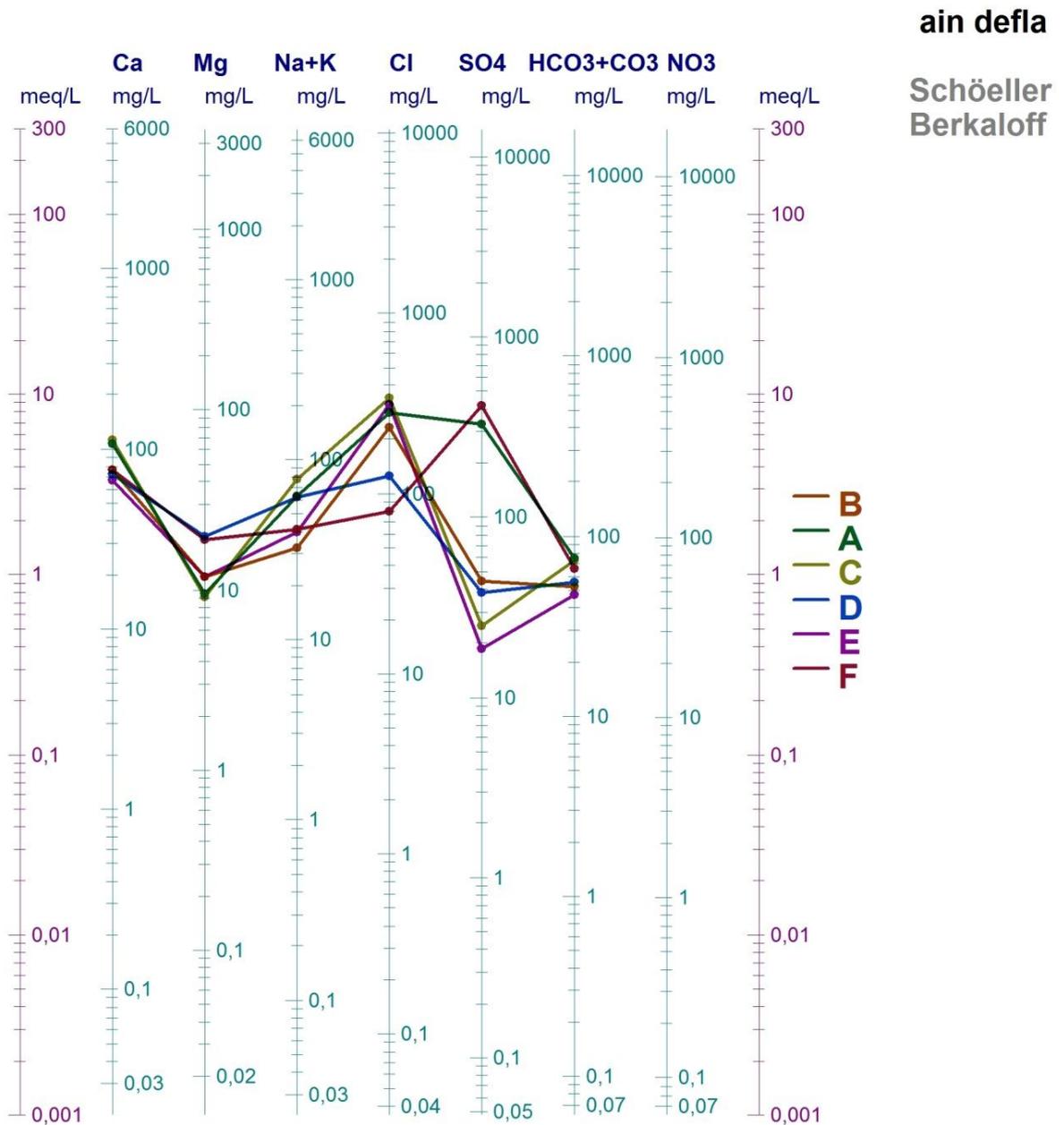


Figure 3.20.Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Les diagrammes logarithmiques (figure 3.1.19.1) ont permis d’identifier quatre faciès différent à savoir le sulfatés, chlorurée calcique et magnésienne ce qui confirme nos résultats avec le diagramme de piper.

3.2. Résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie de la Laiterie d’Arib dans la région de Ain defla, et consiste à la recherches

des germes totaux, Coliformes totaux et fécaux (thermo-tolérant), Streptocoques fécaux et clostridium sulfito-réducteur. Les résultats bactériologiques obtenus sont représentés sur ce tableau 3.3.

Tableaux 3.3 Variation des Paramètres bactériologiques

Paramètre Bactériologique	Les sources						Norme OMS (2002)
	A Ain Karma	B M'Zentout	C Ain Moubaraka	D Ain Hidjel	E Dabouz	F Taylouloula	
Germes Totaux à 37C°	12	288	46	ind	240	140	100 germes/ml
Germes Totaux à 22C°	16	212	340	ind	360	340	0
Coliformes Totaux	0	3	0	1	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0		0
Coliformes thermo-tolérant	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques Fécaux	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	0	0	+	0	0	0	0

3.2.1. Germes Totaux à 37 °C

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le nombre des germes totaux à 37C° pour les échantillons étudiés sont supérieurs à celui exigé par les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS,2002) sauf un seul échantillon qui est inférieur à la norme indiquée, ce qui nous permet conclure que 5/6 des sources étudiées sont contaminées par les germes totaux à 37°C .cette contamination peut être causée par les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

3.2.2. Germes Totaux à 22 °C

Cette analyse a pour objectif le dénombrement non spécifique de plus grand nombre de micro-organismes. Ce dénombrement nous permet d'apprécier quantitativement la charge microbienne existant dans l'eau. On a remarqué que des germes totaux à 22°C de l'eau des sources sont supérieurs aux normes (OMS, 2002).

3.2.3. Coliformes Totaux

Les coliformes totaux se trouvent généralement dans la nature associés à la matière organique en décomposition. Depuis très longtemps ils sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du

traitement et de la décroissance bactérienne après traitement. On remarque absence totale des coliformes totaux dans 4/6 des sources étudiées ce qui conformes aux normes (OMS ,2002) .cependant on note la contamination de Ain Hdjel et M'zentout avec un nombre de 1 et 3coliformes/ml respectivement, leur nombre est supérieur a la norme indiqué par (OMS, 2002), cette contamination peut être due a la présence des animaux qui pâturent dans la zone.

3.2.4 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux, et sont capables de fermenter le lactose à 44°C thermo-tolérant du genre d'Escherichia coli elles sont considérées comme étant des organismes indicateurs de pollution. La réglementation Algérienne exclue impérativement la présence des coliformes fécaux dans 100 ml, comme l'indique celle de l'OMS ce qui nous amène à dire 6/6 des nos sources analysées sont conformes aux normes (OMS ,2002)

3.2.5. Streptocoques Fécaux

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux. Ils témoignent d'une contamination fécale ancienne tandis que les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente. Les streptocoques fécaux dans toutes les sources sont conformes aux normes (OMS, 2002).

3. 2.6.Clostridium sulfito- réducteur

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de Clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de clostridium dans les eaux signe en général, une contamination fécale c'est ainsi qu'on note cette contamination dans la source d'Ain Moubaraka certainement due au pâturage des animaux dans la zone.

Conclusion Générale et recommandations

La présente étude, qui a pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans la région d'Ain Defla. Afin de caractériser cette eau, six (06) stations ont été choisies. L'étude a concerné l'analyse des paramètres physico-chimiques (T°, pH, Conductivité, Turbidité, Salinité, Matières en suspensions, Résidus sec, Titre hydrotimétrique, Titre alcalimétrique complet, Titre alcalimétrique simple, Chlorure, Dureté calcique, Titre Magnésique, l'oxygène dissous), ainsi que des paramètres bactériologiques (les Germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux). Les résultats obtenus, ont montré que, et à l'exception des deux sources (Ain karma et Ain Moubarak) où il a été constaté des anomalies concernant la teneur en potassium, dans l'ensemble les caractéristiques physico-chimiques sont acceptables et conformes aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et ce depuis 2006 Et Algérienne (2011). Les résultats d'analyse bactériologique des eaux des sources étudiées présentent des nombres acceptables pour les coliformes totaux et fécaux, des germes totaux et des streptocoques fécaux qui ne dépassent pas les normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Il a été remarqué que certains de ces nombres sont élevés dans certaines sources à titre d'exemple pour les coliformes totaux (1 et 3 germes /mL) enregistrés dans les sources d'Ain elhidjel et de M'zentout de même pour le clostridium sulfito-réducteur dans la source d'Ain Moubaraka. Les diagrammes logarithmiques de Piper et de Schoeller-Berkaloff, ont permis d'identifier quatre faciès d'eau différents à savoir les eaux : Sulfatée, Chlorurée Calcique et Magnésienne. La répartition spatiale des éléments chimiques dans la région d'étude, montre que la qualité chimique de ces eaux est fortement liée à la géologie et à la lithologie de l'aquifère, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations dolomitiques ainsi que les marnes qui constituent le substratum de la nappe. En conclusion les échantillons d'eau des sources étudiées répondent aux normes de qualité physico-chimique et bactériologique exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et Algérienne.

Recommandations

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons quelques perspectives et axes de recherches suivantes :

- Le control continu de la qualité des eaux des sources dans la région d'Ain defla

CONCLUSION GENERALE

- L'augmentation de la taille de la présente étude, en s'appuyant plus sur l'analyse de d'autres sources et en introduisant d'autres techniques de caractérisation.
- L'installation des périmètres de protections autour de l'émergence de l'eau, règlementer et surveiller les activités menées sur la surface drainée par les nappes qui alimentent les sources ;
- La surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité des eaux de ces sources et de se prémunir contre toutes formes de pollution
- Effectuer un traitement de désinfection au niveau de ces sources pour suspendre la pollution biologique, en préservant la santé des citoyens contre les maladies à transmission hydriques
- Organiser des campagnes de sensibilisations des populations au respect des règlements et à stopper toutes activités génératrices de pollution à proximité des captages.

Références bibliographiques

- [1]. HADEF D. et HASNI M, Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau De l'oued boutane région khemis Miliana Ain defla, mémoire master en chimie pharmaceutique et substance naturelle, Université Djilalli Bounaama Khemis Miliana, Algérie, (2017).
- [2]. RODIER. J, BERNAD. L, l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition, Dunod, Paris. (2009)
- [3]. RODIER. J, Analyse de l'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer), 8^{ème} Edition, Paris, (1996).
- [4]. JOEL. G, La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre (2003).
- [5]. Éric G., Christian M., Jacques M., Hydrogéologie objets, méthodes, applications, 2^{ème} édition, Dunod, Paris (2008).
- [6]. RODIER J, l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition, Dunod, Paris (2005).
- [7]. Ghazali D. Zaid A. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès –Maroc), (2013) .
- [8]. Diallo.M et Kouadio.T : Etude contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la région du haut Chécliff, Mémoire de Master en Eau et environnement. Université Khemis Miliana (2015).
- [9]. Berne F., Jean C., Traitement des eaux, Édition TECHNIP, (1991).
- [10]. SATIN M., SELMI B. Guide technique de l'assainissement. 2^{ème} édition, Moniteur, (1999).
- [11]. DEGREMONT G. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{ème} édition : Tec et doc. (2005).
- [12]. GAUJOUS D., La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire 2^{ème} édition. Lavoisier. (1995)
- [13]. Catherine G., La qualité chimique de l'eau, 3ème Éditions, Paris, (2009)
- [14]. Lenntech. Normes de l'OMS sur l'eau potable - Lenntech. [En ligne]. Disponible sur :<
<http://www.lenntech.fr/applications/potable/eau-potable.htm>>, **consulté le 25/04/18**
- [15]. BENTOUMLI.Z, les analyses microbiologique pour contrôle de qualité du lait, des produits laitiers et eau, institut Pasteur d'Algérie-service de bactériologie des aliments et eaux, rapport d'stage (2015).

Références bibliographiques

- [16]. LEYLA G., RONNEFOY C., GUILLET F., Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris (2002).
- [17]. MERCIER J. Le grand livre de l'eau, Edition, La reconnaissance du livre, Collecte art de vivre, (2000).
- [18]. KEMMER F. Manuel de l'eau, Edition, Lavoisier technique et documentation. (1984).
- [19]. MENAD . K, METADJER, Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana .Université Khemis Miliana (2012).
- [20]. DEGREMONT G. Mémento technique de l'eau. Tome 1,2^{ème} édition : Copyright dégrement. (1990).
- [21]. LEYLA. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F : Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris (2002).
- [22]. JOHN. P, DANALD. A : Microbiologie, 3ème édition, (2010).
- [23]. ARMAND L, Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc, (1996).
- [24]. BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F., Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier (1996).
- [26]. Wikipédia, <https://fr.m.wikipedia.org> définition en ligne, consulté 13/05/2018
- [27]. Raphaëlle Vae, forum alimentaire et sanitaire, 10 février 2009, consulté le 13/05/2018
- [28]. DIARRA.S, DEUA : Etude de la fluctuation du niveau piézométrique de la nappe alluviale du haut Chéiff, Université de Blida (2001).
- [29]. DERMAL S., MOHAMED F., DEUA, Contribution à l'étude des variations de pluviométrie sur les sous-bassins versants d'alimentation de L'oued Chéiff DEUA Université de Blida (1999).
- [30]. Journal officiel de la république Algérienne N°18,18 Rabie Ethani 1432 (23 mars 2011)

1. Analyses physico-chimiques

Mesure de potentiel d'hydrogène (pH), Température (T°), Oxygène dissous (O₂ dissous), conductivité électrique et salinité à l'aide d'un multi-paramètre.

1.1. Mode opératoire

➤ Dosage de l'échantillon

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser
- Mettre un agitateur avec une bécher
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitateur
- Puis noter le pH, T°, l'oxygène dissous, conductivité électrique et salinité Les résultats donnés directement en % et mg/l (oxygène dissous), $\mu\text{s}/\text{cm}$ (conductivité) et en g/l (salinité)



Figure 1. Multi-paramètre

1. 2. Turbidité

1.2.1. Mode opératoire : Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure [2] . La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure 2. Turbidimètre

1.3. Dosage des Chlorures (Cl⁻)

1.3.1. Mode opératoire

- Placer 50 ml d'échantillon dans erlenmeyer
- Ajouter 2 goutte de K₂CrO₄ (Chromate de potassium)
- Titrer la solution avec l'AgNO₃ 0.02N jusqu'à ce que la solution vire jaune rougeâtre qui est le point de fin de titrage [2].

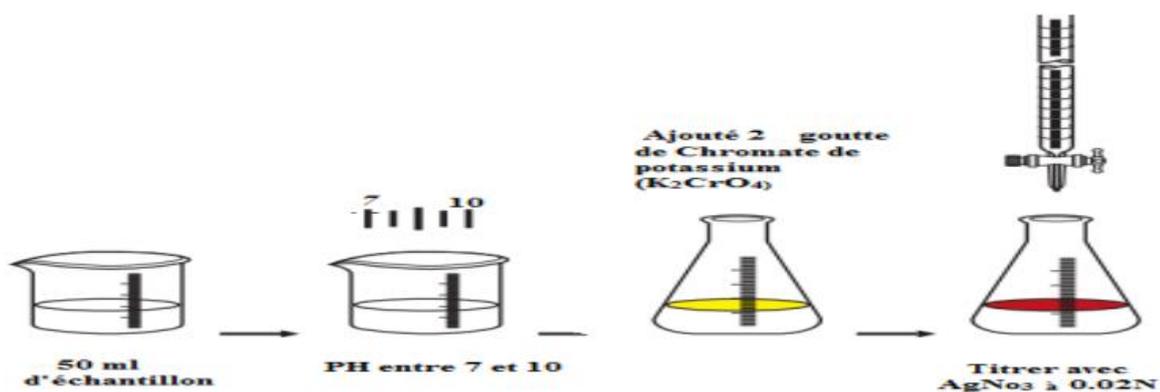


Figure 3. Dosage de Chlorure

1.4. Dureté Totale (TH)

1.4.1. Mode opératoire

- Placer 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- Ajouter 4 ml de solution Tampon et 3 goutte de solution de noir ériochrome
- Titrer la solution de l'EDTA rapidement en début puis goutte à goutte jusqu'à virage bleu
- Noter V_{éq} de Solution l'EDTA [2].

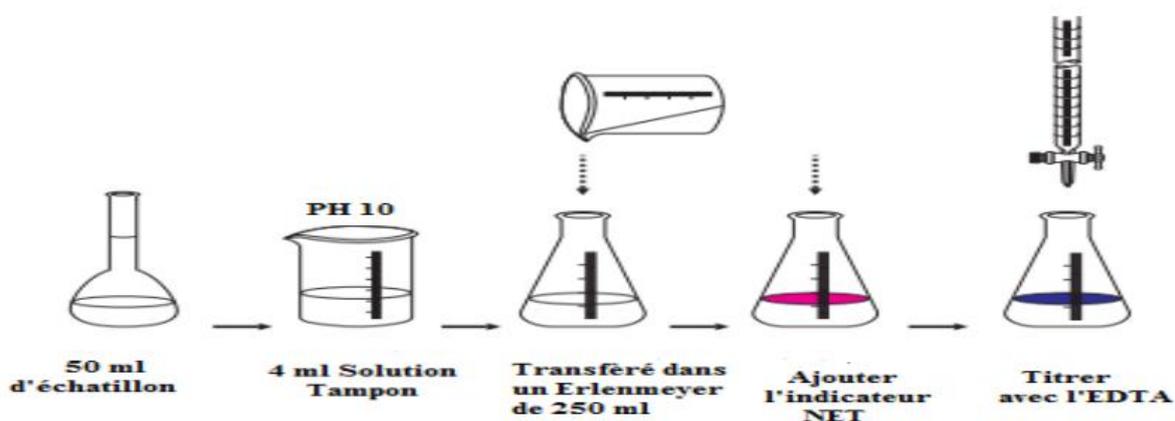


Figure 4. Dosage de Dureté Totale

1.5. Dosage de Calcium (Ca²⁺)

1.5.1. Mode opératoire

- Placer 10 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- Verser 4 ml de NaOH et pincée Muruxide à 0.5%
- Titrer avec de solution EDTA à jusqu'à virage violet [2].

1.6. Détermination de Magnésium (Mg²⁺)

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée [2].

1.7. Détermination de Titre Alcalimétrique (TA)

1.7.1. Mode opératoire

- Placer 100 ml l'eau à analyser dans un erlenmeyer
- Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine à 0.5% qui donne une coloration rose
- Titrer avec de solution l'HCl jusqu'à disparition de couleur [2].

1.8. Détermination de Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

1.8.1. Mode opératoire

- Placer 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 1%
- Titrer avec de solution l'HCl jusqu'au virage de jaune orange [2].

1.9. Détermination de Résidu Sec

1.9.1. Mode opératoire

- Tracer une capsule préalablement lavée, rincer à l'eau distillée et desséchée
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule
- Porter cette dernière à l'étuve à 105 C° pendant 24 heures
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur
- Peser immédiatement et rapidement [2].



Figure 5. Etuve

1.10. Détermination des matières en suspension

1.10.1. Mode opératoire

- placer le papier filtre dans l'étuve (105C°) jusqu'à avoir une masse constante, puis le peser m_1
- Mettre en place le filtre et filtrer Le volume v d'échantillon d'eau à analyser à travers.
- Laisser essore le filtre, sécher à 105 C°, laisser refroidir du et peser à, jusqu'à masse constante.

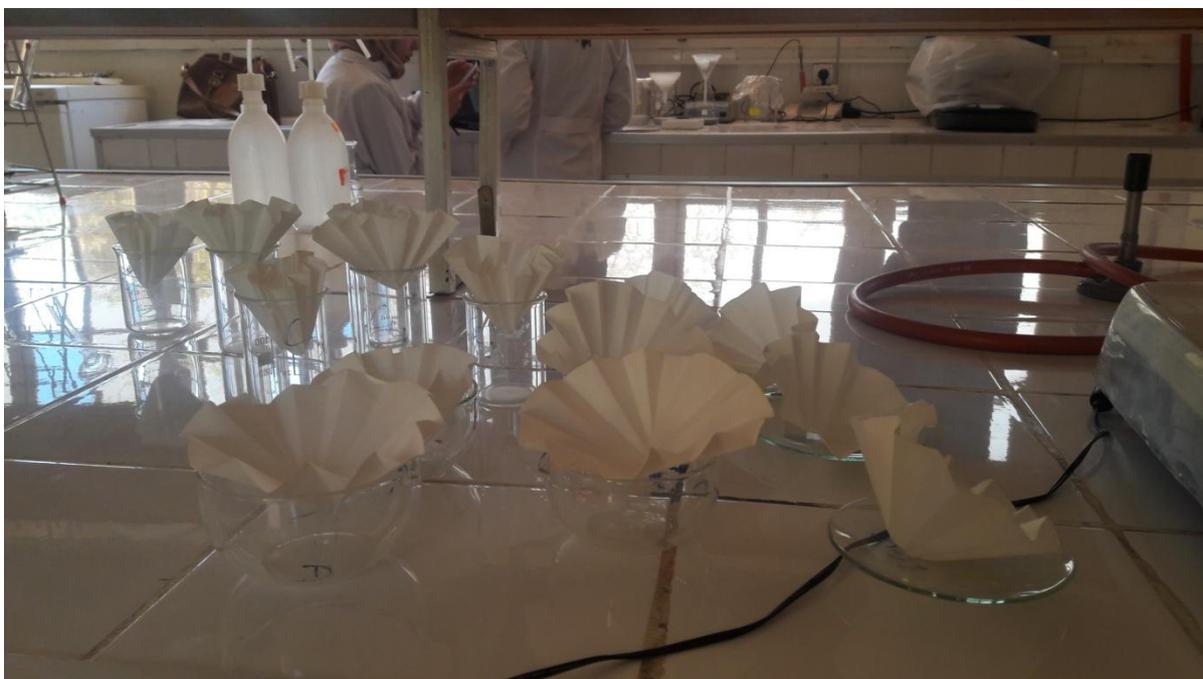


Figure 6. Papier filtre

1.11 Potassium et Sodium



Figure 7. Spectrométrie d'émission de flamme

est l'appareil qui permet de mesurer l'absorbance des ions potassium et sodium afin de tracer la courbe d'étalonnage au moyen des solutions étalon de concentrations connues pour déduire les différentes concentrations en ions potassium et sodium dans l'eau.

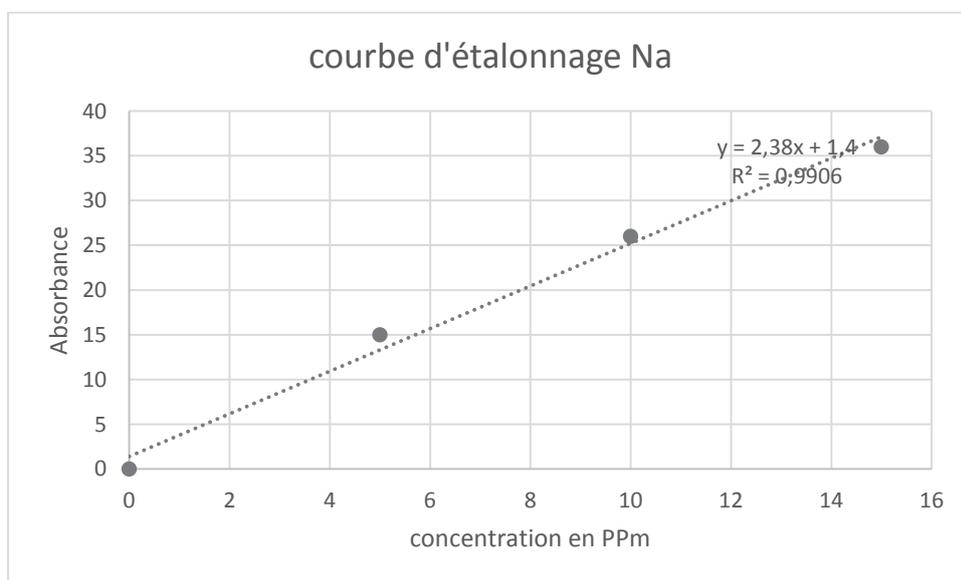


Figure 8 : courbe d'étalonnage de sodium

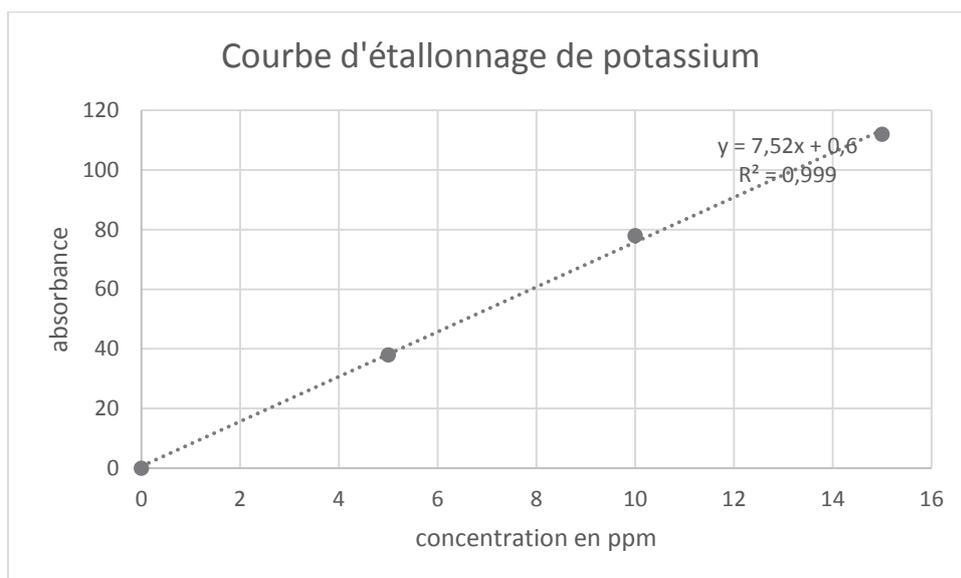


Figure 9 : courbe d'étalonnage de potassium[2]

1.12. Ammonium

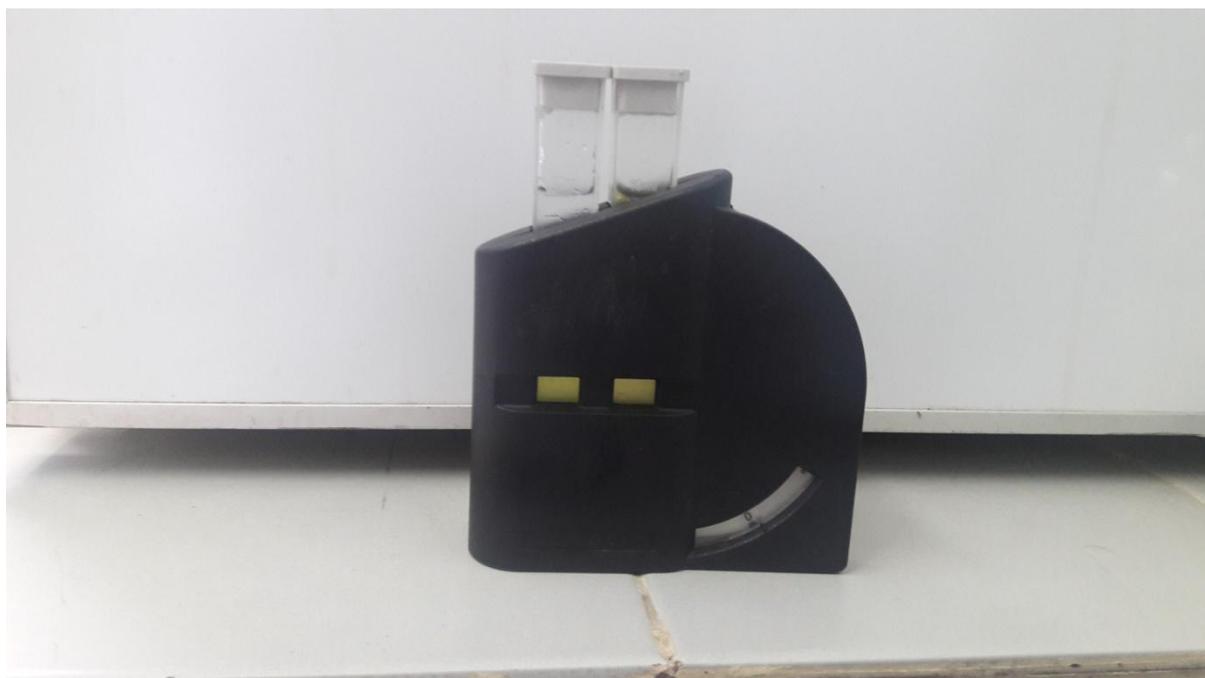


figure10 :L'appareil CheckKIT Disc

Il est utilisé pour d'exprimer en mg/L la teneur en ammonium dans l'eau des sources.

1.13. Détermination de faciès chimiques

En théorie, lors du dosage d'une eau, la somme (en équivalent chimique) des charges cationiques devrait être égale à celle des charges anioniques (en équivalent-chimique), ceci nous a permis d'estimer la valeur environnant de sulfate afin de déterminer le faciès chimique de l'eau des sources étudiées

2. Analyses microbiologiques

Tableau 1 : Nombre le plus probable (NPP)

1*50 ml	5*10 ml	5*1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inferieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0.5	4
0	0	2	2	<0.5	6
0	1	0	1	<0.5	4
0	1	1	2	<0.5	6
0	1	2	3	<0.5	8
0	2	0	2	<0.5	6
0	2	1	3	<0.5	8
0	2	2	4	<0.5	11
0	3	0	3	<0.5	8
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	13
0	0	0	1	<0.5	4
1	0	1	3	<0.5	8
1	0	2	4	<0.5	11
1	0	3	6	<0.5	15
1	1	0	3	<0.5	8
1	1	1	5	<0.5	13
1	1	2	7	<0.5	17
1	1	3	9	1	21
1	2	0	5	2	13
1	2	1	7	<0.5	17
1	2	2	10	1	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	3	19
1	3	1	11	2	26
1	3	2	14	3	34
1	3	3	18	4	53
1	3	4	21	5	66
1	4	0	13	6	31
1	4	1	17	4	47
1	4	2	22	5	59
1	4	3	28	7	85
1	4	4	35	9	10
1	4	5	43	12	120
1	5	0	24	15	75
1	5	1	35	8	1
1	5	2	54	12	140
1	5	3	92	18	220
1	5	4	160	27	450
1	5	5	240	39	

ANNEXES

--	--	--	--	--	--

Tableau 2. Norme bactériologique OMS (2002) de potabilité

Paramètres microbiologiques	Maximum
Germes banaux	100/100ml
Coliformes totaux	0/100ml
Coliformes fécaux	0 /100ml
Streptocoques fécaux	0/100ml
Clostridium sulfito-réducteur	0/100ml

2.1 Interprétation des résultats des coliformes :

Tableau2: Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes à la source M'zentout (B)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			Trouble	Iode	
Flacon 50 ml BCPL D/C	+	1	-	-	0
5 *10ml BCPL D/C	+ - - -	1	-	-	0
5*1ml BCPL S/C	- - - -	0	-	-	0

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 110 ce qui correspond sur la table NPP à 3 coliformes totaux et l'absence totale des coliformes fécaux.

ANNEXES

Donc nous pouvons dire d'une façon explicite on a 3coliformes totaux dans 1ml d'eau analysée.

Tableau3: Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes à la source d' Ain el hidjel (D)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			trouble	Iode	
Flacon 50 ml BCPL D/C	-	0	-	-	0
5 *10ml BCPL D/C	+	1	-	-	0
	-				
	-				
	-				
5*1ml BCPL S/C	-	0	-	-	0
	-				
	-				
	-				

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 010 ce qui correspond sur la table NPP à 3coliformes totaux et l'absence totale des coliformes fécaux.

Donc nous pouvons dire d'une façon explicite on a 1 coliformes totaux dans 1ml d'eau analysée .

2.2. La présence de Clostridium sulfuto réducteur à la source Ain moubaraka:



figure11. La présence de Clostridium sulfito réducteur

L'apparition de cette tache noire dans l'échantillon de Ain Moubaraka exprime la contamination de cette source par le clostridium sulfito-réducteur

3.Préparation des solutions

3.1-Solution de nitrate d'argent 0.02N

Nitrate d'argent (AgNO_3) $m=3.40\text{g}$ Eau distillée $V=1000\text{ml}$

3.2-Solution d'acide sulfurique 0.02N

Acide sulfurique (H_2SO_4) $V=0.54\text{ml}$

Eau distillée $V=1000\text{ml}$

3.3-Solution méthyle d'orange 1%

Méthyle d'orange $m=1\text{g}$ Eau distillée $V=99\text{ml}$

3.4-Solution EDTA 0.02N=0.01M

EDTA $m=3.725\text{g}$ Eau distillée $V=1000\text{ml}$

3.5-Solution phénolphtaléine 0.5%

Phénolphtaléine $m=0.5\text{g}$ Alcool éthylique (éthanol 96%) $V=100\text{ml}$ Eau distillée $V=100\text{ml}$

3.6-Solution Noir d'eriochrome T (N.E.T) 0.5%

Noir d'eriochrome T (N.E.T) $m=0.5\text{g}$ Alcool éthylique (éthanol 96%) $V=100\text{ml}$

3.7-Solution NaOH 0.1N

NaOH $m=1.124\text{g}$ Eau distillée $V=275\text{ml}$

3.8-Solution HCl 0.1N

HCl $V=8\text{ml}$ Eau distillée $V=1000\text{ml}$

3.9-Solution muruscide 0.5%

Muruscide $m=0.5\text{g}$ Alcool éthylique (éthanol 96%) $V=100\text{ml}$

3.10- Solution Chromate de potassium

Chromate de potassium K_2CrO_4 $m=10\text{g}$ Eau distillée $V=100\text{ml}$

3.11- Solution tampon d'ammonium

- Chlorure d'ammonium 67.5g
- NH_4OH (25%) 570ml
- HCl concentré
- H_2O distillé jusqu'à 1000ml