REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES - MEDEA
FACULTE DES SCIENCES

Mémoire présenté par:
Melle KEBAL Abir & Melle BAILICH Rym

en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Ecologie & environnement

Spécialité: Ecologie

Thème

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE, PHYSICOCHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX PROVENANT DE TROIS SOURCES DE LA VILLE DE MEDEA

Soutenu le Mardi 09/07/2019, devant le jury composé de:

Président	Mr AIT HAMOUDA Tahar	M.A.A	Université de Médéa
Promoteur	Mr BELHADJ Hichem	M.A.A	Université de Médéa
Examinateur	Mr GHENNAM Kamel	M.C.B	Université de Médéa
Examinatrice	Melle ATTAL Meriem	M.A.B	Université de Médéa

Année universitaire: 2018/2019

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

*A ceux qui m'ont comblé d'amour, de soutien et de tendresse .A vous : « **Mon Père** », « **Ma Mère** ». Que Dieu vous Donne santé et longue vie,*

*A mes très chères sœurs adorables **Fatiha** et **Farida***

*A mes frères **Amine**, **Mourad** et **Nasr elddine**.*

Ames nièces.

*A mes neveux **Imane, Bouchra, Youness, Youssef, Issam, Riham, Quosai, Tasnim et Nazim.***

*A mes très chères tantes, oncles, cousins **Nabil** et **Hichem**, et cousines **Rachida** et **Soulef.***

A mes amies.

*A ma chère binôme **Rym** ainsi que toute sa famille,*

je leurs souhaite tout le bonheur du Monde.

A toute la promotion Ecologie et Environnement.

Abir

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

A mes chers ***parents*** *qui ont toujours été là pour moi*
je vous suis reconnaissante pour les sacrifices consentis
pour mon bien être.

Votre soutient et votre éducation ont fait de moi ce que
Je suis aujourd'hui, puissé-je vous rendre
fiers et Heureux.

A mes ***sœurs*** *et, mes* ***frères*** *et à toute ma* ***famille***
Pour leurs soutiens inconditionnels.

A mes ***amies*** *qui m'ont apporté soutien et*
Consolation dans les moments de besoin.
Amon fiancé ***Issam****.*

A ma chère camarade ***Abir.***

Rym

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions ALLAH *tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

Nous tenons à remercier Mr. BELHADJ Hichem *d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.*
Nous tenons également à remercier Mr. Ait Hamouda Taher D'avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions Mr. Ghennam Kamel et Melle. ATTAL Meriem qui nous a honorés pour examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent également au responsable du laboratoire des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'ADE-Médéa Mme. DJEZZAR *ainsi qu'à toute l'équipe de laboratoire qui nous a beaucoup aidés.*

Dans le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

ملخـــــــــص

يتمثل هذا العمل في تحديد جودة المياه التي تم الحصول عليها من ثلاثة ينابيع موجودة على مستوى مدينة المدية (سطارا، بستانة وعين الشيخ) من خلال إجراء بعض التحاليل الفزيوكيميائية (درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، الموصلية الكهربائية، الصلابة الكلية، والأيونات كلورور، كبريتات، نيترات، بيكربونات، كالسيوم، مغنيزيوم، بوتاسيوم وصوديوم) والبكتريولوجية (القائمة على تعداد القولونيات الكلية والبرازية والمكورات العقدية) بالإضافة إلى اختبار بعض المعايير الحسية (اللون، الرائحة والذوق) لـ18 عينة من الماء المأخوذة خلال فترة المتابعة التي امتدت ما بين 24 فيفري و13 ماي 2019. وقد أجريت هذه التحاليل على مستوى مخبر "الجزائرية للمياه –المدية".

خضعت النتائج المحصل عليها لعدة معالجات (تطور بدلالة المكان والزمان) و مقارنات (المعايير والأعمال السابقة) وأظهرت هذه النتائج أن ماء المنبع القادم من سطارا، بستانة وعين الشيخ ذات جودة فيزيوكيميائية وحسية جيدة لأن نتائج التحاليل تتماشى وتتوافق مع المعايير الجزائرية المتفق عليها لكنها ذات جودة بكتيريولوجية سيئة (وجود القولونيات الكلية).

الكلمات المفتاحية: مياه المنبع، معايير الجودة، المعايير، التلوث، المدية.

Résume

Ce travail consiste à déterminer la qualité de l'eau provenant de trois sources situées au niveau de la ville de Médéa (Settara, Bestana et Ain Cheikh) par la réalisation de certaines analyses physico-chimiques (température, pH, la conductivité électrique, la dureté totale et les ions Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3; HCO_3^-; Ca^{2+}, Mg^{2+} K^+ et Na^+) et bactériologiques (basés sur le dénombrement des coliformes totaux et fécaux et les Streptocoques fécaux) ainsi qu'un examen de certains paramètres organoleptiques (couleur, odeur et saveur) de 18 échantillons d'eau prélevés durant la période de suivi qui s'est étalée entre 24février et le 13mai2019. Ces analyses ont été effectué au niveau du laboratoire de l'Algérienne des Eaux – Médéa.

Les résultats obtenus ont subis plusieurs traitements (évolution spatio-temporelle) et comparaisons (normes et travaux antérieurs). Ces résultats ont montré que l'eau de source provenant de SET, BES et ACH est de bonne qualité physico-chimique et organoleptique car les résultats d'analyses sont conformes et en accord avec les normes algériennes retenues mais elles sont de mauvaise qualité bactériologique (présence de coliformes totaux).

Mots clés: Eaux de source, paramètres de qualité, normes, pollution, Médéa.

Abstract

This work consists in determining the quality of the water coming from three sources located at the city of Medea (Settara, Bestana and Ain Cheikh) by the realization of certain physico-chemical analyzes (temperature, pH, electrical conductivity, total hardness and the Cl-, SO_4^{2-}, NO_3, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+} K^+ and Na^+) and bacteriological (based on the enumeration of total and faecal coliforms and faecal Streptococci) as well as a review of certain organoleptic parameters (color, smell and flavor) of 18 water samples taken during the follow-up period between february 24 and may 13, 2011. These analyzes were carried out at the laboratory of the Algerian Waters – Medea.

The results obtained underwent several treatments (spatio-temporal evolution) and comparisons (norms and previous works). These results have shown that spring water from SET, BES and ACH is a good physicochemical and organoleptic quality because the results of analyzes comply with and in accordance with Algerian standards retained but it is a bed bacteriological quality (presence of total coliforms).

Key words: Spring water, quality parameters, standards, pollution, Medea

Liste des Abréviations

°C:	Degré Celsius.
ACH:	Ain Cheikh.
A.D.E:	Algérienne Des Eaux.
BES:	Bestana
C.D.F-Médéa:	Conservation Des Forêts de la wilaya de Médéa.
Ca^{2+}:	Ions Calcium
CL^{-}:	Ions Chlorures
D.E-Médéa:	Direction de l'Environnement de la wilaya de Médéa.
EDTA:	Acide Ethylène Diamine Tétra acétique.
Fe^{2+}:	Ions Fer
INSPQ*:*	Institut national de santé publique du Québec
K^{+}:	Ions de Potassium
MES:	Matières En Suspension.
Mg^{2}:	Ions magnésium
Mn^{+2}:	Ions manganèse
Moy:	Moyenne
NA:	Normes Algériennes.
Na^{+}:	Ions de Sodium
NH_4^{+}:	Ions ammonium
nm:	Nanomètre.
NO_2^{-}:	Ions nitrites
NO_3^{-}:	Ions nitrates
NTU:	Unités de Turbidité Néphalométriques.
O.N.M :	Office National de Météorologique
O.M.S:	Organisation Mondiale de la Santé.
pH:	potentiel hydrogène.
PO_4^{3-} :	Ions Phosphates
SET:	Settara
SO_4^{2-} :	Ions Sulfates
TAC:	Titre Alcalimétrique Complet.
TDS:	Total des Solides Dissous.
TH:	Titre Hydrotimétrique.
UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UV:	Ultraviolet.
µS/cm:	Micro Siemens par centimètre.

Liste des Tableaux

Tableau I-1: Les réserves en eau de la terre (au total 1409 * 10^6 km^3) 3
Tableau I-2: Classes de turbidité usuelles (NTU) 8
Tableau I-3: la relation entre la conductivité et la minéralisation 9
Tableau II-1: Données climatiques des températures maximales, minimales et moyennes (en degré Celsius) ainsi les quantités de précipitations (en mm) 26
Tableau II-2: régime saisonnière moyenne de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015. 27
Tableau II-3: Débit et l'état des sources 36
Tableau II-4: L'alimentation des quartiers par l'eau des sources 37
Tableau II-5: une diversité faunistique 38
Tableau II-6: Espèces faunistiques dénombrées (D.E-Médéa, 2019) 39
Tableau II-7: Les maladies à transmission hydrique enregistrés dans la wilaya de Médéa 42
Tableau III-1: Les coordonnées géographiques des trois sources de prélèvement 43
Tableau III-2: Lecture des résultats du test de chlore 46
Tableau IV-1: Résultats des analyses organoleptiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019) 64
Tableau IV-2: Résultats des analyses physicochimiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019) 65
Tableau IV-3: Résultats des paramètres bactériologiques 84
Tableau IV-4: Comparaison des analyses physicochimiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév 2019 - mai 2019) par rapport aux autres études 105
Tableau IV-5: Comparaison des analyses bactériologiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (février 2019 - mai 2019) par rapport aux autres études 114

Liste des Figures

Figure I-1: Le cycle hydrologique 4
Figure I-2: Classification de la pollution 16
Figure II-1: Découpage administratif des communes de la wilaya de Médéa 21
Figure II- 2: Carte d'occupation du sol 25
Figure II-3: Diagramme représentant les précipitations de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015 27
Figure II-4: Régime pluviométrique saisonnier de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015 27

Figure II-5: Diagramme représentant les températures maximales, minimales et moyennes 29
Figure II-6: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la Wilaya de Médéa pour la période: 1990-2015 29
Figure II-7: Position de Médéa sur Climagramme d'Emberger (1955) pour la période 1990-2015 30
Figure. II-8: Carte des bassins versants de la wilaya de Médéa 33
Figure. II-9: Carte des sous-bassins versants de la wilaya de Médéa 33
Figure. II-10: Carte de réseau hydrographique et ouvrage hydraulique de la wilaya de Médéa 37
Figure. II-11: Carte du réseau routier de la wilaya de Médéa 41
Figure III-1: Localisation géographique des trois sources (Settara – Bestana – Ain Cheikh) 44
Figure III-2: Localisation de Bestana et Ain Cheikh par rapport aux quartiers voisins 45
Figure III-3: Localisation de Settara par rapport aux quartiers voisins 45
Figure III-4: Flacons du prélèvement 47
Figure III-5: Chauffage jusqu'à l'ébullition à l'aide d'une plaque chauffante 49
Figure III-6: la disparation de la couleur violet après l'ajoute de l'acide sulfurique 49
Figure III-7: Refroidissement des capsules des résidus secs dans le dessiccateur 50
Figure III-8: L'apparition de la couleur rose après l'ajout de d'indicateur-Noir d'Erichrom 51
Figure III-9: L'apparition de la couleur bleu après l'ajout de l'EDTA 51
Figure III-10: L'apparition de la couleur rose après l'ajout de d'indicateur-Murexide 52
Figure III-11: L'apparition de la couleur violet**te** après l'ajout de l'EDTA 52
Figure III-12: le virage vers une couleur rougeâtre 54
Figure III-13: Détermination des sulfates 55
Figure III-14: Détermination des phosphates 56
Figure III-15: Détermination du Fer 57
Figure III-16: Détermination de nitrites avec un virage de couleur vers le rose (Existence de nitrites) 58
Figure IV-17: L'apparition de couleur jaune après l'ajoute de tartrate double de sodium et potassium 59
Figuré III-18: Détermination du TAC 60
Figure III-19: Rampes de filtration 63
Figure III-20: Résultats de dénombrement des coliformes et streptocoques 63
Figure IV-1: Variation spatiale des valeurs moyennes de la turbidité au niveau des trois stations d'étude 68
Figure IV-2: Variation spatiale des températures moyennes de l'eau au niveau des trois stations d'étude 68

Figure IV-3: Variation spatiale des conductivités électriques moyennes de l'eau 68
Figure IV-4: Variation spatiale des valeurs moyennes de la salinité au niveau des trois stations d'étude 70
Figure IV-5: Variation spatiale des pH moyens de l'eau au niveau des trois stations d'étude 70
Figure IV-6: Variation spatiale des valeurs moyennes de TDS au niveau des trois stations d'étude 72
Figure IV-7: Variation spatiale des valeurs moyennes de la matière organique de l'eau au niveau des trois stations d'étude 72
Figure IV-8: Variation spatiale des valeurs moyennes des résidus secs de l'eau au niveau des trois stations d'étude 72
Figure IV-9: Variation spatiale des valeurs moyennes de TH au niveau des trois stations d'étude 74
Figure IV-10: Variation spatiale des valeurs moyennes de calcium au niveau des trois stations d'étude 74
Figure IV-11: Variation spatiale desvaleurs moyennes de magnésium au niveau des trois stations d'étude 76
Figure IV-12: Variation spatiale des valeurs moyennes de sodium au niveau des trois stations d'étude 76
Figure IV-13: Variation spatiale des valeurs moyennes de potassium au niveau des trois stations d'étude 76
Figure IV-14: Variation spatiale des valeurs moyennes des chlorures au niveau des trois stations d'étude 78
Figure IV-15: Variation spatiale des valeurs moyennes de sulfates au niveau des trois stations d'étude 78
Figure IV-16: Variation spatiale des valeurs moyennes de l'ammonium au niveau des trois stations d'étude 78
Figure IV-17: Variation spatiale des valeurs moyennes des phosphates au niveau des trois stations d'étude 80
Figure IV-18: Variation spatiale des valeurs moyennes de fer au niveau des trois stations d'étude 80
Figure IV-19: Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrites au niveau des trois stations d'étude 80
Figure IV-20: Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrates au niveau des trois stations d'étude 82
Figure IV-21: Variation spatiale des valeurs moyennes de TAC au niveau des trois stations d'étude 82
Figure IV-22: Variation spatiale des valeurs moyennes des bicarbonates au niveau des trois stations d'étude 82
Figure IV-23: Variation spatiale des valeurs moyennes de manganèse au niveau des trois stations d'étude 83
Figure IV-24: Variation spatiale des valeurs moyennes des coliformes totaux au

niveau des trois stations d'étude 86
Figure IV-25: Variation spatiale des valeurs moyennes des coliformes fécaux au niveau des trois stations d'étude 86
Figure IV-26: Variation spatiale des valeurs moyennes des streptocoques au niveau des trois stations d'étude 86
Figure IV-27: Variations temporelles de la turbidité en NTU 88
Figure IV-28: Variations temporelles des températures de l'eau en °C 88
FigureIV-29: Variations temporelles des conductivités électriques des eaux des trois stations en µS/cm 88
Figure IV-30: Variations temporelles de la salinité en mg/l 90
Figure IV-31: Variations temporelles du pH 90
Figure IV-32: Variations temporelles du TDS en mg/l 90
Figure IV- 33: Variations temporelles de la matière organique des eaux des trois stations en mg/l O_2 92
Figure IV- 34: Variations temporelles des résidus secs des eaux des trois stations en mg/l 92
Figure IV-35: Variations temporelles du titre hydrotimétrique des eaux des trois stations en mg/l 92
Figure IV-36: Variation temporelles du calcium des eaux des trois stations en mg/l 94
Figure IV-37: Variations temporelles du magnésium des eaux des trois stations en mg/l 94
Figure IV-38: Variations temporelles du sodium des eaux des trois stations en mg/l 94
Figure IV-39: Variations temporelles du potassium des eaux des trois stations en mg/l 96
Figure IV-40: Variations temporelles des chlorures des eaux des trois stations en mg/l 96
Figure IV-41: Variations temporelles des sulfates des eaux des trois stations en mg/l 96
Figure IV-42: Variations temporelles de l'ammonium des eaux des trois stations en mg/l 98
Figure IV-43: Variations temporelles des phosphates des eaux des trois stations en mg/l 98
Figure IV-44: Variations temporelles du fer des eaux des trois stations en mg/l 98
Figure IV-45: Variations temporelles des nitrites des eaux des trois stations en mg/l 100
Figure IV-46: Variations temporelles des nitrates des eaux des trois stations en mg/l 100
Figure IV-47: Variations temporelles du TAC des eaux des trois stations en mg/l 100

Figure IV-48: Variations temporelles des bicarbonates des eaux des trois stations en mg/l 102
Figure IV-49: Variations temporelles du manganèse des eaux des trois stations en µg/l 102
Figure IV-50: Variations temporelles des coliformes totaux des eaux des trois stations 104
Figure IV-51: Variations temporelles des coliformes fécaux des eaux des trois stations 104
Figure IV-52: Variations temporelles des streptocoques des eaux des trois stations 104

SOMMAIRE

DEDICACES II
DEDICACES III
REMERCIEMENTS IV
ملخـــــــص V
Résume VI
Abstract VII
Liste des Abréviations VIII
Liste des Tableaux IX
Liste des Figures IX
Sommaire XIV
INTRODUCTION 1
CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 3
1. Definition de L'eau 3
2. Quantité d'eau, Cycle de l'eau 3
3. Les différents types d'eau 4
3.1. Les eaux naturelles 4
3.2. Eaux résiduaires 6
4. La qualité de l'eau 7
4.1. Les critères organoleptiques 7
4.2. Les critères physico-chimiques 7
4.3. Les critères bactériologiques 14
5. La pollution 15
5.1. Les types de pollution 15
5.2. Les origines de la pollution 17
6. Les normes de qualité des eaux 18
CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 20
1. Situation géographique de la wilaya de Médéa 20
2. Reliefs naturels 22
3. Géologie 22

4. L'Occupation du sol.....23
5. Etude climatique de la wilaya de Médéa.....26
6. Les ressources en eaux.....31
7. La faune et la flore.....38
8. Activités humaines dans la zone d'étude (Pollution hydrique).....40

CHAPITRE III: MATERIEL ET METHODES.....43

1. Choix des points de prélèvement.....43
2. Choix des paramètres analysés.....46
3. Méthodes de prélèvement.....46
4. Méthodes d'analyses physicochimiques.....47
5. Méthode de prélèvement et des analyses bactériologiques.....61

CHAPITRE IV: RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....64

1. Résultats des paramètres organoleptiques:.....64
2. Evolution spatiale des paramètres physicochimiques:.....65
3. Evolution spatiale des paramètres bactériologiques:.....84
4. Evolution temporelle des paramètres physicochimiques :.....87
5. Evolution temporelle des paramètres bactériologiques :.....103
6. Comparaison des résultats de la présente par rapport à ceux des travaux antérieurs:.....105

CONCLUSION.....115

Références bibliographiques.....119

Annexes.....1

INTRODUCTION

L'eau est à l'origine de la vie sur terre. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants et elle a façonné, depuis longtemps, notre environnement et directement influencé le mode de vie des hommes.

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. On la trouve sous multiples formes: pluies, mers, océans, lacs, nappes souterraines, …etc. **(Chelli et Djouhri, 2013)**

Selon l'UNESCO, les ressources en eau sont en chute libre alors que la demande augmente de façon dramatique. Au cours des 20 prochaines années, on s'attend à une diminution d'un tiers l'eau disponible par personne dans le monde. Toutes les eaux de surface (cours d'eau, réservoirs et lacs) qui sont estimés à 108000 km^3 seront consommées d'ici l'an 2100 et toute l'eau disponible dans le cycle de l'eau sera entièrement épuisée d'ici l'an 2230. La cause principale du problème de l'eau n'est pas véritablement le manque d'eau au niveau globale mais la croissance démographique galopante, surtout dans les pays qui sont déjà en stress hydrique. **(Remini, 2007)**

L'Algérie se trouve dans une des régions du monde les plus défavorisées en matière de disponibilités hydriques. Or, non seulement l'explosion démographique et la croissance économique entraînent une demande en eau qui dépasse de très loin les ressources disponibles, mais, en plus, rien n'indique que la sécheresse qui a sévi ces deux dernières décennies laissera place à une pluviosité abondante. **(El afri, 2008)**

En Algérie, le manque de l'eau est devenu inquiétant affirment les diverses prévisions qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette insuffisance hydrique. Actuellement, le coût des épidémies de santé dues aux contaminations des eaux a conduit aux problèmes des MTH (maladies à transmission hydrique) est très élevé. A travers ce constat la situation est devenue alarmante, par conséquent, il est urgent de définir une politique ferme en matière de gestion, d'inventaire, de conservation, de traitement, d'utilisation et de recherche des ressources en eau, indispensable pour tout développement économique. **(Sellal, 2018)**

Dans ce contexte, plusieurs études ont été effectué en Algérie sur la qualité des eaux citons par exemple: **Kemokh (2007), Sahnoun (2010), Benabdallah et Bourenane (2013), Chelli et Djouhri (2013), Barkat (2016), Zouag et Belhadj (2017)** et **Ayad (2017)**.

Au niveau de l'université Yahia Fares – Médéa plusieurs travaux ont été également effectué sur la problématique de l'eau et sa qualité en chimie-biologie (normes et contrôle de

qualité) et en écologie et environnement parmi ces travaux: **A**li abdessamed **et D**aas **(2015)**, **Belagoune et Daya (2015), S**aifi et **T**ouili **(2018).**

Ce travail a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau de trois sources situées au niveau de la ville de Médéa, ces dernières sont destinées à la consommation humaine.

Le présent manuscrit est réparti comme suit:

- Après une introduction, le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur l'eau et sa qualité (paramètres), les différents types de pollution, normes de qualité.
- Le deuxième chapitre concerne une présentation générale de la zone d'étude.
- Le troisième chapitre est essentiellement consacré à la description des méthodes ainsi que le matériel utilisé lors des différentes analyses effectuées.
- Dans le dernier chapitre nous exposerons les résultats obtenus suivant leur évolution spatio-temporelle et leurs comparaisons aux normes en vigueur ainsi qu'une comparaison et discussion par rapport à des résultats de certaines études menées antérieurement.
- Enfin, une conclusion avec des perspectives achèveront cette contribution.

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. DEFINITION DE L'EAU

L'eau (H_2O) est un des composés chimiques les plus notables, elle possède des propriétés physicochimiques inhabituelles. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états: liquide, solide et gazeux. Sous sa forme liquide, l'eau constitue les océans, les cours d'eau, les eaux côtières et les nappes phréatiques. Sous sa forme solide, elle constitue, par exemple, la glace des couches polaires. Sous sa forme gazeuse est, en pourcentages variables, l'eau est un des constituants de l'atmosphère. **(Bliefert et Perraud, 2001)**

L'eau, source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique, l'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre. **(El afri, 2008)**

2. QUANTITÉ D'EAU, CYCLE DE L'EAU

L'hydrosphère (du grec hydro: eau; sphaira: boule, globe) est l'enveloppe aqueuse de la terre, c'est-à-dire la partie de l'environnement qui est constituée d'eau.

Tableau I-1: Les réserves en eau de la terre (au total $1409 * 10^6$ km^3).

(Bliefert et Perraud, 2001)

Domaine de l'hydrosphère	**Volume de l'eau (en 10^6 km^3)**
Les mers	**1370**
La glace et la neige (pôles entre autres)	**29**
Les nappes phréatiques	**9,5**
Eaux de surface (lacs et fleuves)	**0,13**
Atmosphère	**0,013**
Biosphère	**0,0006**

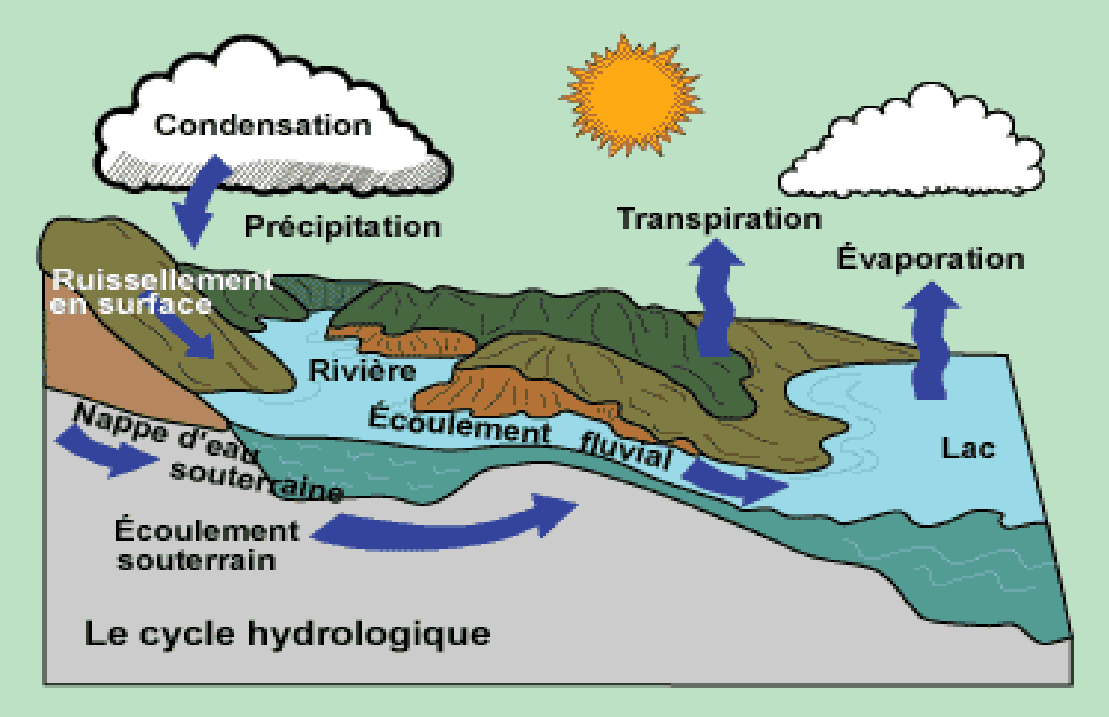
L'hydrologie est la science qui étudie l'eau sous ses aspects quantitatif et qualitatif durant les différentes phases de son cycle dans la nature. L'eau ne reste pas à un endroit déterminé de la terre mais elle est en perpétuel mouvement. **(Bliefert et Perraud, 2001)**

Contrairement à la plupart des autres ressources naturelles tels le pétrole et le charbon qui sont en quantités limitées, l'eau qui circule sur la planète Terre est la même depuis quatre

milliards d'années. Toujours recyclée, nous buvons la même eau que les dinosaures les premiers hommes ou nos ancêtres.

L'eau couvre 70% de la planète et sa circulation constitue le plus grand déplacement d'une substance chimique sur Terre. **(Goudet et Kowalski, 2011)**

L'ensemble de tous les processus de transformation de l'eau sur terre s'appelle cycle hydrologique dont les phases principales sont: 1-Evaporation, 2- Transport par les vents et les courants, 3- Précipitations, 4- Infiltration, 5- Ecoulement souterrain, 6- Ruissellement de surface. **(Chaoui, 2007)**



<u>Figure I-1</u>: Le cycle hydrologique.
(Chaoui, 2007)

3. LES DIFFÉRENTS TYPES D'EAU

Les eaux sont de différentes natures :

<u>3.1. Les eaux naturelles</u>

Les réserves disponibles d'eau naturelle sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant, La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la

possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie…etc.). **(Sahnoun, 2010)**

a) ***Les eaux souterraines***

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m^3. Ces eaux résultent de l'écoulement par infiltration des précipitations ou des eaux de surface. Après une durée de circulation plus ou moins longue, elle jaillit par une source ou autre sortie comme une résurgence et alimente les eaux de surface. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique.

Néanmoins, les terrains traversés en influencent fortement la minéralisation. Elles sont pauvres en oxygène dissous et exemptes de matières organiques sauf en cas de pollution.
Une nappe souterraine est définie comme l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique. **(Sahnoun, 2010)**

b) ***Les eaux stagnantes***

L'eau stagnante peut avoir des origines diverses. Les grands lacs permanents trouvent leurs explications dans:

- Les vastes dépressions calcaires,
- Les anciennes vallées barrées par les pierres,
- Les coulées volcaniques ayant donné naissance à des cuvettes. **(Sahnoun, 2010)**

c) Les eaux superficielles

L'eau superficielle prend sa naissance à partir des chaînes montagneuses qui sont considérées comme des réservoirs hydriques naturels, quelle que soit sa nature (fleuve, rivière, oueds ou ruisseaux).

La distribution et l'abondance d'une eau superficielle dépendent de la quantité de précipitation que reçoit le réservoir d'où elle naît.

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole. Elles ne sont rendues potables que par des traitements longs et coûteux. **(Sahnoun, 2010)**

d) Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce dont l'utilisation généralisée n'est que prospective. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous; ce qu'on appelle

leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l. **(Sahnoun, 2010)**

3.2. Eaux résiduaires

Malgré les progrès scientifiques et technologiques, les conséquences du rythme accéléré de la croissance démographique ne sont pas toutes contrôlées. Ainsi, toute activité humaine conduisant à la détérioration de l'état original d'une eau naturelle constitue une menace potentielle de pollution de l'eau.

L'eau usée constitue souvent un risque pour le milieu récepteur. Elle peut véhiculer des substances toxiques et des germes dont le devenir ainsi que la survie dépendent étroitement du degré et du type de pollution.

Les eaux résiduaires ou usées rassemblent les eaux usées d'origine urbaines ou domestiques et les eaux usées d'origine industrielle et agricole. **(Sahnoun, 2010)**

a) *Les eaux usées d'origine urbaine*

Les eaux usées d'origine urbaines sont constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, eaux de cuisine), eaux de vannes chargées de fèces et d'urines, eaux de lavage de voirie, eaux pluviales, elles contiennent des matières minérales et organiques dans les trois phases solide, liquide et gazeuse et dans les trois états de dispersion: débris grossiers, suspensions (émulsion), colloïdes, molécules dissoutes dissociées ou non. Les eaux usées véhiculent aussi des micro-organismes pathogènes ou saprophytes et virus. **(Sahnoun, 2010)**

b) *Les eaux résiduaires industrielles*

Les eaux résiduaires industrielles représentent toutes les eaux qui sont rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc. D'une façon générale, les eaux résiduaires industrielles se différencient en fonction de la branche de l'industrie et souvent même pour chaque industrie suivant l'utilisation de l'eau. Le déversement des eaux résiduaires industrielles augmente la quantité et la diversité des produits toxiques présents dans une eau. **(Sahnoun, 2010)**

c) *Les eaux usées d'origine agricole*

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement:

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation);
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) **(Abibsi, 2011)**

4. LA QUALITÉ DE L'EAU

La seule façon de connaître la salubrité (qualité) d'une eau est de la faire analyser. Des normes nationales et internationales fixent des indicateurs de pollution physico-chimique et biologique.

4.1. Les critères organoleptiques

4.1.1. La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouges) sont absorbées très rapidement. **(Merzoug, 2009).** La couleur des eaux est due généralement à des substances colorées d'origines variées:

*Substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale.

*Algues pouvant donner une coloration variable en fonction des pigments qu'elles contiennent.

*Substances minérales, en particulier le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.1.2. L'odeur

L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. **(Rodier et al., 2009)**

4.1.3. Le goût (saveur)

Ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche. **(Rodier et al., 2009)**

4.2. Les critères physico-chimiques

Il existe une grande variété de paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution de l'eau. En fonction de l'objectif de notre étude on peut citer les analyses suivantes:

4.2.1. La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau; c'est l'inverse de la limpidité. Elle est causée par diverses matières particulaires ou colloïdales composées de limon, d'argile, de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes. **(INSPQ, 2003)**

L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. **(Rodier et al., 2009)**

Tableau I-2: Classes de turbidité usuelles (NTU) **(Elodie, 2014)**

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

4.2.2. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). **(El afri, 2008)**

4.2.3. La conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Il est logique d'admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous (degré de minéralisation) dans l'eau. La conductivité est également en fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Les eaux pures ont une conductivité d'environ 0,05 µS/cm (à 25°C), les eaux naturelles environ 100 à 1000 µS/cm. **(El afri, 2008)**

Tableau I-3: La relation entre la conductivité et la minéralisation

(Rodier et al., 2009)

Conductivité	Minéralisation
Conductivité < 100 µS/cm	minéralisation très faible
100 µS/cm < conductivité < 200 µS/cm	minéralisation faible
200 µS/cm < conductivité < 333 µS/cm	minéralisation moyenne
333 µS/cm < conductivité < 666 µS/cm	minéralisation moyenne accentuée
666 µS/cm < conductivité < 1000 µS/cm	minéralisation importante
Conductivité > 1000 µS/cm	minéralisation élevée

4.2.4. La salinité

C'est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autre sels dissous dans l'eau. Toutefois NaCl par plus ou moins grande abondance dans l'eau conditionne la possibilité d'usage de l'eau pour boisson et les activités humaines (irrigation en particulier). **(Ramade, 2011)**

4.2.5. Le potentiel Hydrogène (pH)

Le pH (potentiel hydrogène) est un des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0-14, la valeur 7 étant le pH de neutralité. **(El afri, 2008)**

4.2.6. Les matières solides totales dissoutes (TDS)

Les matières solides totales dissoutes (TDS) comprennent des sels inorganiques (principalement calcium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonates, chlorures et sulfates) et de petites quantités de matières organiques qui sont dissoutes dans l'eau. Les TDS présentes dans l'eau de boisson proviennent de sources naturelles, d'eaux d'égouts, de ruissellements urbains et d'eaux usées industrielles. **(O.M.S, 2017)**

La saveur de l'eau dont le niveau de matières solides totales dissoutes (TDS) est inférieur à environ 600 mg/l est généralement considérée comme bonne; l'eau de boisson devient significativement et progressivement imbuvable quand les niveaux de TDS dépassent environ 1000 mg/l. La présence de niveaux élevés de TDS peut susciter des plaintes parmi les

consommateurs, suite à un encroûtement excessif dans les conduites, les radiateurs, les chaudières et les appareils domestiques. **(O.M.S, 2017)**

4.2.7. Les matières en suspension (MES)

Désigne l'ensemble des matières solides (petites particules fines minérales et/ou organiques en suspension qui résistent à la séparation par des méthodes conventionnelles) contenues dans une eau et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. Ces particules sont soit d'origine naturelle (êtres vivants planctoniques notamment les algues, particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion…), soit produites par les rejets urbains et industriels. Cependant des teneurs élevées en MES peuvent affecter les propriétés habituelles d'une eau. **(El afri, 2008)**

- Changement de coloration et augmentation de la turbidité
- Empêcher la pénétration de la lumière (diminution de la transparence des eaux)
- Elévation de la température (les MES absorbent l'énergie solaire)
- Diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créer des déséquilibres entre diverses espèces.

Elles peuvent être responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. Elles peuvent aussi interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques et, de ce fait, être une voie de pénétration de toxiques plus ou moins concentrés dans l'organisme. **(El afri, 2008)**

4.2.8. Les résidus secs (RS)

Parmi les éléments présents dans l'eau en quantité notable, on trouve les ions Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na, HCO_3^-, Cl^-, NO_2^-, NO_3^-,. Ce sont des éléments qui déterminent la minéralisation de l'eau, après une évaporation à 100-105 °C d'une eau débarrassée de ses matières en suspension on obtient un résidu sec dont le poids est presque égal à la somme des poids des ions déterminés par l'analyse chimique complète le résidu sec donne une idée sur la teneur des sels minéraux présent dans l'eau. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.9 La dureté

La dureté de l'eau est due à une variété d'ions métalliques polyvalents dissous, principalement des cations calcium et magnésium. Elle est habituellement exprimée en milligrammes de carbonate de calcium par litre. La dureté est la mesure usuelle de la capacité de l'eau à réagir avec le savon, les eaux dures nécessitant considérablement plus de savon pour produire de la mousse. **(O.M.S, 2017)**

L'acceptabilité du degré de dureté de l'eau peut varier considérablement d'une communauté à l'autre. Le seuil de détection par le goût pour l'ion calcium se situe entre 100 et 300 mg/l, suivant l'ion associé, et le seuil de détection par le goût pour l'ion magnésium est probablement plus faible que pour le calcium. Dans certaines circonstances, les consommateurs tolèrent une dureté de l'eau supérieure à 500 mg/l.

Aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'a été proposée pour la dureté de l'eau de boisson. **(O.M.S, 2017)**

4.2.10. Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un élément de la dureté de l'eau, les eaux chargées de calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargés sont douces. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.11. Le magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un élément de la dureté de l'eau. A partir de certaines teneurs il donne à l'eau un goût désagréable, il se trouve dans les mêmes formes que le calcium. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.12. Le sodium (Na^{+})

Le sodium est un élément constant de l'eau. Toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au delà. Certaines eaux en contiennent beaucoup de sodium et, de ce fait, sont d'un goût désagréable. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.13. Le potassium (K^{+})

Le potassium est un élément naturel des eaux ou sa concentration est plus ou moins constante ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/l sauf dans certains cas. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.14. Les chlorures (Cl^{-})

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous formes de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que la croissance des végétaux. Les eaux contiennent toujours des chlorures mais en proportions très variables. La teneur en chlorures augmente avec le degré de minéralisation d'une eau. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.15. Les sulfates (SO_4^{2-})

La concentration des sulfates est très faible dans la plupart des eaux douces .Elle peut atteindre 30 à 50 mg/l dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de minéraux sulfatés. La teneur en sulfate dans les eaux est élevée dans les zones contenant du gypse. Pour les eaux destinées à la consommation humaine, en raison du goût et de l'odeur, l'O.M.S recommande comme valeur limite 250mg/l. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.16. L'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé des consommateurs mais sa présence dans les eaux de surface est un indicateur de pollution. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation. **(Belagoun et Daya, 2015).** L'ammonium provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales, des effluents domestiques (urée), etc. **(Abdoulaye et al., 2013)**

4.2.17. Les phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent leurs teneurs dans les eaux naturelles résultent de leur utilisation en agriculture de leur emploi comme additifs dans les détergents. **(Belagoun et Daya, 2015)**

4.2.18. Le fer (Fe^{2+})

Le fer se trouve de manière plus importante dans les eaux souterraines. **(Belagoun et Daya, 2015).** Il est classé au quatrième rang des éléments de la croute terrestre par ordre d'abondance. Sa présence dans l'eau peut avoir divers origines:

- Lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minéraux contenus dans le sous-sol;
- Rejets industriels (métallurgiques) ;
- Utilisation de sels de fer comme agent de coagulation dans la production de l'eau potable. **(Potelon et Zysman, 1998)**

4.2.19. Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont des composés azotés solubles dans l'eau qui se forment lorsque la dégradation microbiologique des nutriments (résidus de nourriture) est incomplète. Leur présence peut aussi être due à un apport d'eaux chargées en nitrites ou d'eaux pluviales

(surtout après les orages). Lorsque l'écosystème est intact, l'analyse de l'eau ne doit détecter aucun nitrite. Même à très faible concentration (0,2 mg/l), les nitrites peuvent avoir des incidences extrêmement négatives sur un bassin et intoxiquer tous les poissons qu'il contient. Cette toxicité est due principalement à ce qu'en se fixant dans le sang, les nitrites empêchent le transport de l'oxygène. **(Merzoug, 2009)**

4.2.20. Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates jouent un rôle important comme engrais, car ils constituent le principal aliment azoté des plantes, dont ils favorisent la croissance. Toutes les eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses variant selon les saisons. Les ions nitrates se forment naturellement dans le cycle de l'azote. Les concentrations de nitrates d'origine naturelle dans les eaux de surface sont généralement de quelques milligrammes par litre. **(Merzoug, 2009)**

4.2.21. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC correspond à la neutralisation de la totalité des espèces carboniques dissociées. La quantité totale de protons nécessaire à la réaction eau est appelée le Titre Alcalimétrique Complet. **(Bouchemal & Hammoudi, 2016)**

4.2.22. Les bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique (CO_2), selon l'équation générale:

$$\mathbf{(XCO_3)\ roche + H_2O \rightarrow CO_2\ X^{++} + 2HCO_3^-}$$

La concentration des eaux en HCO_3^- est fonction de la lithologie des terrains traversés (calcaire, dolomite), du pH de l'eau, de la tension de CO_2 et de la température de l'eau. **(Kemoukh, 2007)**

4.2.23. Le manganèse (Mn^{2+})

Le manganèse est un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre, habituellement présent avec le fer. Le manganèse est principalement utilisé dans la production d'alliages de fer et d'acier, comme oxydant pour le nettoyage, le blanchiment et la désinfection (sous forme de permanganate de potassium) et comme ingrédient dans divers produits. Le manganèse est présent naturellement dans de nombreuses eaux de surface et eaux souterraines, en particulier dans des conditions anaérobies ou de faible oxydation, et c'est la principale source de manganèse pour l'eau de boisson. **(O.M.S, 2017)**

Le TAC correspond à la somme:

$$\mathbf{TAC = [HCO_3] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] – [H3O^+]}$$

$[CO_3^{2-}]$ et $[OH^-]$ sont le plus souvent négligeables devant $[HCO_3^-]$. **(Rodier et al., 2009)**

4.3. Les critères bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des Virus. Enfin leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préférable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur et qui sont clairement identifiés (les coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques). **(Khadri, 2009)**

4.3.1. Les coliformes:

Ce sont des bactéries Gram négatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae qui sont capables de fermenter le lactose. Les coliformes constituent deux catégories de bactéries: les coliformes totaux et les coliformes fécaux. **(Khadri, 2009)**

A/ Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sol, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale. Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives. Les principaux genres bactériens inclus dans le groupe sont: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches d'*E. coli* ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes. **(I.N.S.P.Q, 2017)**

B/Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* . La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermo-tolérants détectés. Bien

que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. **(I.N.S.P.Q, 2003)**

C/ Les streptocoques

Les streptocoques sont en grande partie d'origine humaine. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. **(Khadri, 2009)**

4. LA POLLUTION

Le terme «pollution» désigne toute action qui introduit volontairement, accidentellement ou naturellement au milieu un agent externe (effets directs ou indirects) qui peut être un sous-produit de l'action humaine, altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivants. Ces modifications peuvent affecter l'Homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu. La pollution est la dégradation d'un écosystème par la diffusion, comme sous-produit involontaire d'une activité humaine, les polluants, qui rendent ce milieu malsain, dangereux pour la santé humaine. Elle peut être définie également, comme la surexploitation des capacités d'autoépuration du milieu naturel. **(Sellal, 2018)**

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. **(Sahnoun, 2010)**

5.1. Les types de pollution

Les pollutions engendrées sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l' origine des pollutions a été établie. Il existe deux principaux critères utilisés pour classer les polluants en milieu marin (Figure.I-2)**. (Bendjeddou, 2013)**

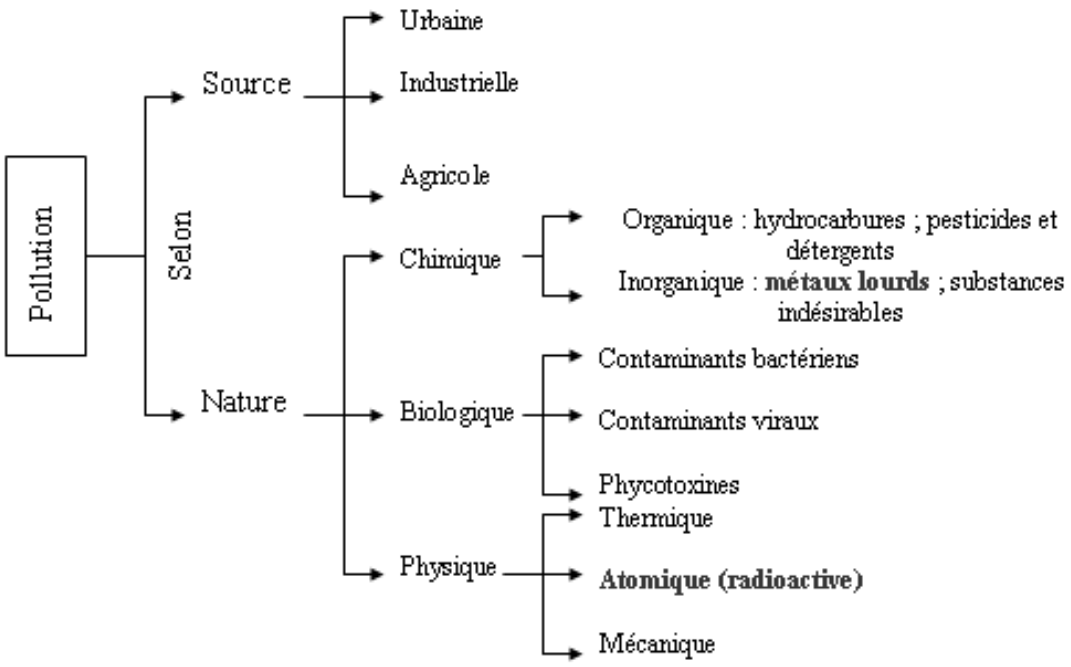


Figure I-2: Classification de la pollution**.**
(Bendjeddou, 2013)

5.1.1. La pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques qui sont essentiellement d'origine industrielle et domestique .On peut distinguer trois types: **(Bendjeddou, 2013)**

- *Pollution mécanique*: due aux décharges des déchets et particules solides, qui ont pour origine les eaux de ruissellement et les eaux d'égouts. Elle englobe aussi les opérations de dragage, de l'érosion et les rejets solides dans le milieu aquatique.
- *Pollution thermique*: entraine un réchauffement de l'eau de mer, due à l'eau chaude rejetée par les usines après leur utilisation pour le refroidissement des condenseurs des centrales de productions d'énergie électrique.
- *Pollution atomique*: due aux centrales nucléaires et des usines de traitement des combustibles irradiés.

5.1.2. La pollution chimique

La pollution chimique se caractérise par la présence des produits chimiques en solution, changeant les propriétés de l'eau (acides, bases…), ou directement toxique pour les organismes aquatiques tels que les hydrocarbures, les substances organiques de synthèse (composés xénobiotiques) et pesticides d'origine agricole. **(Bendjeddou, 2013)**

5.1.3. La pollution biologique

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons et les phycotoxines). Parmi ces polluants, la pollution bactérienne est de loin la plus répandue et la plus étudiée. **(Bendjeddou, 2013)**

5.2. Les origines de la pollution

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue: **(Genin et al., 2003)**

5.2.1. La pollution domestique

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement qui collecte les rejets de chaque foyer ou centre d'activité, vers la station de traitement des eaux usées. La pollution domestique se caractérise par :

- Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- De fortes teneurs en matières organiques ;
- Des germes fécaux ;
- Des détergents.

5.2.2. La pollution industrielle

Elle se caractérise par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les procès (refroidissement, lavage, extraction, etc.) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc.). Donc on peut retrouver dans l'eau, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine:

- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages);
- Hydrocarbures (raffineries);
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques, tanneries);
- Eau chaude (centrales thermique);
- Matières radioactives (centrales nucléaires, centres de recherche, hôpitaux).

5.2.3. La pollution agricole

L'agriculture est la cause essentielle des pollutions diffuses. Ces eaux proviennent des fermes ou des cultures et se caractérisent par de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) dont la source est l'utilisation des engrais, purins et lisiers (élevages).

Elles peuvent également être chargées en produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides). Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des traitements des cultures. Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par: **(Bendjeddou, 2013)**

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant ; des engrais, des purins et lisiers (élevage);
- La présence de produit chimique de traitement (pesticides, herbicides…).

5. LES NORMES DE QUALITÉ DES EAUX

Les autorités gestionnaires des ressources en eau ont été rapidement conduites à établir des normes de qualité. Ces dernières sont indispensables à la prise de décision du gestionnaire, laquelle requiert la comparaison des critères de qualité généraux d'une eau avec les données physico-chimiques et biologiques qui la caractérisent et avec les normes de qualité requises à un usage déterminé des eaux considérées.

Les normes sont des limites maximales de concentration en polluants mesurées dans une eau afin qu'elle puisse répondre à des objectifs de qualité préalablement définis dans des programmes de gestion des eaux. **(Ramade, 2011)**

L'eau de distribution publique est définie par des normes nationales découlant des travaux de l'Organisation mondiale de la santé (O.M.S) et de directives européennes. L'O.M.S dans ses directives établies en 1983 a regroupé les paramètres concernant la qualité de l'eau en cinq catégories: **(Bouchemal et Hammoudi, 2016)**

- ❖ La qualité microbiologique;
- ❖ Les composés inorganiques ayant une conséquence sur la santé ;
- ❖ Les composés organiques ayant une conséquence sur la santé ;
- ❖ La qualité esthétique (transparence, absence de coloration) ;
- ❖ Les constituants radioactifs.

Il importe ensuite à chaque pays d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux, en y incluant en particulier les données économiques.

En Algérie, c'est le Décret exécutif n° 11-125 du 18 Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011 du Journal Officiel de la République Algérienne N°18 qui réglemente les normes de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi le Décret exécutif

n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 du Journal Officiel de la République Algérienne N°34 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. **(R.A.D.P, 2011)**

CHAPITRE II: PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE MÉDÉA

La wilaya de Médéa enserrée entre les longitudes 2°10′ et 3°20′ Est et les latitudes 35°26′ et 36°30′ Nord, se situe au centre géographique de l'Algérie du Nord et au cœur de l'atlas tellien, elle est caractérisée par un relief mouvementé enserrant plaines assez fertiles mais de faibles extensions pour s'estomper aux confins des hautes plaines steppiques, en une série de collines mollement ondulées. La wilaya de Médéa s'étend sur une superficie de 8775,65 km^2, elle se trouve à 90 km environ d'Alger servi par la route nationale N°01. Notre Wilaya est délimitée:

- Au nord par la wilaya de Blida
- A l'ouest par la wilaya d'Ain Defla et Tissemsilt
- Au sud par la wilaya de Djelfa
- A l'est par la wilaya de M'sila et Bouira

Elle compte 19 daïras et 64 communes. **(D.E-Médéa, 2019)**

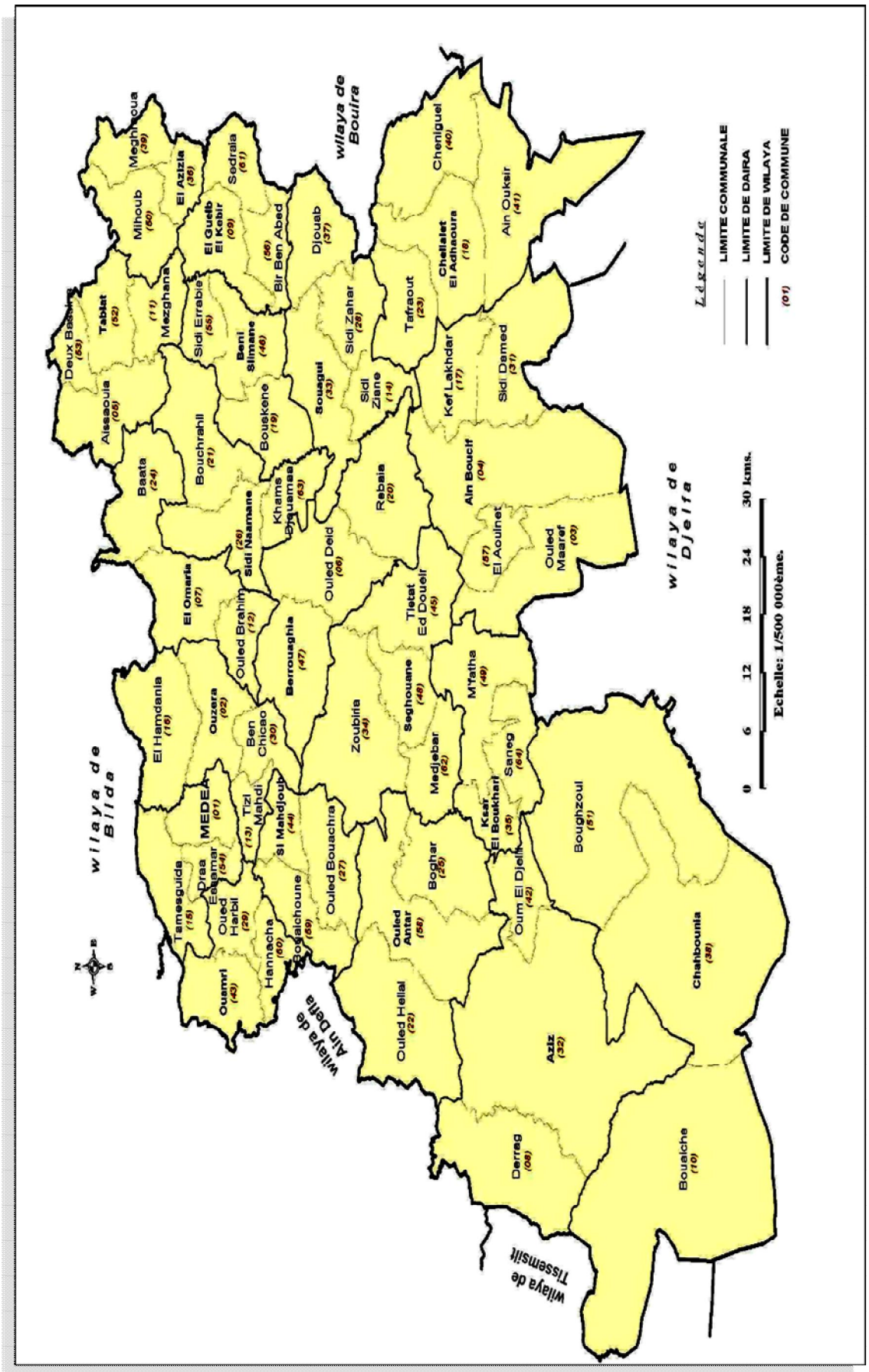


Figure II-1: Découpage administratif des communes de la wilaya de Médéa **(D.R.E, 2019).**

2. RELIEFS NATURELS

La wilaya de Médéa peut être découpée en quatre zones naturelles: **(D.E-Médéa, 2019)**

2.1. La zone montagneuse

La zone montagneuse se compose d'une chaine de montagnes continue qui limite la partie Ouest et Nord de la wilaya, elle s'étend des monts de l'Ouarsenis jusqu'à Tablât. Elle se distingue par un faible taux de densité démographique et par une large couverture forestière, ce qui en fait d'elle une zone d'élevage par excellence.

2.2. La zone tellienne

Se situant au milieu de la Wilaya, elle se distingue par son caractère agricole notamment la viticulture, avec une variété de cépages très renommés, dont les fameux raisins «Hmar Bouamar», l'arboriculture et ses riches pâturages au bord des oueds et des courants d'eau.

2.3. La zone des plaines

Elle comprend les plaines de Beni Slimane et de M'Rachda qui se situent au milieu de la zone tellienne. La mise en valeur de ses plaines a permis le développement de la polyculture et de l'élevage.

2.4. La zone du sud

Elle se caractérise par l'irrégularité de la pluviométrie. La culture des céréales, l'élevage animalier et le pastoralisme prédominent dans cette zone.

3. GÉOLOGIE

Sur le plan géologique, la région de Médéa s'inscrit dans le cadre de formation de la chaine tellienne. Elle se compose d'unités structurales différentes, de part leur faciès, leur contexte sédimentaire et leur évolution. Parmi les formations géologiques les plus importantes que l'on retrouve dans la wilaya on a: **(D.E-Médéa, 2019)**

3.1. Le trias

Constitué de gypse et mêle le plus souvent à des dolomies et des cargneules. Les instructions les plus importantes sont:

- Le Djebel Zerga, près de Boughezoul.
- Le bled Harmela à Tletat Douair.
- Le Mallegrassoum d'Ain Boucif.
- Le Gisement d'El-Aziza.

3.2. Le crétacé inferieur

Cette unité constitue la partie nord de la wilaya, c'est-à-dire l'Atlas Blidéen et le prolongement de la chaine Bibans. Elle se présente principalement, sous trois faciès lithologique, qui sont les marnes, les argiles et localement dans des proportions moindres des calcaires, des schistes et des quartzites, les zones les plus vulnérables sont :

- Les Djebels Hadda d'après de Souaghi.
- Le Djbel M'chelfak au sud de Guelb el Kebir.

3.3. L'unité Epi-tellienne

Cette unité fait suite à l'unité précédente, elle va du crétacé jusqu'à l'éocène, elle présente un faciès essentiellement marneux et rarement des calcaires à silex. De cette prédominance de roches tendres et facilement évocable, il en est issu un relief collinaire avec des sommets arrondis. Font partie de cette unité les collines de Berrouaghia et de Seghouane, ainsi que les monts d'Ouled Hellal.

3.4. Les unités gréseuses

Les formations gréseuses affleurent sur de grandes surfaces dans la wilaya de Médéa. Elles constituent l'ossature des chaines de montagne orientales et méridionales, ainsi que le plateau de Médéa. Ces unités gréseuses présentent plusieurs faciès:

- Les grés numidiens,
- Les grés du miocène de Médéa.

3.5. Les formation quaternaires

Formations récentes, détritiques composées essentiellement d'éléments fins remaniés, (argiles, limons, sables et graviers), elles constituent la couverture superficielle des plaines, des glacis et des terrasses.

4. L'OCCUPATION DU SOL

La superficie totale des terres agricoles est de l'ordre de 338.630 hectares, soit 38,6 % de la surface totale de la wilaya, ces terres agricoles se répartissent comme suit:

a) Les plantations pérennes

Elles représentent 27.409 hectares, elles sont localisées particulièrement au niveau des zones de montagne (Médéa – Benchicao) et les plaines. En plus du vignoble et de l'olivier, on retrouve pratiquement toutes les espèces, que ce soit les arbres à pépins (pommier, poirier, figuier), ou à noyaux (abricotier et amandier). **(D.E-Médéa, 2019)**

b) Les cultures annuelles

Qui s'étendent sur environ 310.430 hectares, elles représentent les grandes cultures (Céréales, et fourrages), qui occupent 141.052 hectares et la jachère qui est cultivée en rotation ou utilisée comme pacage, occupant 169.378 hectares. **(D.E-Médéa, 2019)**

c) Les forêts et les maquis

Ils occupent la partie nord et la partie centrale de la wilaya, qui correspondent aux zones montagneuses. Représentées par une partie de l'Atlas Blidéen où l'on retrouve les forêts de Médéa, Tamezguida, El Hamdania, Tablat, l'extrémité orientale de l'Ouarsenis, avec les forêts des Ouled Hellal et Ouled Antar, ainsi que les forêts et maquis de Berrouaghia, de Benchicao, de Ouzera …, et enfin l'amorce de la chaîne des Bibans, qui englobe les alentours de Sidi Ziane, Sidi Zahar, Djouab et plus au sud à Ain Boucif, Kef Lakhdar, et Tafraout. Les formations végétales que l'on rencontre dans ces massifs sont le pin d'Alep, et à un degré moindre le chêne vert et le chêne liège. L'oléastre, le genévrier, le lentisque, et d'autres formations végétales basses forment les sous-bois.

L'ensemble de ces formations végétales qui forme les forêts et les maquis, s'étend sur une superficie de 149.500 hectares. **(D.E-Médéa, 2019)**

d) Les parcours

Ils occupent 292.378 hectares, soit plus du tiers (1/3) de la surface totale de la wilaya. Les principaux faciès mis en évidence sont: **(D.E-Médéa, 2019)**

- Le faciès à *Stipa tenacissima* (Alfa), avec une superficie de 85.203 hectares.
- Le faciès à association *Noaea mucronata* et *Atractylis serratuloides, Peganum harmala*, (Harmal) et Psammophyles**,** avec une superficie de 6.788 HA.
- La steppe de dégradation**,** avec une superficie de 120.565 hectares,
- La steppe à Halophyte, avec une superficie de 14.605 hectares,
- Les défrichements, sur une superficie de 29.200 hectares,
- Les sols érodés, sur une superficie de 32.400 hectares.

Les parcours steppiques sont dans leur ensemble très pauvres en couvert végétal, la cause première étant la sécheresse, et le phénomène est accentué par le surpâturage et les laboures.

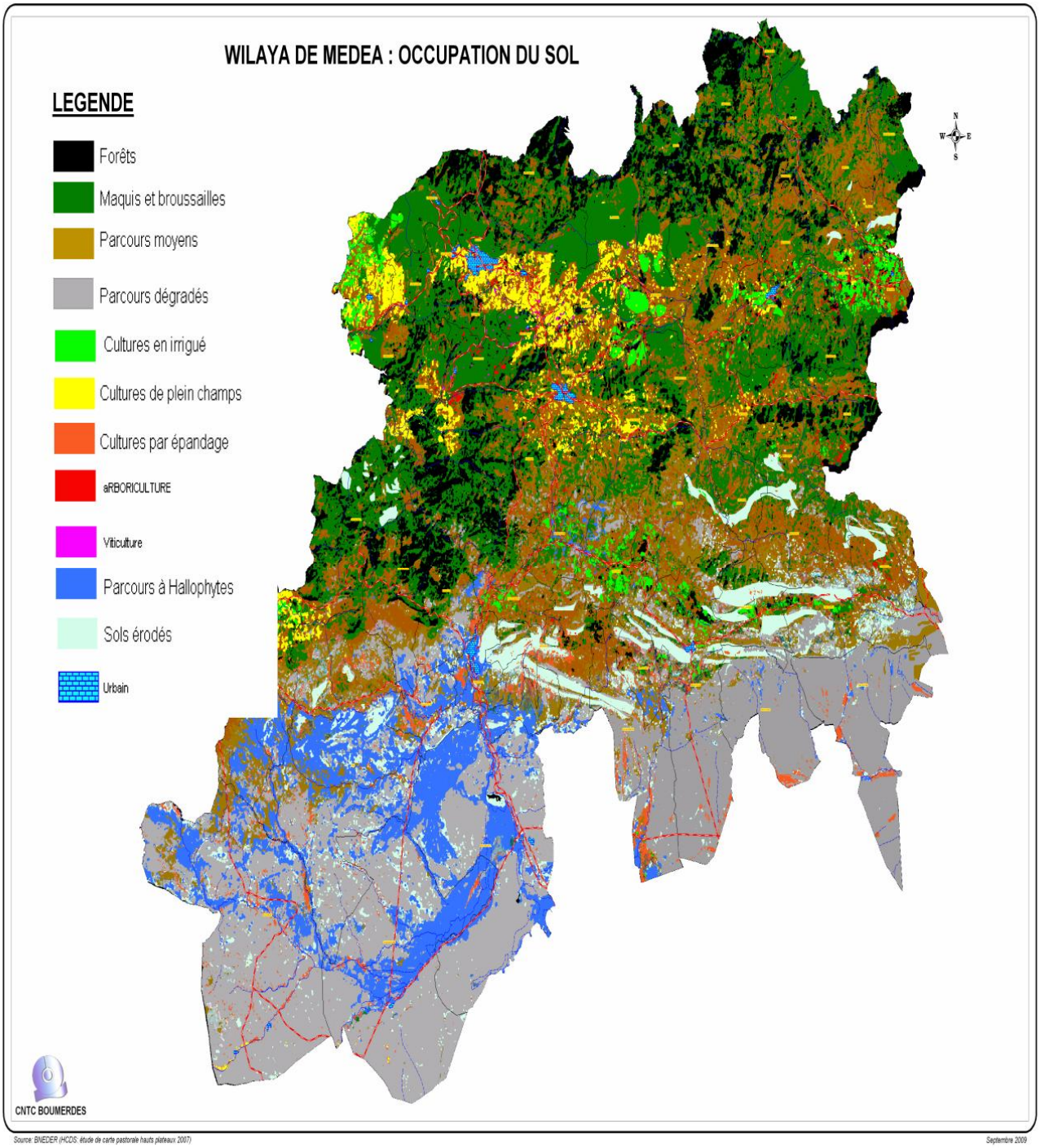


Figure II- 2: Carte d'occupation du sol
(D.R.E-Médéa, 2019)

5. ETUDE CLIMATIQUE DE LA WILAYA DE MÉDÉA

Le climat est un facteur écologique d'une très grande importance de par l'agencement et la combinaison de ses différents éléments (précipitations, températures, vents). **(Abdellatif et Zaafe, 2017)**

Les données utilisées pour notre étude climatique effectuée sont relatives à un poste météorologique relevant de l'Office nationale de la météorologie (O.N.M- Dar Elbaidha, Alger). Ces données correspondent à une période de vingt-cinq ans : 1990-2015.

Le climat de Médéa se distingue par des caractéristiques dues à de nombreux facteurs à savoir:

- Son altitude qui atteint 1240m (sommet de Benchicao).
- Sa position sur les monts de l'Atlas tellien.
- Son exposition aux vents et aux vagues de courants venant de l'Ouest.

Tableau II-1: Données climatiques des températures maximales, minimales et moyennes (en degré Celsius) ainsi les quantités de précipitations (en mm)
(Source : O.N.M, Période : 1990-2015)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T°max (°C)	11,54	11,55	16,33	19,8	25,21	30,34	**33,11**	32,9	28,08	24,68	14,37	11,31	21,6
T°min (°C)	3,055	3,15	5,41	7,76	11,69	16,7	20,27	19,6	15,54	12,66	7,35	4,83	10,67
T°moy (°C)	7,29	7,35	10,87	13,78	18,45	23,52	26,69	26,25	22,27	18,67	10,86	8,07	16,14
P (mm)	99,7	102,89	74,63	73,57	52,25	9,44	3,67	9,48	34,3	74,5	92,3	73,78	700,5

5.1. Les précipitations

D'après le tableau II-1, la moyenne annuelle des précipitations calculée au cours de la période 1990-2015 est égale à 700,5 mm/an. La période pluvieuse s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril avec un maximum pluviométrique qui atteint le 102,89 mm au mois de février, les mois de juin, juillet et août sont les mois les plus secs avec un minimum enregistré en mois de juillet atteignant 3,67 mm.

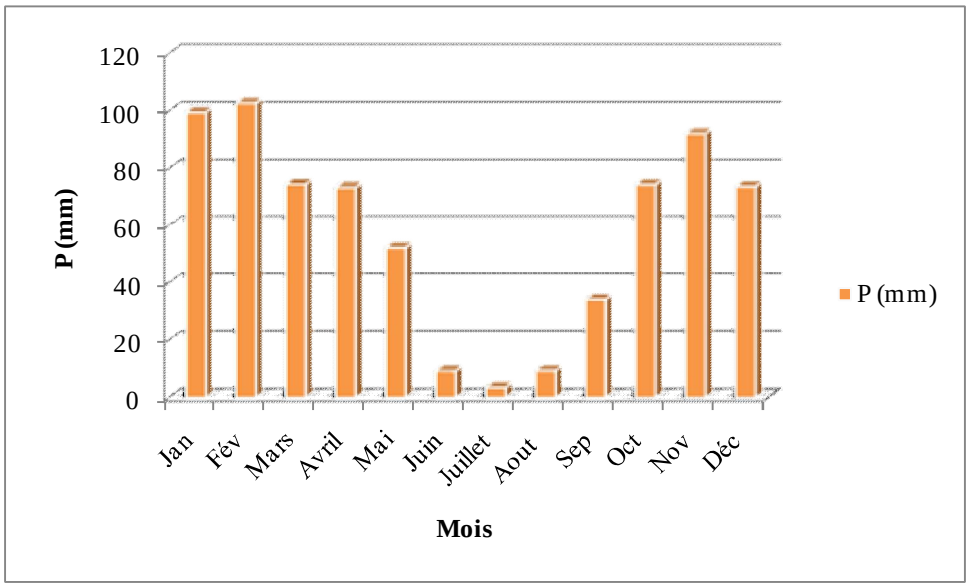


Figure II-3: Diagramme représentant les précipitations de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015.

- **Le régime saisonnier**

Tableau II-2: Régime saisonnier moyen de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015.

	Période (1990-2015)				
Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime
P(mm)	276,37	200,45	22,59	201,1	HAPE

La wilaya de Médéa est caractérisée par un régime saisonnier de type HAPE, avec un hiver plus pluvieux de 276,37 mm, ensuite l'automne 201,1 mm puis le printemps 200,45 mm et enfin l'été avec 22,59 mm.

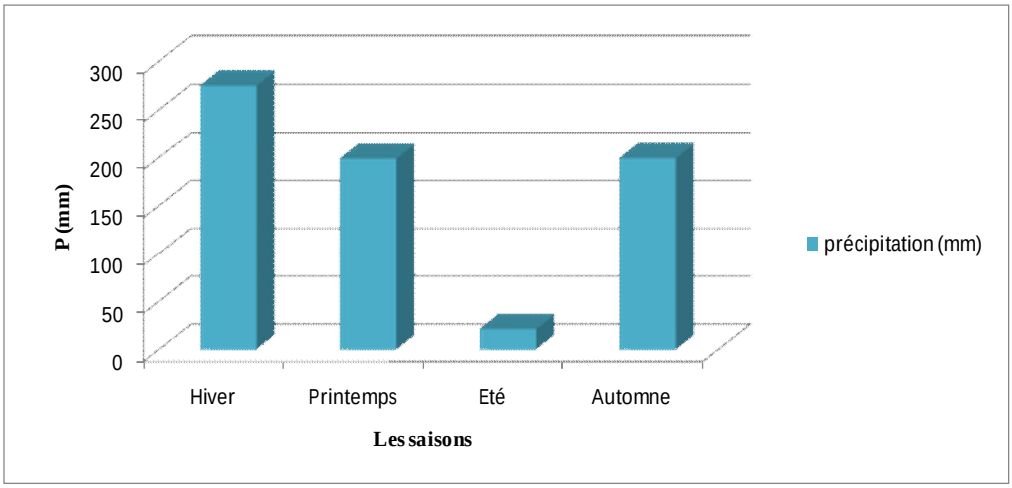


Figure II-4: Régime pluviométrique saisonnier de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015.

5.2. Les températures

Les températures sont exprimées par la moyenne des minimas du mois le plus froid (m) et la moyenne des maximas du mois le plus chaud (M) ainsi que les températures moyennes. Les températures moyennes mensuelles ont un minimum (7,29 °C) en janvier et un maximum (M) en juillet (26,69°C).

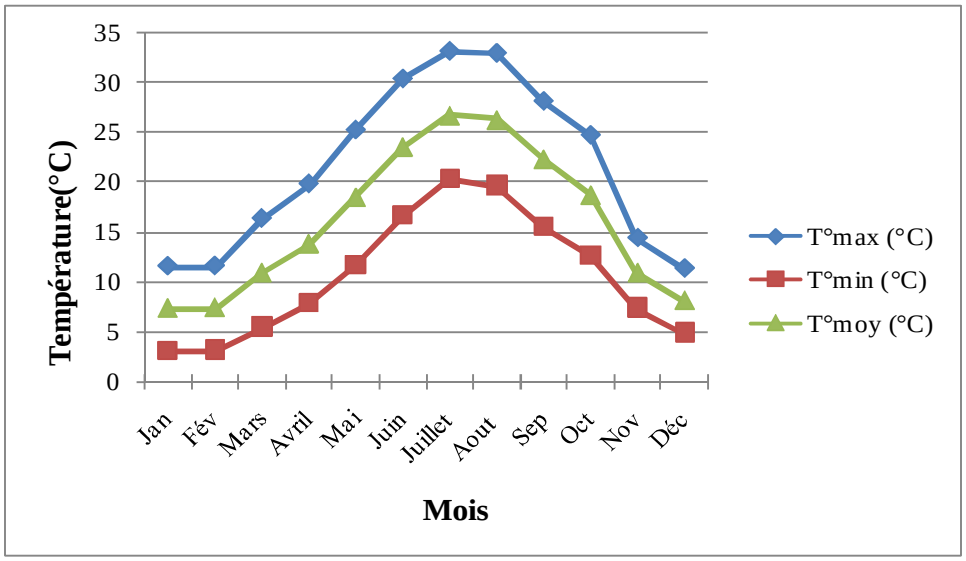


Figure II-5: Diagramme représentant les températures maximales, minimales et moyennes de la wilaya de Médéa pour la période 1990-2015.

5.3. Synthèse climatique

- **Saison sèche**

Un mois est dit biologiquement sec si "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades"; cette formule (P≤2T) permet de construire des «Diagrammes ombrothermiques» traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes pour la zone considérée. **(Bagnouls et Gaussen, 1953)**

Pour la wilaya de Médéa elle est caractérisée par une saison sèche relativement courte qui dure environ 04 mois (Mai à Septembre) (Fig. II-6)

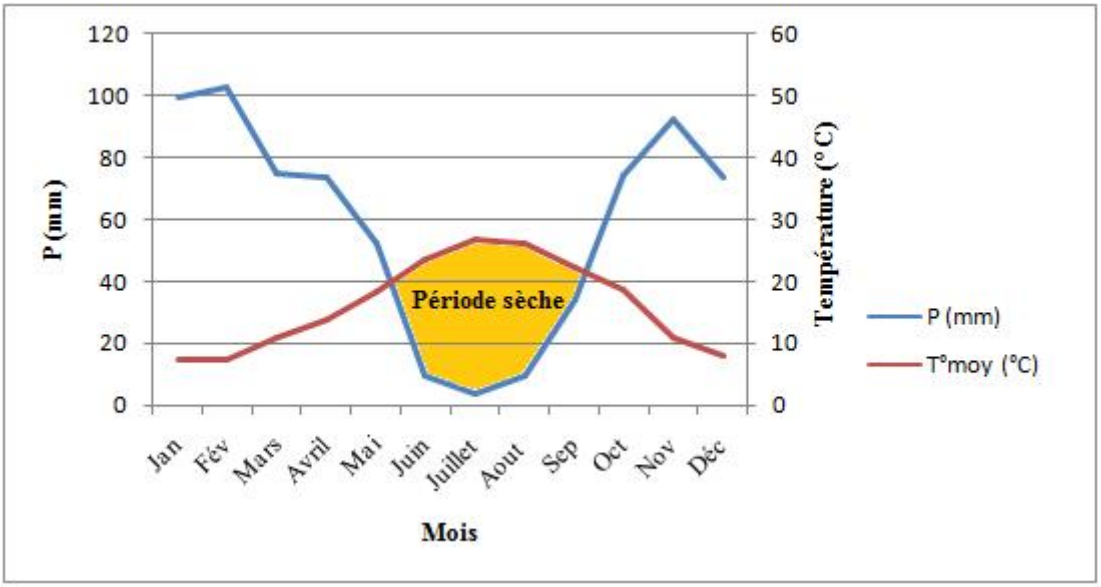


Figure II-6: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la Wilaya de Médéa pour la période : 1990-2015.

- **Climagramme d'EMBERGER**

Ce Climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q_2) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique. Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q_2 = 2000 \times P/M^2\text{-}m^2$$

Q_2 : le quotient pluviométrique d'EMBERGER

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm = à 700,5mm

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en degré de kelvin = à 33,11+273K

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en degré de kelvin = à 3,055+273K

$$Q_2 = 2000x700,5/(33,11+273)^2\text{-}(3,055+273)^2$$

$$\mathbf{Q_2 = 80,07}$$

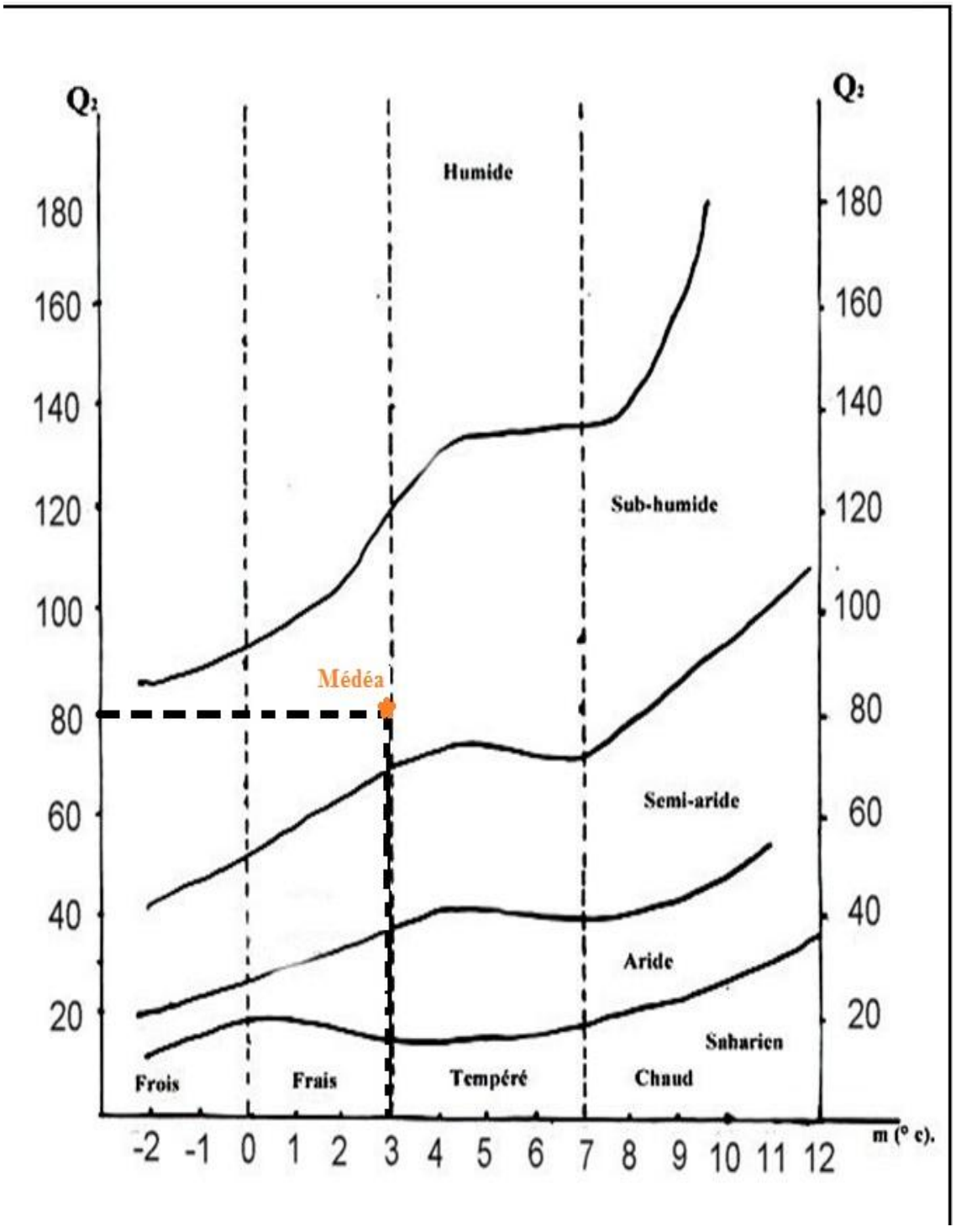


Figure II-7: Position de Médéa sur Climagramme d'Emberger (1955)
Pour la période 1990-2015.

D'après la figure II-7 la wilaya de Médéa est située dans l'étage bioclimatique **Subhumide à hiver frais**.

6. LES RESSOURCES EN EAUX

6.1. Le contexte hydrologique de la wilaya de Médéa

Du point de vue hydrologique, la wilaya de Médéa chevauche sur quatre grands bassins versants à savoir: **(D.E-Médéa, 2019)**

6.1.1. Le bassin versant de l'Oued Chellif

Le bassin versant de l'oued Chellif qui traverse la wilaya Médéa dans sa partie occidentale, de direction générale Nord-Sud, Il s'écoule du Sud de Chahbounia, où il est dénommé Nahr el Ouassel, jusqu'au barrage de Boughezoul. En aval de ce barrage, Nahr Ouassel prend le nom de oued Chellif, et se dirige vers le nord, pour matérialiser un peu plus au nord la limite ouest de wilaya avec celle Ain Defla. Juste en quittant le territoire de la wilaya de Médéa, il bute sur la digue du barrage Ghrib dont une partie du lac de ce barrage se trouve dans la wilaya de Médéa. Plus de la moitié, soit 451200 hectares de la wilaya de Médéa, se situe dans ce grand bassin versant. On retrouve six sous bassins versant, qui touchent à des degrés différents la wilaya de Médéa. Ce sont :

1- sous bassin versant de Daïa el Firania,

2- sous bassin versant de Daïa Boughzoul,

3- sous bassin versant d'oued Cheliff Djelil,

4- sous bassin versant d'oued Cheliff Ghrib,

5- sous bassin versant d'oued Cheliff Harbil,

6- sous bassin versant d'oued Derdeur,

6.1.2. Le bassin versant de l'Oued Isser

Le bassin versant de l'Oued Isser qui couvre une superficie d'environ 266880 hectares de la wilaya de Médéa. Le cours amont et moyen de l'Isser porte le nom d'oued El Malah, c'est-à-dire dans toute sa partie située dans le territoire de la wilaya de Médéa. C'est un oued à écoulement pérenne, et qui prend naissance sur le versant nord des monts situé dans le sud-est de la wilaya, au nord d'Ain Boucif, à Kef Lakhdar, pour se diriger vers le nord, puis vers le nord-est. Il draine la vaste plaine de Beni Slimane. Dans ce bassin on trouve quatre sous-bassins :

1. sous bassin versant d'oued el Melah Kerza.
2. sous bassin versant d'oued el Melah Yagour.
3. sous bassin versant d'oued Zeroua.
4. sous bassin versant d'Isser Moyen.

6.1.3. Le bassin versant des Côtiers Algérois

Le bassin versant des Côtiers Algérois rassemble plusieurs sous bassins. La partie de ce bassin, située dans la wilaya de Médéa, couvre une superficie de 60.400 hectares et est constituée d'Ouest en Est, des parties amonts des sous bassins de: l'oued Djer Bouroumi, l'oued el Harrach, amont ; l'oued Chiffa, l'oued el Harrach maritime et le côtier Cap Matifou. Dans cette partie de la wilaya, l'oued Chiffa est le plus important cours d'eau, il traverse l'Atlas Blidéen par les gorges qui portent le même nom. C'est un affluent du Mazafran, qui se déverse en méditerranée. La lame d'eau écoulée dans cette zone de la wilaya varie de 150 à 200 mm par an.

6.1.4. Le bassin versant de Chott el Hodna

Dans ce bassin, la wilaya de Médéa, est concernée par deux sous bassins : Le sous bassin de l'oued El Ham, et le sous bassin de l'oued Sbisseb. Ces deux sous bassins couvrent environ 99 115 hectares du territoire de la wilaya de Médéa. La lame d'eau écoulée moyenne du bassin, à Chellalat El Adhaoura est de 20 mm par an. Le réseau hydrographique formant ces bassins est relativement dense. Les plus importants Oueds sont des cours d'eaux exoréiques, qui se jettent donc en mer méditerrané, tels que: le Chélif, la Chiffa, le Mazafran et l'Isser. Les oueds du Sud de la Wilaya sont de moindre importance, sont endoréiques et se jette dans le chott el Hodna, situé plus au sud. Le plus important est l'oued Sbisseb, affluent de l'oued Laham.

Le régime d'écoulement des oueds de la wilaya de Médéa est caractérisé par une forte irrégularité tant à l'échelle interannuelle qu'interannuelle. Au cours de l'année, les oueds ruissellent lors de la saison pluvieuse et enregistrent des crues catastrophiques dans plusieurs régions de la Wilaya, alors que durant la saison sèche, ils se réduisent à de minces filets d'eau.

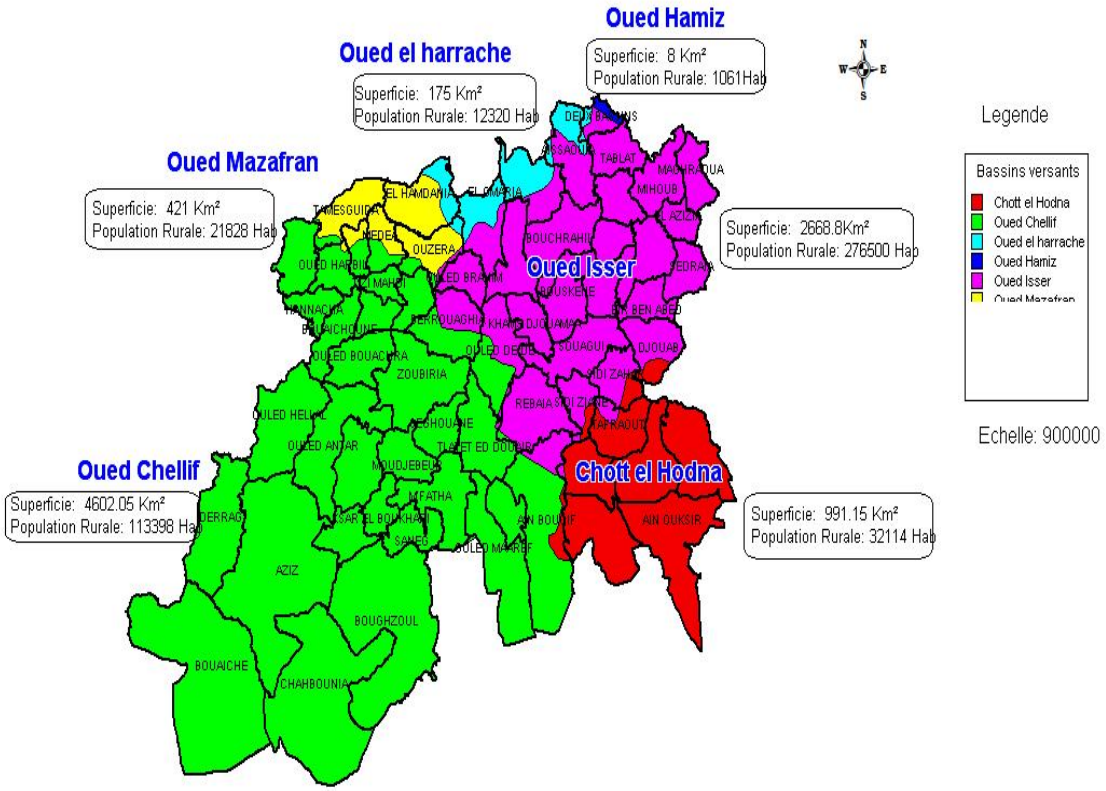


Figure II-8: Carte des bassins versants de la wilaya de Médéa.

(C.D.F-Médéa, 2019)

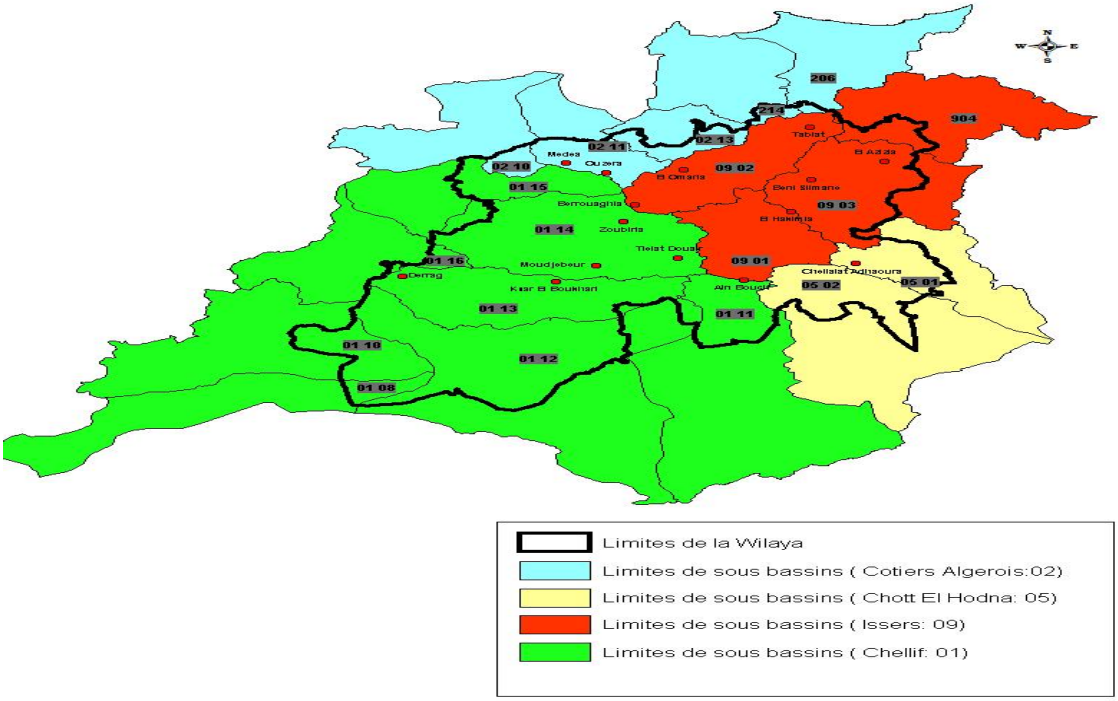


Figure II-9: Carte des sous-bassins versants de la wilaya de Médéa.

(D.E-Médéa, 2019)

6.2. Les ressources en eaux superficielles

Les potentialités en eaux de surface de la wilaya de Médéa sont estimées, pour une année de pluviosité moyenne, à 394 millions de m^3.

La ressource en eau superficielle mobilisée à la wilaya de Médéa est de 27 millions de m^3, dont environ 07 millions de m^3 provient des transferts d'autres Wilayas.

Les ouvrages de mobilisation contribuant à l'approvisionnement en eau, de la wilaya, pour différents usages sont de deux types: **(D.E-Médéa, 2019)**

- Les barrages destinés à l'alimentation en eau potable et industrielle, ainsi qu'à l'irrigation.
- Les retenues collinaires destinées uniquement à l'irrigation et servant dans certaines régions du Sud de la Wilaya à l'abreuvement du cheptel et à la lutte contre les incendies.
- Les prises au fil d'eau, destinées uniquement, à l'irrigation.
- Les sources qui sont, utilisées dans la wilaya de Médéa pour l'irrigation (petite et moyenne hydraulique).

A- Barrages et Prises

- **Barrage de Ladrat**

Ce barrage est situé à l'Est de Médéa, à environ 5 Km au Sud-Ouest d'El Omaria, sa capacité actuelle est de 8.47 hm^3, **(D.E-Médéa, 2019)**

- **Barrage de Boughezoul**

C'est un barrage en terre ancien (mis en service en 1934), sur Oued Nahr Ouassel, Sa capacité actuelle est de 20,27 hm^3. **(D.E-Médéa, 2019)**

- **Barrage de Ghrib**

Ce barrage est situé dans la wilaya de Ain Defla, sur l'oued Chlef, c'est un barrage en enrochement avec une capacité initiale de 280 hm^3, mais du fait du fort envasement qu'il a subi, sa capacité actuelle n'est que de 116 hm^3. Il est destiné actuellement, à l'alimentation en eau potable et industrielle des communes de la wilaya de Médéa (couloirs de Médéa et de Berrouaghia) et à l'irrigation du périmètre du haut Chellif, il est connecté au barrage de Bouroum. **(D.E-Médéa, 2019)**

- **Prises de la Chiffa et de Harbil**

Ouvrages de dérivation vers le barrage de Bouroumi ayant des capacités respectives de 10 et 1,8 m^3/s. Dans la Wilaya de Médéa, les prises au fil de l'eau permettent d'irriguer une surface de petite et moyenne hydraulique de 1253 Hectares. **(D.E-Médéa, 2019)**

B- Petits barrages et retenues collinaires

La Wilaya de Médéa compte 20 petits barrages totalisant une capacité actuelle de 18 hm^3 et 50 retenues collinaires totalisant une capacité de: 3,8 hm^3 **(D.E-Médéa, 2019)**

6.3. Les ressource en eaux souterraines

❖ **Les systèmes aquifères de la Wilaya de Médéa**

Les potentialités en eaux souterraines potentielles de la wilaya de Médéa sont estimées à environ 30 hm^3, les principaux aquifères de la wilaya sont : **(D.E-Médéa, 2019)**

❖ **Conglomérats miocènes de Médéa**

Situé à environ 15 Km à l'Est de la ville de Médéa, Cet aquifère est limité au Nord par l'Atlas Blidéen et au Sud par les monts de Berrouaghia et s'étend sur environ 280 Km^2, de la localité de Mahdjoub au Sud Ouest jusqu'à la localité d'El Omaria au Nord Est. L'aquifère fait partie du bassin néogène d'El Omaria qui fait suite au bassin de Médéa, l'aquifère donne lieu à plusieurs émergences

❖ **Calcaires de Berrouaghia**

Situés au Nord de la ville de Berrouaghia, ils s'étendent d'Oued El Mellah à l'Ouest, Jusqu'à l'extrémité Ouest de la chaine des Bibans à l'Est sur une superficie d'environ 154 Km^2. Les ressources en eaux de cet aquifère sont assez modestes, elles sont estimées à environ 3,2 Hm^3/an.

❖ **Plaine de l'Oued Mellah (Plaine d'El Khemis)**

Située dans le bassin versant de l'Oued Isser à l'Ouest de la plaine de Beni Slimane. Elle est distante de quelques 10 Km de la ville de Berrouaghia (Cote Est) et s'étend sur une superficie d'environ 95 Km^2.

La nappe présente une perméabilité très faible sur presque la totalité de son étendue, des zones de meilleure transmissivité pourraient être retrouvées dans les terrasses alluviales contemporaines de la plaine. La recharge de la nappe par les précipitations dans l'ensemble de la région est de l'ordre de 50 mm /an correspondant à une recharge d'environ 4 Hm^3/an.

❖ **Plateau de Médéa**

Localisé au Nord de la ville de Médéa, à quelques 90 Kilomètres au Sud Est d'Alger, il s'étend sur une superficie d'environ 15 Km².

La nappe est contenue dans des grés très poreux à la base et encore plus perméables vers le sommet, elle est exclusivement alimentée par la pluviométrie et a pour exutoire principale les sources situées sur la bordure SW du plateau et de nombreux puits.

La recharge directe de l'aquifère est très importante compte tenu de la forte porosité des grés et du niveau de fissuration important au sommet, la ressource potentielle de cet aquifère est de 1 Hm3 /an. **(D.E-Médéa, 2019)**

Tableau II-3: Débit et l'état de quelques sources de la Wilaya de Médéa **(A.D.E, 2019)**

N°	Nom	Commune	Centre	Débit capté (l/s)	Etat (exploité, abandonné, pollué, à sec)
1	**S.Chlaâlaâ**	Médéa	Médéa	0	**A l'arrêt**
2	**S. Les trembles**			0,65	**Exploité**
3	**S.Takbou**			0	**A l'arrêt**
4	**S.Settara**			1,16	**exploité**
5	**S.Tamezguida**			4,4	**exploité**
6	**S Ain Boustana**			0,02	**exploité**
7	**S. El Houachem**	El Hamdania		1	/
8	**S. Sidi Rabah**			1	/
9	**S. Ain El Hamra**	Ouamri		0,29	**Exploité**
10	**S.Ain El Souf**			0,29	**Exploité**
11	**S.Ain Benameur**			0,29	**Exploité**
12	**S.Ain El Hannach**			0,29	**Exploité**
13	**Source Nouaoura**			0,57	**Exploité**
14	**Source Daoudi**			0,57	**Exploité**
15	**Source Bekhaoua**			0,57	**Exploité**
16	**S. S/Mahdjoub**	Si-El-Mahdjoub		0,97	**Exploité**
17	**S. A/Toute**			0,41	**Exploité**
18	**S. A/Araiss**			0,48	**Exploité**
19	**Source Tizi Mahdi**	Tizi Mahdi		0,56	**Exploité**
20	**Source Benchicao**	Benchicao		0,49	**Exploité**
21	**S.El Hamra**	Zoubiria	Berrouaghia	0,46	**Exploité**
22	**S. aziz**	Aziz	Ksar El Boukhari	0,29	**Exploité**
23	**S.Mandes Derrag**	Derrag		3,07	**Exploité**
24	**Source Boughar**	Boughar			**Exploité**
25	**S.Ain El Berda**	Ain-Boucif	Ain-Boucif	3,15	**Exploité**
26	**S.Ain Raâche**			0,12	**Exploité**

Tableau II-4: Quartiers alimentés par nos trois sources
(A.D.E, 2019)

Source Settara	Quartier Kouala
	Quartier Rezarza
Sources Bestana et Ain Cheikh	Quartier Touatia
	Centre ville

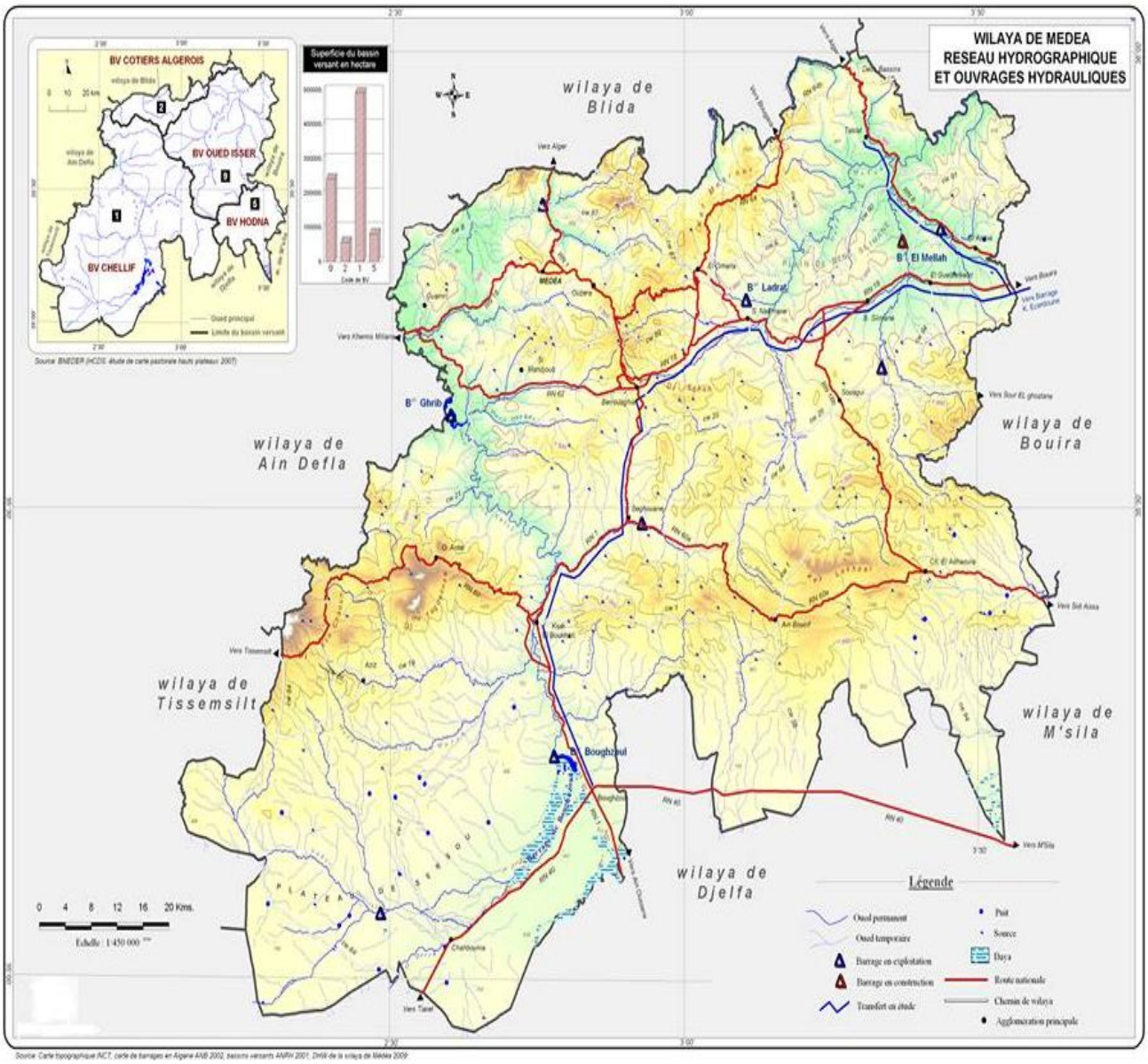


Figure II-10: Carte de réseau hydrographique et ouvrage hydraulique de la wilaya de Médéa. **(D.E-Médéa, 2019)**

7. LA FAUNE ET LA FLORE

❖ La Faune

La wilaya de Médéa, recèle de par la diversité des écosystèmes (montagne, steppe, forets, zone humides, …) une diversité faunistique d'environ 35 espèces qu'il y a lieu de protéger. **(Dhif et Dahmani, 2018)**. La faune de la wilaya de Médéa est représentée par les espèces données ci–dessous:

Espèces (Nom Commun)	Nom Scientifique	Famille
AVOCETTE	***Recurvirosta avosetta***	**Recurvirostridae**
CIGOGNE BLANCHE	***Ciconia ciconia***	**Glconudae**
COURLIS A BEC GRELE	***Numenius tenuirostris***	**Scolopacidae**
ENCHASSE ELANCHE	***Himantopterus- bimantopus***	**Recurvirostridae**
FLAMANT ROSE	***Phoenicopterus ruber***	**Phoenicopteridae**
GRAND CORMORAN	***Phalacrocorax carbo***	**Phoenicopteridae**
GRUE CENDREE	***Grus grus***	**Gruidés**
OIE CENDREE	***Anser anser***	**Anatidae**
OUTARDE HOUBARA	***Chlamydotis undulata***	**Otididae**
SPATULE BLANCHE	***Platalea leucorodia***	**Anatinae**
SARCELLE MARBREE	***Marmaronetta angustirostris***	**Anatinae**
TADORNE DE BELON	***Tadorna tadorna***	**Anatinae**
TADORNE CASARCA	***Cassrea fevruginea***	**Accipitridae**
AIGLE DE BONELLI	***Hieraetus fasciatus***	**Rigidae**
CHOUUETTE HULOTTE	***Strix….***	**Falcouidae**
FAUCON PELERIN	***Falco perigrinus***	**Accipitridae**
MILAN NOIR	***Milvus migrans***	**Accipitridae**
MILAN ROYAL	***Milvus milvus***	**Accipitridae**
VAUTOUR FAUVE	***Gyps fulvus***	**Accipitridae**
HIBOU	**/**	**/**
PERDRIX GAMBRA	***Alectrosis barbata***	**Phasianidae**
CIRCAETE JEAN LE BLANC	***Ciraetus gallicus***	**Accipitridae**
LES MAMMIFFERES		
Lièvre égyptien	***Lepus aegyptius***	**Leporidae**
Lapin	**/**	**Leporidae**
Sanglier	***Sus scrofa***	***Suidae***
Porc épic	**/**	**Hystricidae**
Chacal	**/**	**Canidae**
Renard	**/**	**Canidae**
Lynx	***Lynx….***	**Felidae**
Gazelle de montagne	***Gazella gazella***	**Bovidae**
Singe magot	***Macaca sylvanus***	**Cercopithecidae**
Les REPTILLES		
Caméléon commun	***Chamaelops vulgaris***	**Chamaeleonidae**
Tortue clemmys	***Mauremys caspico leprosa***	**Geoemydidae**

En dehors du parc de Chréaa et du lac de Boughezoul, il est peut être intéressant d'établir un inventaire sur les espèces rares (en voie de disparition) et ou endémiques et des

territoires concernés de façon à pouvoir arrêter les mesures nécessaires pour la protection de la biodiversité en général. **(D.E-Médéa, 2019)**

- **Espèces faunistiques dénombrées (D.E-Médéa, 2019)**

Anatidae	**Canard colvert (*Anas platyrhynchos*)** **Canard Souchet (*Anas Clypeata*)**	**Très abondant** **Abondant**
Foulques	**/**	**/**
Autres	**Poules d'eau (*Gallinula chlaropus*)** **Echasse blanche (*Himantonus himantopus*)** **Flamant rose (*Phoénicopterus*)**	**Abondant** **Rare** **/**

- **La Flore**

La wilaya de Médéa est classée parmi les premières wilayas du pays en matière de couvert végétal. Le patrimoine forestier de la wilaya couvre une superficie de 152,931 Ha, soit 17,43% de la superficie totale de la wilaya. La couverture forestière est marquée par la prédominance des maquis qui occupent 55,14% de la superficie totale. Les essences forestières représentent une grande richesse pour la wilaya sur le plan de la biodiversité, avec la dominance du Pin d'Alep soit environ 3/4 de la superficie totale. **(Dhif et Dahmani, 2018).** La wilaya de Médéa recèle une richesse floristique ayant une valeur patrimoniale importante sur les plans écologique et économique et que nous présentons ci dessous: **(D.E-Médéa, 2019)**

La catégorie des plantes médicinales est représentée par: 39 espèces Arborescentes végétales médicinales rares et 11 arbres médicinales (Chêne Kermes, Micoccoulier, Tamarix, Murier, Orme, Peuplier Noir, Cédre de l'atlas, Peuplier Blanc, chêne Liège, Chêne Zene et Genevrier Rouge).

La catégorie des plantes fourragères est représentée par les espèces suivantes : L'Atriplex, les Médicago, l'Acacia, l'Alfa et le Sparth. Leur utilité est importante dans le pâturage.

8. ACTIVITÉS HUMAINES DANS LA ZONE D'ÉTUDE (POLLUTION HYDRIQUE)

La pollution hydrique est un problème d'actualité nationale, les déversements d'eaux usées, brutes ou mal épurées sont générateurs de pollution des eaux souterraines et de surface. Dans la wilaya de Médéa, la pollution hydrique est générée par une grande variété d'indicateurs en raison de la multiplicité de facteurs (facteurs domestiques, agricoles, agro-industriels et urbains). **(D.E-Médéa, 2019)**

La principale cause de la pollution hydrique est surtout les eaux usées non traitées de la wilaya de Médéa qui posent ce problème. Celles-ci se déversent directement dans des oueds sans aucun traitement préalable. Ce qui induit une pollution des eaux de surface très importantes et influe sur la santé publique et sur les milieux aquatiques. **(D.E-Médéa, 2019)**

8.1. La pollution urbaine

Actuellement, les eaux usées urbaines des communes de la wilaya de Médéa sont déversées dans les oueds et les chaabates à travers les réseaux d'assainissement sans traitement préalable. **(D.E-Médéa, 2019)**

La Wilaya de Médéa rejette 9237100 m^3 d'eaux usées par jour dans la nature sans aucun traitement préalable, cela risque de porter atteinte à l'environnement et à la santé publique (M.T.H) notamment en milieu urbain. **(D E-Médéa, 2019)**

8.2. La pollution industrielle

Le secteur industriel s'est développé au centre urbain à fort réseau de communication, deux variables intimement liées. La wilaya de Médéa dispose d'un vaste réseau routier qui comprend notamment les routes nationales N°1 et 8 qui relient le Nord au Sud du pays, les routes nationales N°18 et 40 qui relient l'Est à l'Ouest, ainsi qu'un réseau de routes de wilaya dont la longueur totale est de 976,70Km, quant aux chemins communaux ils comportent une longueur de 2357Km. **(D.E-Médéa, 2019)**

C'est sur l'axe RN1 que la presque totalité des unités industrielles envergures nationales et régionales sont implantées. Dans la wilaya de Médéa les zones industrielles, sont représentées comme suit: **(D.E-Médéa, 2019)**

- Complexe antibiotique (SAIDAL),
- Entreprise national de plastique et caoutchouc (ENPC),
- La briqueterie de Médéa,

- Les moulins ERIAD,
- L'office nationale des alimentes de bétails,

Les rejets d'activités industrielles de la wilaya de Médéa, sont limités par des valeurs fixées et annexées au décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006. **(D.E-Médéa, 2019)**

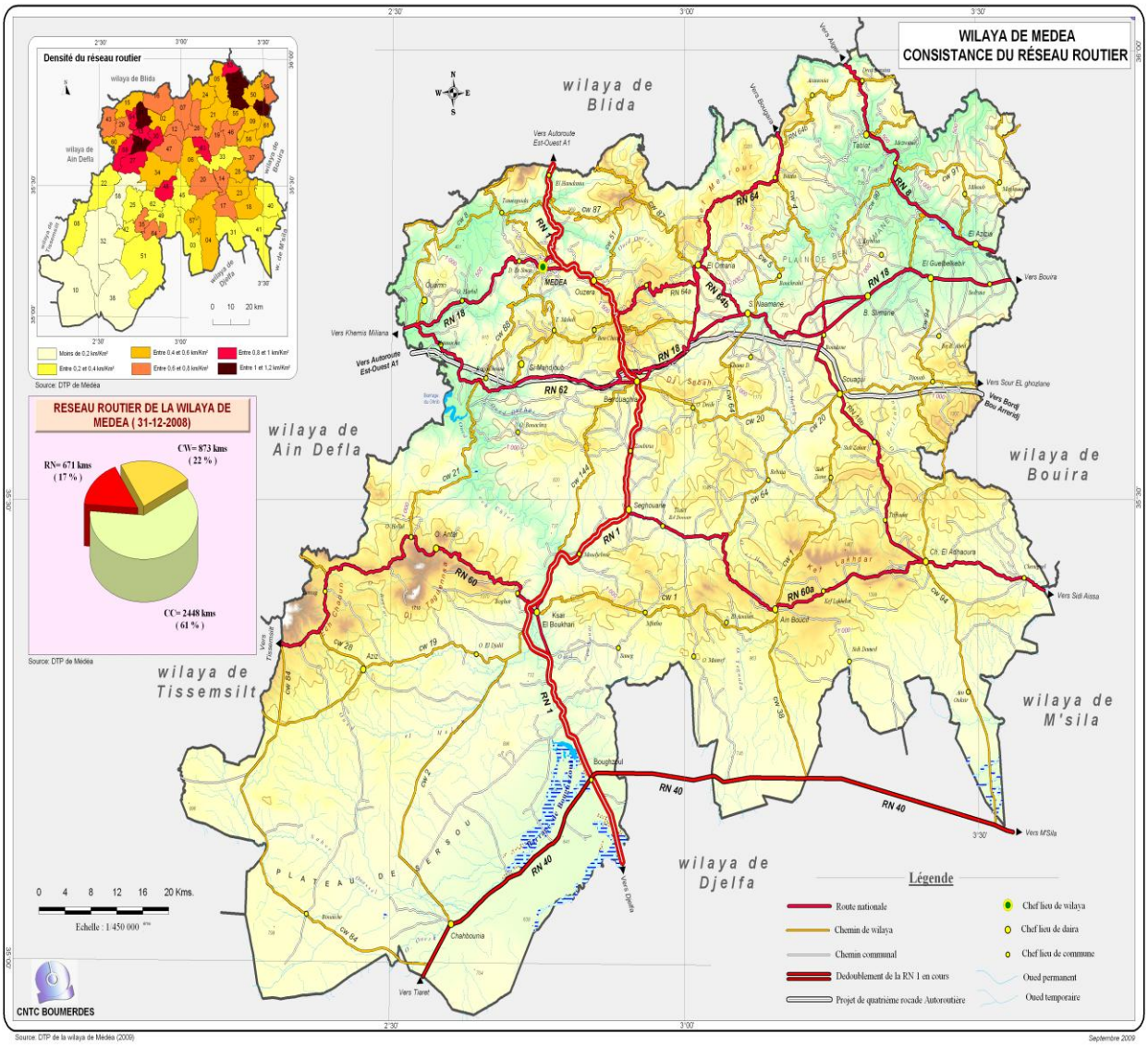


Figure II-11: Carte du réseau routier de la wilaya de Médéa.
(D.R.E-Médéa, 2019)

8.3. Les situations épidémiologiques (MTH)

Les cas de maladies à transmission hydrique enregistrés dans la wilaya de Médéa durant la période 1995-2000 sont représentés dans le tableau ci-ci-joint:

Tableau II-5: Les maladies à transmission hydrique enregistrés dans la wilaya de Médéa **(D.E-Médéa, 2019)**

Maladies à transmission hydrique (Cas/année)	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Choléra	0	0	0	0	0	0
Fièvre typhoïde	45	201	48	22	166	39
Hépatite virale	39	63	71	67	10	04
Dysenterie Amibienne et bacillaire	01	03	03	03	05	03
Total	85	267	122	92	181	46

La commune de Berrouaghia a enregistré une flambée de cas de fièvre typhoïde (soit 32 cas) durant le mois de mai 2000.

Les causes sont dues essentiellement à un nombre important de puits non traités (250) dont (02) se sont révélés pollués et situés en aval de nombreuses sources de contamination. **(D.E-Médéa, 2019).**

CHAPITRE III: MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. CHOIX DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT

Trois points de prélèvement ont été retenus au niveau de la ville de Médéa pour effectuer notre étude.

Ces points ont été choisis suivant une proposition des services de l'A.D.E-Médéa dans le but d'établir la qualité organoleptique, physicochimique et bactériologique de ces eaux. Les sources de prélèvements sont comme suit :

- La source 01 : Settara (Voir annexe- Figure A)
- La source 02 : Bestana (Voir annexe- Figure B)
- La station 03 : Ain Cheikh (Voir annexe- Figure C)

Tableau III-1: Les coordonnées géographiques des trois sources de prélèvement **(ADE-Médéa, 2019)**

	Longitude	**Latitude**
Settara	2°45'29.79'' **E**	36°16'59,80'' **N**
Bestana	2°44'10,92'' **E**	36°16'35,22'' **N**
Ain Cheikh	2°44'26,36'' **E**	36°16'33,28'' **N**

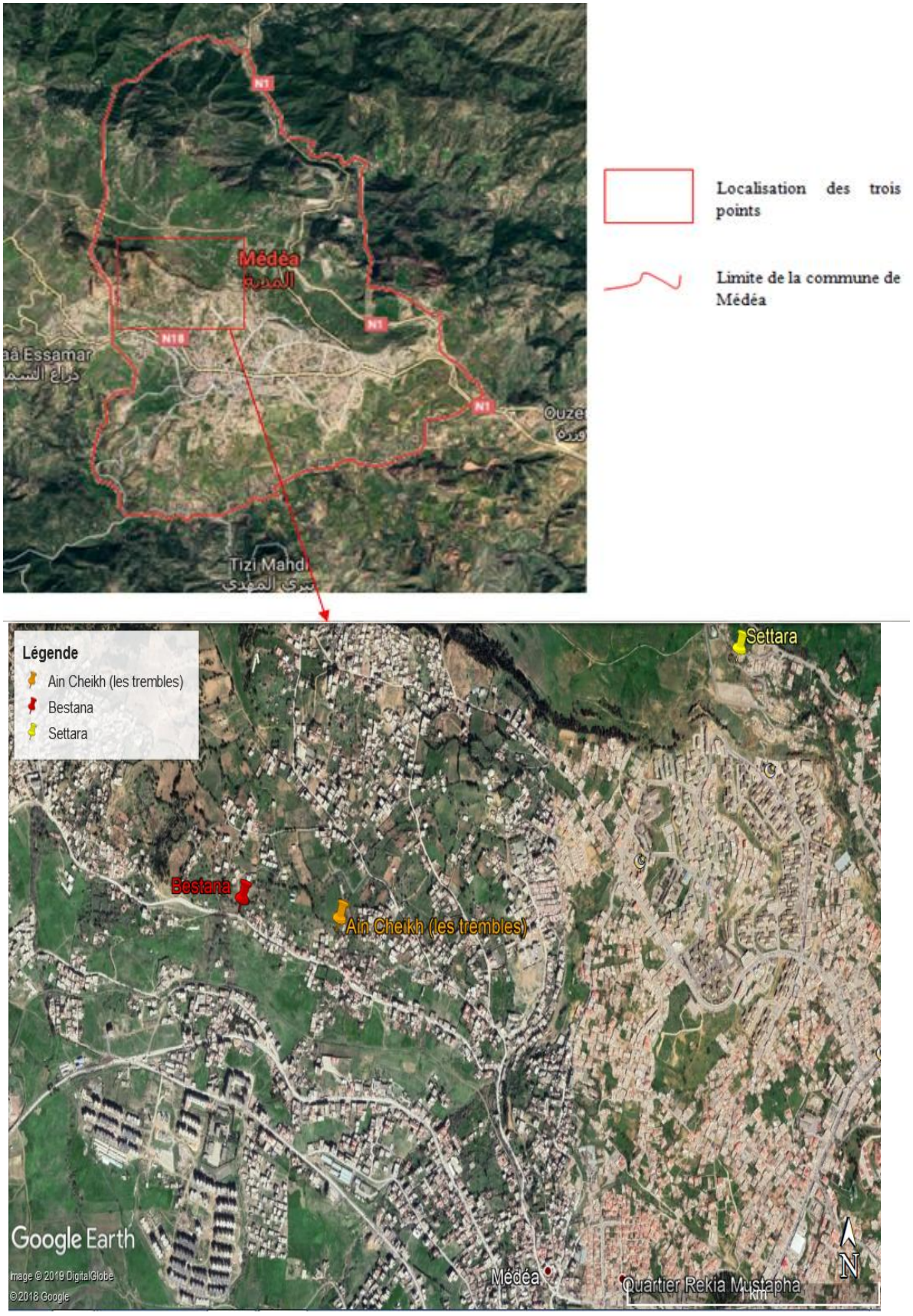


Figure III-1: Localisation géographique des trois sources (Settara-Bestana-Ain Cheikh) **(Google Earth, 2019)**

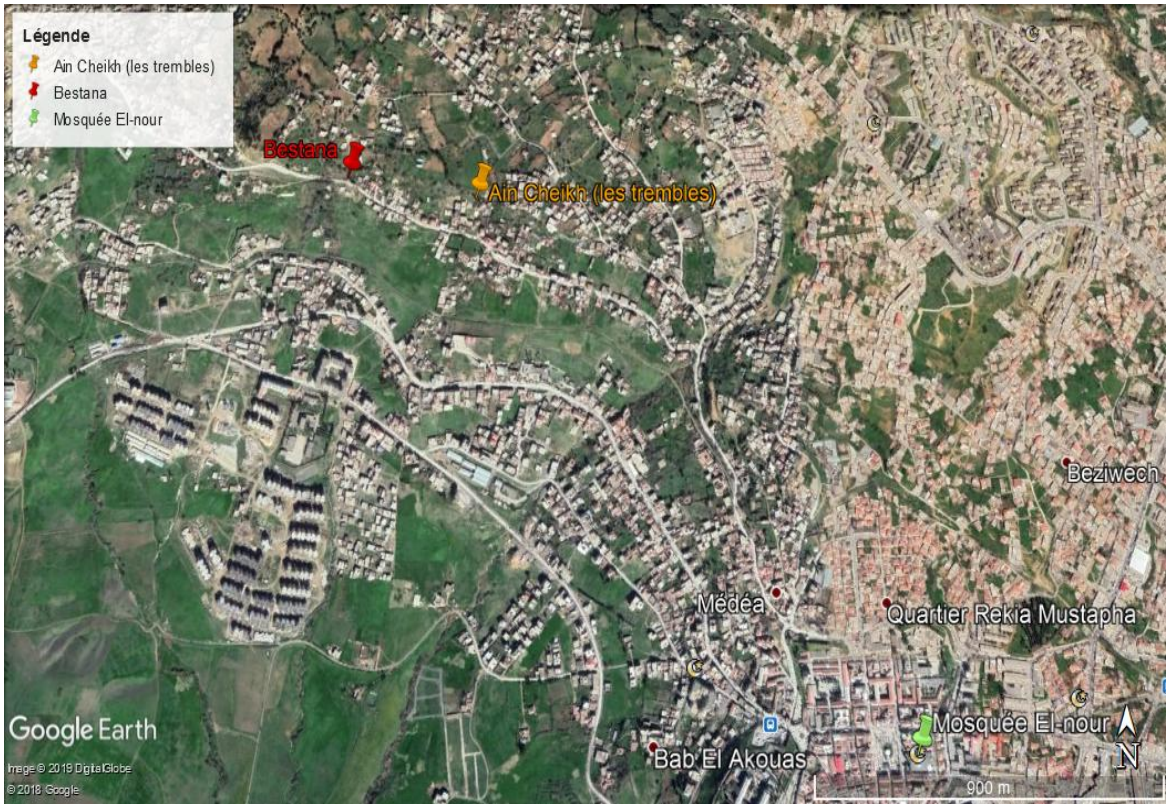


Figure III-2: Localisation de Bestana et Ain Cheikh par rapport aux quartiers voisins.
(Google Earth, 2019)



Figure III-3: Localisation de Settara par rapport aux quartiers voisins.
(Google Earth, 2019)

2. CHOIX DES PARAMÈTRES ANALYSÉS

Vingt neuf paramètres ont été suivis durant notre étude à savoir: 03 paramètres organoleptiques, 23 paramètres physicochimiques et 03 paramètres bactériologiques. Ces paramètres sont les paramètres les plus utilisés lors d'une analyse qualitative des eaux.

3. MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT

3.1. Prélèvements

Les échantillons d'eau brute ont été prélevés presque chaque quinze jour du 24/02/2019 jusqu'au 13/05/2019 (06 compagnes) au niveau des trois points de la ville de Médéa ce qui nous fait un total de 18 échantillons d'eau prélevés.

3.1.1. Paramètres et mesures in-situ

Après chaque prélèvement on a mesuré le chlore afin de s'assurer que ces eaux sont des eaux brutes et non pas des eaux traitées. Le test du chlore est opéré par la méthode suivante:

1- Rincer un tube à essai vide a l'eau de source.

2- Mettez un comprimé de DPD. (N, N diéthyl-P- phenylendiamine).

3- Verser l'eau de source dans le tube jusqu'à 3 quarts.

4- Mélanger et observer. Expression des résultats : (Tableau IV-1)

Tableau III-2: Lecture des résultats du test de chlore**.**
(ADE-Médéa, 2019)

Couleurs	Valeurs du chlore (mg/l)
La couleur transparente	Traces de chlore
La couleur rose claire	0,2- 0,4
La couleur rose foncé	0,5- 0,7
La couleur rose violacé	0,8- 1

4. MÉTHODES D'ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES

4.1. Prélèvement et conservation des échantillons

Les échantillons prélevés pour les analyses physicochimiques sont mis dans des bouteilles en verre d'une capacité de 1000 ml pour une analyse physicochimique complète les échantillons peuvent être conservé pendant une durée de 24h à 4°C. **(Figure III-4)**



Figure III-4: Flacons du prélèvement. **(Originale, 2019)**

4.2. Procédure pour les prélèvements

- Ouvrir le robinet et laisser couler l'eau pendant 1 ou 2 min.
- Rincer la bouteille 2à 3 fois avec l'échantillon a analysé.
- Remplir la bouteille avec l' l'échantillon a analysé.
- Fermer la bouteille et l'identifier en marquant l'adresse et l'heure
- Remplir la fiche d'identification de l'échantillon d'eau.
- Acheminer les prélèvements au laboratoire à température ambiante.

4.3. Détermination de turbidité

- **Matériel**

Turbidimètre optique et électronique de marque HACH modèle 2100N.

- **Méthode**

1) Agiter bien l'échantillon à analyser, verser quelques millilitres dans la cuvette rincée à l'avance avec l'eau distillée jusqu'au la flèche indiquée dans cette dernière.

2) Fermer la cuvette et bien la séchée et mettre dans leur place spécialisé, fermer le capot de turbidimètre et lisez la première valeur qui s'affiche dans l'écran.

3) Les résultats sont exprimés en NTU (Nephlo Turbidité Unité).

- **Lecture des résultats :** se fait à l'aide du turbidimètre. (Voir annexe-Figure D)

4.4. Conductivité, Température, Salinité et Taux des sels dissous (TDS)

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution. La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de $1cm^2$ de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm).

La mesure du TDS, la salinité ainsi que la température est faite à l'aide du même appareil que celui qui détermine la conductivité électrique. **(A.D.E-Médéa, 2019)**

- **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur de la conductivité électrique en µs /cm, la valeur de la température en °C, la valeur de salinité en mg/l et la valeur des TDS en mg/l**.** (Voir annexe-Figure E)

4.5. Détermination du pH

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrie avec électrode combinée dans un pH mètre. (Voir annexe-Figure F)

- **Matériel**
  - ❖ pH-mètre;
  - ❖ Electrode ;
  - ❖ L'eau à analyser.
- **Mode opératoire**

Il est préférable de mettre l'appareil en marche environ demi heure et rincé l'électrode avec l'eau distillée avant de commencer la mesure ensuite on plonge l'électrode dans l'eau à analyser à une profondeur minimum de 4cm et puis attendre que la valeur soit stable avant la lecture.

4.6. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium (la matière organique)

- **Réactifs**
  - ❖ Acide sulfurique.
  - ❖ Permanganate de potassium.

- ❖ Sulfates ferreux ammoniacal.

- **Matériel**
  - ❖ Burette de 25 à 50 ml utilisée pour solution $KMnO_4$.
  - ❖ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers.

- **Méthode**

1) Dans un Erlenmeyer à col large on introduit 100 ml d'eau a analysée puis on rajoute 10 ml d'Acide Sulfurique et quelques grains de Potter et on porte à l'ébullition (1ère ébullition).
2) Ajouter 10 ml de Permanganate de potassium et porter à ébullition pendant 10 minutes (2ème ébullition) (**Figure III-5)**.
3) Refroidir puis ajouter 10 ml de sulfates ferreux ammoniacal la couleur devient transparente. (**Figure III-6**).
4) Titrer avec $KMnO_4$ jusqu'au virage de couleur de la solution en rose clair puis noté le volume
5) Faire un témoin avec de l'eau distillée (V_0).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont calculés avec la formule suivante : **$(O_2) = V\text{-}V_0$ mg/l**, où:

- ❖ **V:** est le volume de KMnO4 consommé après le dosage des échantillons.
- ❖ **V_0:** est le volume de KMnO4 consommé après le dosage du témoin avec de l'eau distille.



Figure III-5: chauffage jusqu'à l'ébullition à l'aide d'une plaque chauffante. **(Originale, 2019)**



Figure III-6: la disparation de la couleur violet après l'ajoute de sulfates ferreux ammoniacal. **(Originale, 2019)**

4.7. Détermination résidu sec

- **Matériel**

  - ❖ Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou, de préférence, en silice ou en platine.
  - ❖ Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et de son contenu.
  - ❖ Etuve réglable à 100-105°C ou 175-185°C. (Voir annexe-Figure I)

- **Méthode**

1) Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec l'eau distillée et dessécher.
2) Prélever 100 ml d'eau à analyser.
3) Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
4) Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur. (**Figure III-7)**

   Peser immédiatement et rapidement. **(ADE-Médéa, 2019)**

- **Mesure et calcul des résultats**

Le résidu sec à 100-105°c, exprimé en milligrammes par litre, est donné par l'expression: $\boxed{(M_1-M_0)*1000/V}$

M_0 : La masse, en milligramme de la capsule vide.

M_1: La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

V: Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.



Figure III-7: Refroidissement des capsules des résidus secs dans le dessiccateur. **(Originale, 2019)**

4.8. Détermination de la somme de calcium et magnésium (TH)

- **Réactifs**
  - ❖ Solution titrée à 0,01 mol/l d'Ethylène Diamine Tétra-Acétique (EDTA).
  - ❖ Solution chlorure d'ammonium (NH_4Cl).
  - ❖ Noir d'Erichrome, (indicateur).
- **Matériel**
  - ❖ Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA
  - ❖ Matériel courant de laboratoire: fioles, pipettes, béchers.
- **Méthode**

1) Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml de la solution (NH_4Cl) et une pincée d'indicateur.

2) Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose. **(Figure III-8)**

3) Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu. (**Figure III-9)**

4) La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

- **Exploitation des résultats** : Les résultats sont calculés en utilisant Excel 2007



Figure III-8: L'apparition de la couleur rose après l'ajout de d'indicateur -Noir d'Erichrom. **(Originale, 2019)**



Figure III-9: L'apparition de la couleur bleu après l'ajout de l'EDTA. **(Originale, 2019)**

4.9. Détermination de calcium

- **Réactifs**
  - ❖ Solution titrée à 0,01 mol/l d'Ethylène Diamine Tétra-Acétique (EDTA).
  - ❖ Solution d'hydroxyde NaOH.

- ❖ Murexide, (indicateur).

- **Matériel**

- ❖ Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA
- ❖ Matériel courant de laboratoire: fioles, pipettes, béchers.

- **Méthode**

1) Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde NaOH (2N) et une pincé d'indicateur (Murexide), la solution doit se colorer en rose. Bien mélanger le tout. (**Figure III-10)**
2) Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. (**Figure III-11)**
3) La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte de la solution d'EDTA.

- **Mesures et calcul du résultat**

La teneur en calcium, exprimée en mg /l, est donnée par l'équation :

$$\mathbf{Ca = C_1 \times V_1 \times A \times Fc \times 1000 \times F / V_0}$$

- ❖ $\mathbf{C_1}$: concentration, exprime en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.
- ❖ $\mathbf{V_0}$: est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50ml.
- ❖ $\mathbf{V_1}$: est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.
- ❖ **A** : est la masse atomique du calcium (40.08g).
- ❖ **Fc** : facteur de correction du titre.
- ❖ **F** : facteur de dilution.



Figure III-10 : l'apparition de la couleur rose après l'ajout de d'indicateur-Murexide. **(Originale, 2019)**



Figure III-11: l'apparition de la couleur violet**te** après l'ajout de l'EDTA. **(Originale, 2019)**

4.10. Détermination du sodium et de potassium

- **Méthode par spectrométrie d'émission de flamme**

La photométrie à flamme **(Voir annexe- Figure G)** est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des cations alcalins : Na^+, K^+, Ca^+, Ba^+, Li^+. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

- **Mesures**

1) Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (power).
2) Ouvrir la bouteille du gaz.
3) Allumer la flamme à l'aide du bouton noir « IGNITION » sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage « FLM » en rouge.
4) Faire passer de l'eau distillée.
5) Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton « fuel » jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée.
6) Optimiser à zéro à l'aide du bouton « Blank ».
7) Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
8) Une fois qu'elle se stabilise à zéro, retirer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ à 30 mg/l ou du K^+ à 10 mg/l.
9) Optimiser à 30 mg/l (ou 10 mg/l) à l'aide du bouton « fine ».
10) Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de « Na^+ » ou de « K^+ » à 30 mg/l (ou 10 mg/l) et vérifier si l'écran affiche 30 (ou 10).
11) Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
12) A la fin, passer aux échantillons jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran est stable (3 essais pour chaque échantillon).

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

4.11. Détermination des chlorures

- **Réactifs**

❖ Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0,02 mol/l.
❖ Solution d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 g/l.
❖ Solution étalon de chlorure de sodium (NaCl) à 0,02 mol/l.

- **Matériel**

❖ Burette;

❖ Pipettes;

❖ Fioles;

❖ Bécher.

- **Méthode**

1) Introduire 100 ml de l'échantillon dans une fiole ou dans un bécher.
2) Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium. La solution doit se colorer en jaune bien mélanger.
3) Titrer la solution par addition goutte a goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'a ce que la solution prenne une couleur rougeâtre (**Figure III-12)**.
4) Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.



Figure III-12: le virage vers une couleur rougeâtre.
(Originale, 2019)

4.12. Détermination des sulfates

- **Réactifs**

1- Solution stabilisante.

2- Solution de chlorure de baryum ($BaCl_2$) à 0,01N

- **Matériel**

❖ Fioles ;

❖ Pipettes ;

Spectrophotomètre de marque HACHE (DR4000/U). (Voir annexe-Figure H)

- **Méthode**

1) Introduire 20 ml d'eau a analysée puis on complète jusqu'a 100 ml avec de l'eau distillée.
2) Ajouter 5ml de solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum ($BaCl_2$).
3) Agiter énergétiquement, la couleur de solution devient blanche. (**Figure III-13)**

- **Lecture**

Les résultats sont réalisés à l'aide d'un spectrophotomètre **(A.D.E-Médéa, 2019).**



Figure III-13: Détermination des sulfates
(Originale, 2019)

4.13. Détermination de l'ammonium

- **Réactifs**
  - ❖ Réactif Nesseler
  - ❖ Réactif double tartrate
- **Matériel**
  - ❖ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes).
  - ❖ Spectrophotomètre UV/Visible.
- **Méthode**

1) Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouté dans l'ordre
2) 2 ml de réactif Nesseler et 2 ml de réactif double tartrate.
3) Après 20 minutes on fait la lecture. (couleur jaune verdâtre).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l d'ammonium. **(A.D.E-Médéa, 2019)**

4.14. Détermination des phosphates

- **Réactifs**
  - ❖ Réactif mélange.
  - ❖ Acide ascorbique.
- **Matériel**
  - ❖ Verrerie (fioles et pipettes).
  - ❖ Spectromètre UV-Visible de marque HACH (DR4000/U).
- **Méthode**

1- Introduire 40 ml d'échantillon, dans une fiole jaugée 50 ml

2- Dans un bécher on mélange 3,75 ml d'acide ascorbique et 11,25 ml de réactif mélange (a+b).

3- Compléter le volume avec l'eau distillée.

4- On met la fiole à l'étuve 80°C pendant 20 minutes. (**Figure III-14)**

- **Lecture**

Les résultats se réalisent à l'aide d'un Spectrophotomètre UV/Visible de marque HACHE.



Figure III-14: Détermination des phosphates

(Originale, 2019)

4.15. Détermination du fer

- **Réactifs**
  - ❖ Solution Hydroxylamine chlorhydrate.
  - ❖ Solution tampon acétate.
  - ❖ Solution Phénanthroline.

- **Méthode**

1) Introduire 50 ml d'échantillon dans une fiole, ajouter 1 ml de solution de Hydroxylamine chlorhydrate, et 2 ml de solution tampon acétate, 2 ml de solution Phénanthroline. (**Figure III-15)**
2) Laisser 15 min à l'obscurité.
3) Faire la lecture au spectrophotomètre à (λ = 510 nm).

- **Expression des résultats**

Faire la lecture au spectrophotomètre UV-Visible a la longueur d'onde de λ =510 nm **(A.D.E-Médéa, 2019)**



Figure III-15: Détermination du Fer.
(Originale, 2019)

4.16. Détermination des nitrites

- **Réactif**
  - ❖ Réactif mixte
- **Matériel**
  - ❖ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes …)
  - ❖ Spectrophotomètre UV -Visible permettant des mesures a une longueur d'onde de 540 nm.
- **Méthode**

1) Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2.
2) Mesurer l'absorbance de chaque étalon a la longueur d'onde (environ 540 nm). **(Figure III-16)**

3) Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprie d'eau distillée a la place de la prise d'essai.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.



Figure III-16: détermination de nitrites avec un virage de couleur vers le rose (Existence de nitrites) **(Originale, 2019)**

4.17. Détermination des nitrates

- **Réactifs**
  - ❖ Solution de Salicylate de sodium à 0.5 %
  - ❖ L'acide sulfurique concentre.
  - ❖ L'eau distillée.
  - ❖ Double tartrate de sodium et de potassium.
- **Matériel**
  - ❖ Balance analytique.
  - ❖ Capsules de 100 ml.
  - ❖ Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml
  - ❖ Poires à pipeter.
  - ❖ Etuve pour séchage.
  - ❖ Spectrophotomètre UV-Visible.
- **Méthode**

1) Introduire 10ml d'eau à analyser.
2) Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 %
3) Evaporer à sec au bain marie ou a l'étuve 75 - 88°C.

4) Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentre.
5) Laisser reposer 10 minutes.
6) Ajouter 15 ml d'eau distillée.
7) Ajouter 15 ml de double tartrate de sodium et de potassium. (**Figure III-17)**

- **Exploitation des résultats**

Faire la lecture au spectromètre UV-Visible a la longueur d'onde de 415 nm **(A.D.E-Médéa, 2019)**

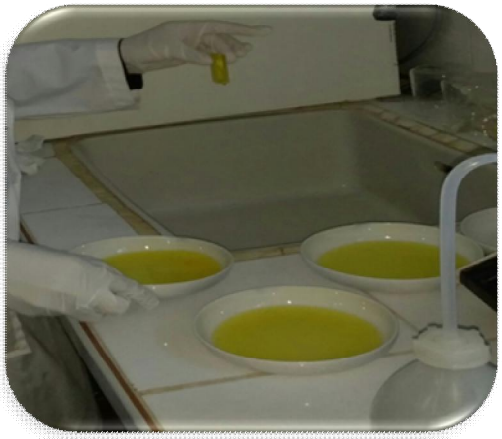


Figure IV-17: L'apparition de couleur jaune après l'ajoute de tartrate double de sodium et potassium. **(Originale, 2019)**

4.18. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

- **Matériel**
  - ❖ pH-mètre;
  - ❖ Electrode ;
  - ❖ Burette manuelle ou burette automatique ;
  - ❖ Agitateur magnétique, barreaux magnétiques ;
  - ❖ Bécher.
- **Réactifs**
  - ❖ Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N
- **Méthode**

1) Introduire 100 ml d'échantillon dans un bêcher et noter le pH.
2) Amener 100 ml d'eau à analyser au pH 4,3 en versant lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur à l'aide d'un disimat.
3) Noter le volume V_1 lu au dosimat. (**Figure III-18)**

- **Mesures et calcul du résultat**

Le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l est donné respectivement par les expressions : **TAC = (V_2*N*1000)* masse molaire des bicarbonates /V**

Avec : Masse molaire des bicarbonates = 61mg

Où :

V : est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100 ml).

V_2 : est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01 N **(ADE-Médéa, 2019)**



Figuré III-18: Détermination du TAC.

(Originale, 2019)

4.19. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

- **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8,3 et 4,3. le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) **(ADE-Médéa, 2019).**

TAC = (HCO_3^-) mg/ l = V_1*61

V_1 : est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

4.20. Détermination du Manganèse (Mn^{+2})

- **Réactif**
  - ❖ Réactif Mixte.
  - ❖ Persulfate d'ammonium (P3) : 1g pour chaque analyse dans 10 ml d'eau distillée.
- **Méthode**

1) On introduit 100 ml de notre échantillon dans une Erlenmeyer
2) On rajoute 5ml de réactif mixte + quelques graines de Potter.
3) Chauffer la solution 05 minutes.
4) On ajoute 10 ml de réactif persulfate de sodium.
5) Chauffer la solution 10 minute puis refroidir 15 minutes.
6) La lecture se fait par le spectrophotomètre. **(ADE-Médéa, 2019)**

- **Exploitation des résultats**

Faire la lecture au spectromètre UV-Visible **(ADE-Médéa, 2019).**

5. MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT ET DES ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

5.1. Prélèvements et conservation des échantillons

Il est essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre, d'une capacité de 250 ml, stérilisés au préalable.

Les échantillons sont maintenus dans une glacière à une température comprise entre 1 et 4°C dès leur prélèvement. Ils doivent être analysés le jour même.

Les étapes de prélèvement sont comme suit:

- ❖ Ouvrir le robinet et laisser couler l'eau pendant 1 ou 2 minutes (pour La source Sattara);
- ❖ Remplir environ au ¾ du volume;
- ❖ Fermer le flacon et l'identifier en marquant le point et la date du prélèvement;
- ❖ Remplir la fiche d'identification de l'échantillon d'eau;
- ❖ Mettre le flacon contenant l'échantillon dans une glacière;
- ❖ Acheminer les prélèvements au laboratoire;

5.2. Méthodes d'analyses

- **Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et streptocoques (Méthode par filtration)**
- **Milieu de culture**
  - ❖ Milieu TERGITOLE-7.
  - ❖ Milieu Slanetez.
- **Matériel**
  - ❖ Bec bunsen.
  - ❖ Boites de Pétri stérile.
  - ❖ Incubateurs à 36 ± 2°C et 44 ± 0,5°C.
  - ❖ Membranes filtrantes porosité 0,45µm, diamètre 47 mm.
  - ❖ Pinces.
  - ❖ Produit désinfectant (eau de javel).
  - ❖ Rampes de filtration avec pompe à vide**. (Figure III-19)**
- **Méthodes**

1) Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage.
2) Flamber les entonnoirs aussi.
3) Laisser refroidir jusqu'a ce que les entonnoirs soient manipulables a mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
4) Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 seconde.
5) Saisir une membrane stérile de porosité 0,45µm, ouvrir son emballage et extraire la membrane avec la pince stérilisée préalablement par flambage.
6) Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi.
7) Fixer l'entonnoir sur le support.
8) Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
9) Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
10) Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml).
11) Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet.

12) Des que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
13) Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol) en prêtant attention à ne pas piéger des bulles d'air.
14) Incubation dans l'étuve à 36 ± 2°C pendant 22 ± 2 h, le couvercle vers le bas. (pour les coliformes totaux)
15) Dans les mêmes conditions en suivant la même procédure filtrer un deuxième volume d'eau à analyser et incuber les boites à 42 ± 2°C pendant 22 ± 2 h (pour les coliformes fécaux)
16) Pour les streptocoques on suit la même procédure avec un milieu sélectif de Slanetez, et l'incubation des boites se fait à 37 °C pendant 48 h (les colonies roses à marrons avec un diamètre de 0,5 à 2 mm seraient celles des streptocoques).

- **Lecture**

Examiner les membranes avec le compteur de colonie et considérer comme positives toutes les colonies petites lisses à légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positive). (**Figure III-20) (ADE-Médéa, 2019)**



Figure III-19: Rampes de filtration.
(Originale, 2019)



Figure III-20: Résultats de dénombrement des coliformes et streptocoques.
(Originale, 2019)

CHAPITRE IV: RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

1. RÉSULTATS DES PARAMÈTRES ORGANOLEPTIQUES:

Tableau IV-1: Résultats des analyses organoleptiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019)

Stations / Paramètres Organoleptiques	SET	BES	ACH
Coloration	Transparent	Transparent	Transparent
Odeur	Aucune odeur	Aucune odeur	Aucune odeur
Saveur (goût)	Parfois un goût de terre	Parfois un goût de terre	Parfois un goût de terre

1.1. La couleur

D'après le tableau IV-1, on observe que l'eau de source prélevée aux différentes stations est toujours claire (transparente) ceci est due au faible teneur des substances qui en suspension ajoutent leur propre coloration. Au fait, la couleur de l'eau est généralement due à la présence de matières organiques colorées (substances humiques), de métaux ou de rejets industriels. **(Potelon et Zysman, 1998)**

1.2. L'odeur

Selon le tableau IV-1, il se montre que l'eau de source analysée est inodore, ce qui indique probablement l'absence des produits chimiques. Dans la bibliographie, l'odeur a généralement pour origine principale la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz. **(Potelon et Zysman, 1998)**

1.3. La saveur

L'eau de source analysée (Tab. IV-1) n'a aucun gout désagréable mais parfois on déguste un goût de terre. Selon **Rodier et al. (2019),** la minéralisation de l'eau suivant qu'elle est faible ou importante introduit un goût plus ou moins accentué. Une eau potable de bonne qualité doit avoir une saveur faible et agréable. Pour que l'eau soit considérée comme n'ayant pas de goût particulier, certains sels tels que le chlorure de calcium, l'hydrogénocarbonate de sodium, doivent être présents à une concentration voisine de celle de la salive.

2. EVOLUTION SPATIALE DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES:

Tableau IV-2: Résultats des analyses physicochimiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019)

Paramètres \ Stations		SET	BES	ACH	Normes[1] algériennes
Turbidité (NTU)	Max	0,655	0,257	0,236	5
	Moy	0,242	0,3495	0,2651	
	Min	0,131	0,179	0,105	
	ET	0,203795	0,2827	0,25329	
Température (°C)	Max	18,3	18,5	18,3	25
	Moy	14,67	14,62	14,70	
	Min	8,3	8	8,1	
	ET	4,961	4,98	4,75	
Conductivité électrique (µS/cm)	Max	1183	724	907	2800
	Moy	995,33	650,33	898,167	
	Min	936	531	761	
	ET	93,10	64,58	69,64	
Salinité (mg /L)	Max	0,7	0,3	0,3	/
	Moy	0,35	0,1833	0,3	
	Min	0,3	0,1	0,3	
	ET	0,1760	0,098	0	
pH	Max	7,89	7,84	7,93	6.5-9
	Moy	7,3733	7,41	7,48	
	Min	6,88	7,13	6,97	
	ET	0,4119	0,3475054	0,4398772	
TDS (mg/L)	Max	1478	694	935	/
	Moy	1014	674,66	927,33	
	Min	795	661	913	
	ET	237,4497	26,409	8,54	
MO (mg/L en O_2)	Max	2,9	2,8	3,1	5
	Moy	1,45	1,55	1,7	
	Min	0,2	0,6	0,9	
	ET	1,04450	0,7791	0,869	
RS (mg/L)	Max	1122	453	677	1500
	Moy	714,166	505,5	720	
	Min	352	408	500	
	ET	247,97	147,863	79,560	
TH (mg/L)	Max	70	41	48	200
	Moy	49	37	43,333	
	Min	36	33	38	
	ET	11,93	3,405	4,27	
Calcium (mg/L)	Max	220,44	128,26	164,33	200
	Moy	157,645	113,561	138,94	
	Min	116,232	96,19	104,2	
	ET	41,23	10,95	23,60	

[1] Journal officiel de la République Algérienne n° 18 du 18 Rabie Ethani 1432 - 23 mars 2011.

Magnésium (mg/L)	Max	36,45	29,16	33,4	150
	Moy	23,421	21,001	20.975	
	Min	12,15	11,8	4,86	
	ET	10,438	7,403	9,991	
Sodium (mg/L)	Max	96	27	57	200
	Moy	62	23,5	47,66	
	Min	42	21	34	
	ET	18,84	2,25	7,65	
Potassium (mg/L)	Max	5,5	2,8	4,6	12
	Moy	3,116	2,35	3,8	
	Min	2,2	1,8	3,2	
	ET	1,202	0,432	0,5215	
Chlorures (mg/L)	Max	322,632	106,5	170,4	500
	Moy	172,57	58,69	100,9	
	Min	93,72	45,44	80	
	ET	86,15	23,61	34,33	
Sulfates (mg/L)	Max	773,4	273,7	388,05	400
	Moy	243.673	141,618	163,5	
	Min	35,06	12,21	22,3	
	ET	267,182	94,484	126,647	
Ammonium (mg /L)	Max	0	0	0	0.5
	Moy	0	0	0	
	Min	0	0	0	
	ET	0	0	0	
Phosphates (mg/L)	Max	0	0	0	5
	Moy	0	0	0	
	Min	0	0	0	
	ET	0	0	0	
Fer (mg/L)	Max	0,049	0,007	0,0247	0.3
	Moy	0,0131	0,0063	0,0058	
	Min	0	0	0	
	ET	0,021	0,0109	0,01013	
Nitrites (mg/L)	Max	0	0	0,02	0.2
	Moy	0	0	0,003	
	Min	0	0	0	
	ET	0	0	0,00816	
Nitrates (mg/L)	Max	39,96	39,96	40,12	50
	Moy	33,28	35,445	38,78	
	Min	33,7	32,49	33,98	
	ET	7,63	3,10	2,37	
TAC	Max	307	278	267,5	/
	Moy	227,91	220,66	242,58	
	Min	194	180	228	
	ET	47,57	35,94	14,34	
HCO_3^-	Max	374,54	339,16	326,35	/
	Moy	278,085	270,128	294,95	
	Min	234,85	219,6	272,16	
	ET	58,046	44,46	18,83	
Manganèse (µg /L)	Max	0,0807	0,524	0,1016	50
	Moy	0,01345	0,0984	0,0241	
	Min	0	0	0	
	ET	0,00329	0,20983	0,0416	

2.1. La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Dans les eaux, elle est causée par la présence de matières en suspension (MES). Les eaux souterraines ont une turbidité faible à cause de la filtration du sol. **(Rejsek, 2002)**

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-1 on constate que la valeur moyenne de la turbidité présente un minimum pour la station SET (0,242 NTU) suivi par une valeur proche pour la station ACH (0,265 NTU) alors que la valeur moyenne maximale est enregistrée pour la station BES (0,349 NTU). Ces valeurs restent inférieures aux normes algériennes (5 NTU).

2.2. La température

Selon le tableau IV-2 et la figure IV-2, on constate que les températures moyennes des eaux au niveau des trois stations sont peu variables entre elles. Elles se situent entre une moyenne de 14,62°C pour la station BES et 14,70 °C pour la station ACH. Ces sources présentent presque la même température puisque qu'elles sont proches et subissent les mêmes conditions climatiques. Ces valeurs peuvent être aussi dues à la nature des eaux souterraines et l'absence du contact air-eau. La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau de l'eau par rapport à la surface du sol. **(Mehdi. et al., 2007)**. Les températures enregistres pour nos eaux restent inférieures à la norme algérienne fixée à 25°C.

2.3. La conductivité électrique

Au vu de nos résultats (Tab. IV-2 et Fig. IV-3) ces derniers montrent que la conductivité moyenne des trois stations se situe entre une valeur maximale (995,33 µS/cm) au niveau de la station SET et une valeur moyenne minimale (650,33 µS/cm) au niveau de la station BES. Ces valeurs sont probablement dues à l'influence de la température sur les ions composés de l'eau. La conductivité d'un liquide dépend largement de la température. Cette dernière joue un rôle dans la solubilité des sels et dans la dissociation des sels dissous. **(Rodier et al., 2009).** Par ailleurs, ces résultats sont inférieurs aux normes algériennes qui fixent la conductivité électrique d'une eau potable à 2800 µS/cm.

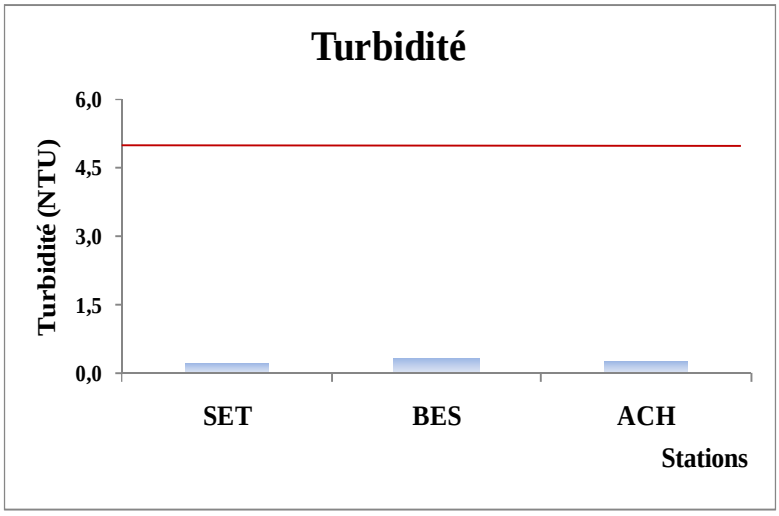


Figure IV-1: Variation spatiale des valeurs moyennes de la turbidité au niveau des trois stations d'étude

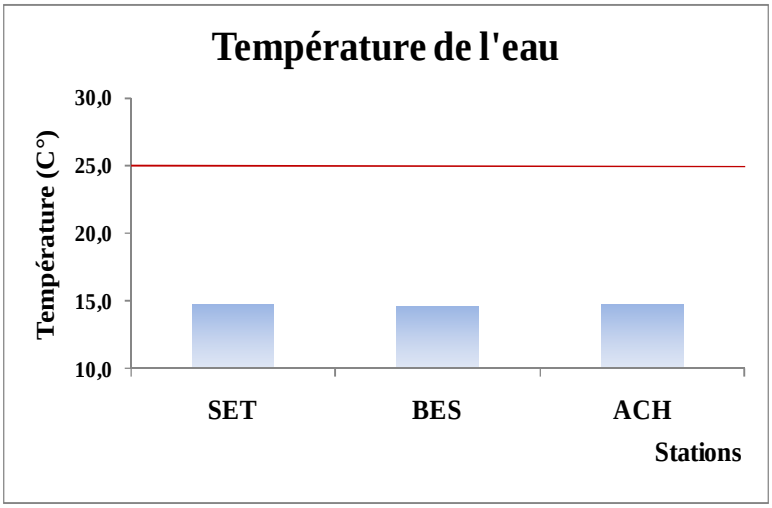


Figure IV-2: Variation spatiale des températures moyennes de l'eau au niveau des trois stations d'étude

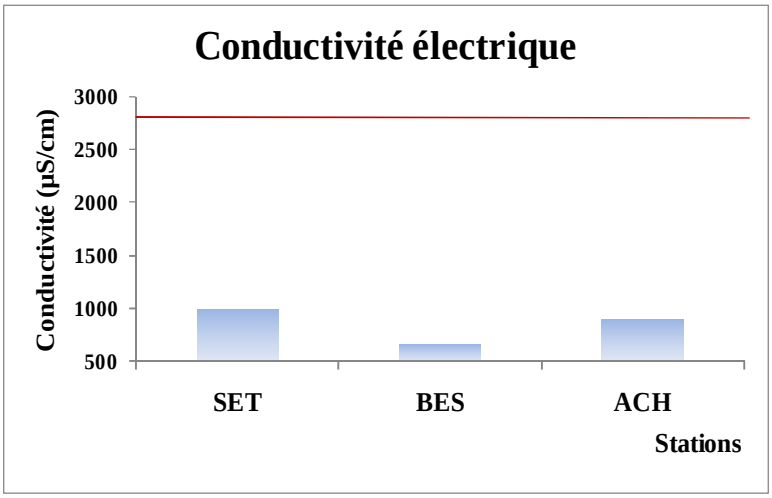


Figure IV-3: Variation spatiale des conductivités électriques moyennes de l'eau au niveau des trois stations d'étude

2.4. La salinité

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-4 on peut noter qu'au niveau des stations SET et ACH les concentrations des sels sont presque les mêmes respectivement 0,35 et 0,3 mg/l alors que pour la station BES, la valeur moyenne de la salinité (0,18 mg/l) reste au dessous des valeurs précédemment motionnées.

Théoriquement, la salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans l'eau. La forte concentration en sels dissous confère à l'eau une forte conductivité. **(Rodier et al., 2009)**. D'autre part, il se voit qu'il n'y a pas de valeur pour la norme algérienne concernant la salinité.

2.5. Le pH

Les résultats obtenus (Tab. IV-2 et figure IV-5) montrent que les valeurs de pH des trois stations sont rapprochées avec une valeur minimale notée au niveau de la station SET (7,37) et une valeur maximale enregistrée au niveau de la station ACH (7,48).

D'après **Rodier et al. (2009)**, le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH voisin de 7. Cependant, les valeurs de pH de nos échantillons restent toujours au dessous des normes algériennes qui fixent la valeur de pH entre 6,5-9 pour des eaux potables.

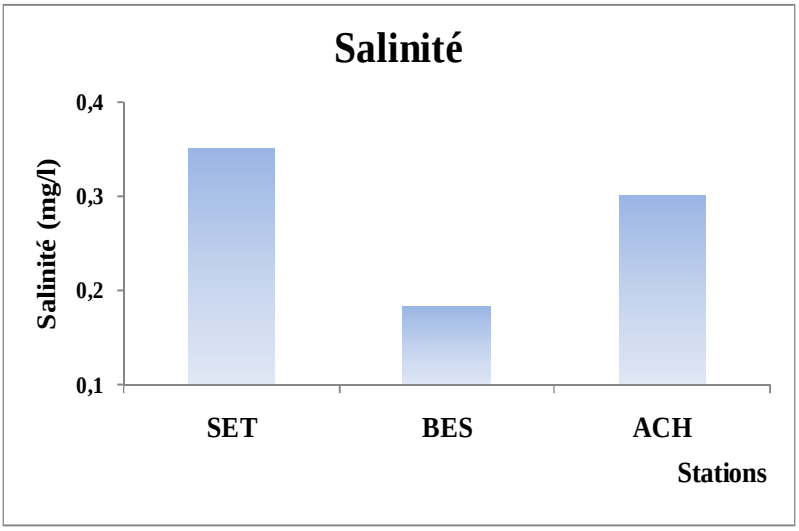


Figure IV-4: Variation spatiale des valeurs moyennes de la salinité au niveau des trois stations d'étude.

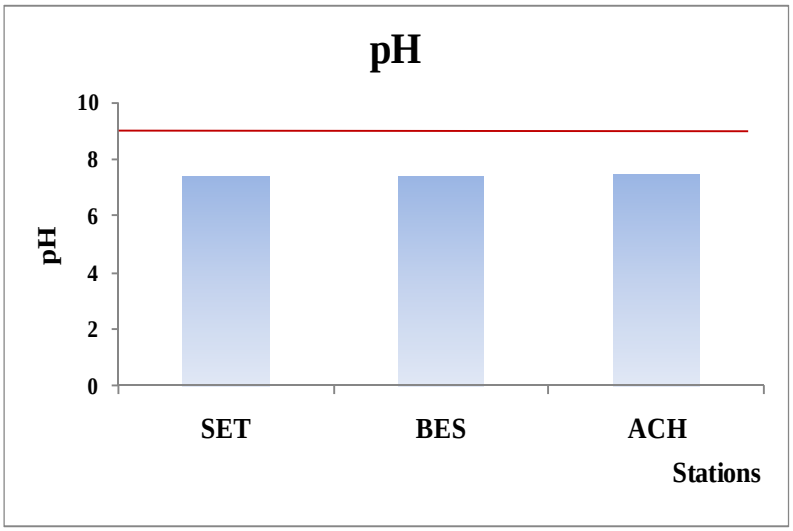


Figure IV-5: Variation spatiale des pH moyens de l'eau au niveau des trois stations d'étude.

2.6. TDS

Les matières solides totales dissoutes (TDS) comprennent des sels inorganiques (calcium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonates, chlorures et sulfates) et de petites quantités de matières organiques dissoutes dans l'eau. Les TDS présents dans l'eau de boisson proviennent de sources naturelles, d'eaux d'égouts, de ruissellements urbains et d'eaux usées industrielles. Les concentrations de TDS dans l'eau varient considérablement selon les régions géologiques en raison des différences de solubilité des minéraux. **(O.M.S, 2004)**

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-6 on remarque clairement que la source SET est la plus concentrée en sels minéraux (1014 mg/l) et que la source BES est la moins concentrée en TDS (674.66 mg/l). La source ACH, quant à elle, enregistre une valeur moyenne (927,33 mg/l) qui est relativement proche de celle de SET. Pour la norme algérienne aucune valeur n'est attribuée pour ce paramètre.

2.7. La matière organique

D'après l'observation du tableau IV-2 et de la Figure IV-7 on remarque qu'il y a une différence légère entre les trois stations où la valeur moyenne maximale se trouve au niveau de la station ACH (1,7 mg/l en O_2) alors que la valeur moyenne minimale se trouve au niveau de la station SET (1,45 mg/l en O_2). Ces valeurs moyennes obtenues de la matière organique oxydable restent conformes par rapport aux NA qui donnent une valeur de 5 mg/l en O_2 pour une eau potable. Une teneur élevée en matières organiques devra toujours faire suspecter une contamination microbienne. Les eaux de surface ont des oxydabilités qui oscillent le plus souvent entre 3 et 8 mg/L O2. Les eaux souterraines de bonne qualité ont généralement une oxydabilité inférieure à 1 mg/L O2. (**Rodier et al., 2009)**

2.8. Les résidus secs

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau**.** Une eau dont la teneur en résidus secs est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût insipide **(Naimi et Allaoua, 2017)**

L'évolution spatiale des valeurs moyennes des résidus secs **(**Tab**.** IV-2 et Fig. IV-8**)** montre que la station BES présente la valeur moyenne la plus faible (505,5 mg/l) par rapport aux autres stations qui ont presque la même valeur moyenne qui se situent respectivement à 720 mg/l et 714,16 mg/l pour la station ACH et la station SET. Ces valeurs restent conformes à la NA qui donnent une limite de 1500 mg/l.

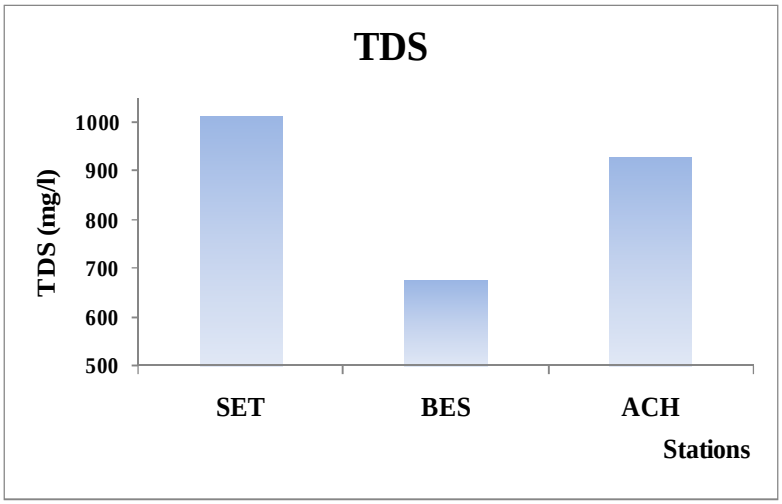


Figure IV-6 : Variation spatiale des valeurs moyennes de TDS au niveau des trois stations d'étude.

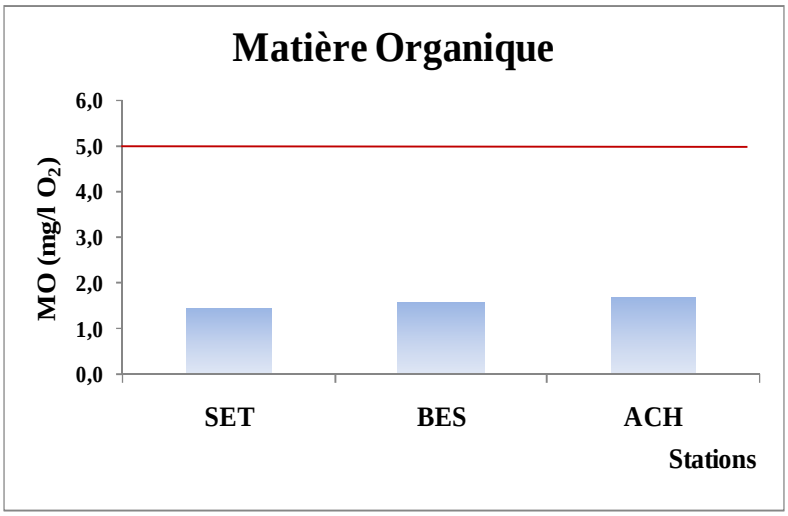


Figure IV-7: Variation spatiale des valeurs moyennes de la matière organique de l'eau au niveau des trois stations d'étude.

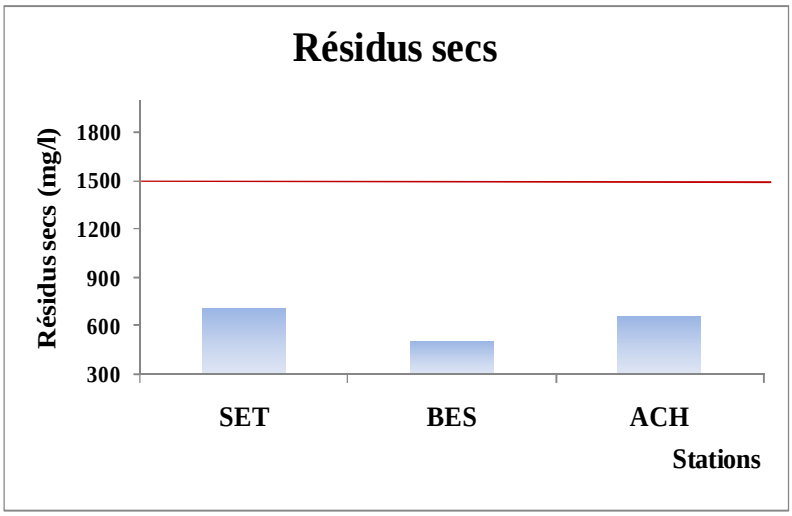


Figure IV-8: Variation spatiale des valeurs moyennes des résidus secs de l'eau au niveau des trois stations d'étude.

2.9. Le Titre Hydrotimétrique (TH)

Le Titre Hydrotimétrique (TH) correspond à la présence de sels de calcium et de magnésium. L'eau est donc liée à la nature des terrains traversés. Un sol crayeux ou calcaire donne une eau «dure» alors qu'un sol granitique ou sablonneux donne une eau «douce». **(Graindorge et Landot, 2014)**

Les données acquises (Tab. IV-2 et Fig. IV- 9) montrent que la valeur moyenne maximale (49 mg/l) est enregistrée au niveau de la station SET suivie par la valeur moyenne enregistrée (43,333 mg/l) au niveau de la station ACH. Cependant, la valeur moyenne minimale (37 mg/l) est celle enregistrée au niveau de la station BES. Ces résultats restent nettement inférieurs à la limite admissible du TH fixée par les normes algériennes à 200 mg/l pour des eaux potables.

2.10. Le calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est un composant majeur de la dureté de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/L de calcium. En dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg/L de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières **(Rodier et al., 2009)**

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-10, il s'avère que la station SET enregistre la plus grande valeur (157,645 mg/l) suivi par la station ACH (138,94 mg/l), la station BES, elle se caractérise par la plus faible valeur en calcium (113,561mg/l) par rapport aux autres stations précédemment citées. Au fait, ces valeurs répondent aux normes algériennes fixées à 200 mg/l pour cet élément.

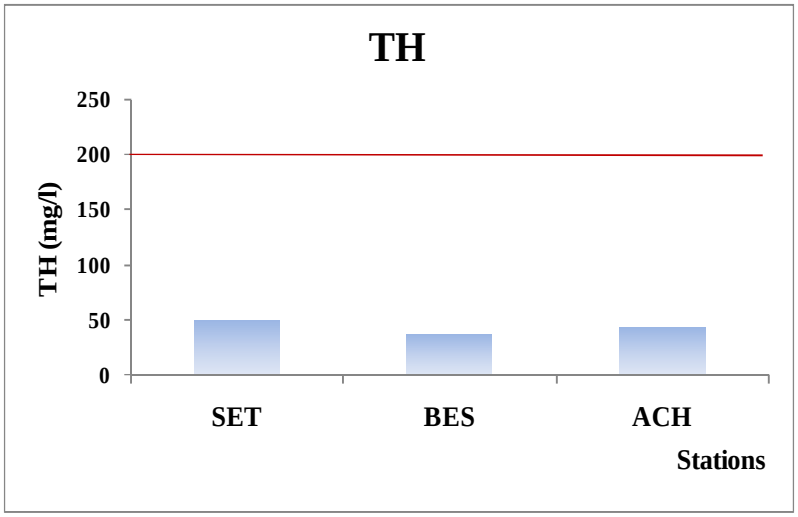


Figure IV-9 : Variation spatiale des valeurs moyennes de TH au niveau des trois stations d'étude.

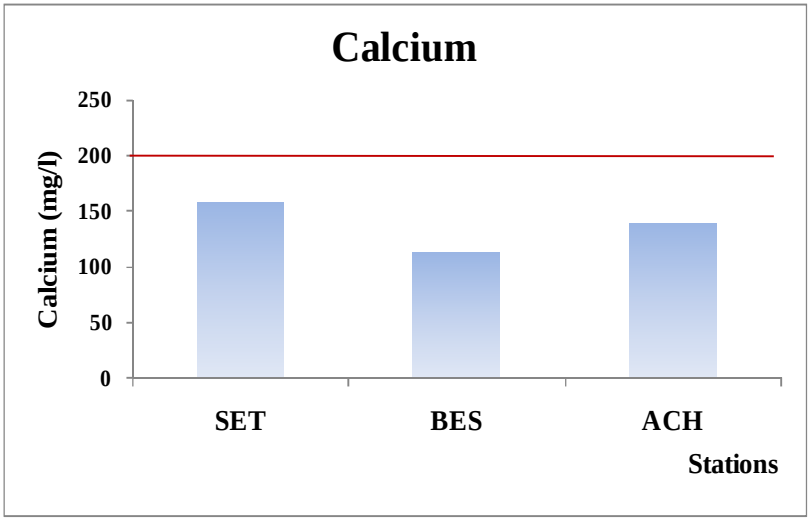


Figure IV-10 : Variation spatiale des valeurs moyennes de calcium au niveau des trois stations d'étude.

2.11. Le magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogénocarbonates. À partir d'une concentration de 100 mg/L et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. **(Rodier et al., 2009)**

A partir du tableau IV-2 et de la figure IV-11, on peut remarquer que la valeur moyenne de magnésium est comprise entre 20,975 mg/l (la station ACH) et 23,42 mg/l (la station SET). Les normes algériennes fixent la valeur de magnésium à 150 mg/l, et les résultats obtenus sont largement éloignées de ces normes.

2.12. Le sodium

Le sodium est un métal alcalin. Son origine peut être naturelle (mer, terrain salé....); humaine (10 à 15g NaCl dans les urines/jour) ou industrielle (potasse, industrie pétrolière,….). Les eaux très riches en Sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées. **(Naimi & Allaoua, 2017)**

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-12 la station SET enregistre la plus grande concentration moyenne en sodium (62 mg/l) celle-ci est suivie par la station ACH (47,66 mg/l) puis la station BES qui se caractérise par la plus faible concentration moyenne en sodium (23,5 mg/l). Toutes les eaux restent au dessous des normes algériennes fixées pour cet élément à 200mg/l.

2.13. Le potassium

C'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 **(Naimi et Allaoua, 2017)**

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-13 les concentrations observées au niveau de tous les points de prélèvement montrent des teneurs inférieures aux normes algériennes (12 mg/l), mais on constate que les valeurs moyennes sont relativement proches, celles-ci se situent entre 3,8 mg/l et 3,116 mg/l respectivement notées pour la station ACH et la station SET alors que la station BES présente une valeur moyenne moins élevée estimée à 2,35 mg/l.

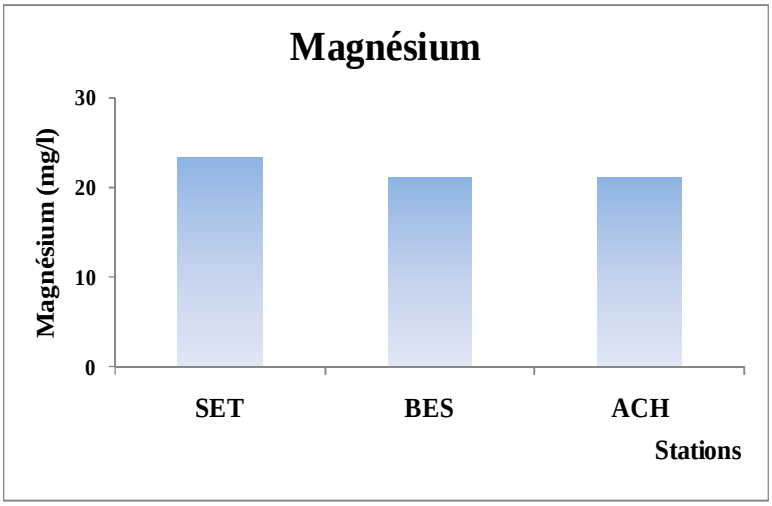


Figure IV-11 : Variation spatiale des valeurs moyennes de magnésium au niveau des trois stations d'étude.

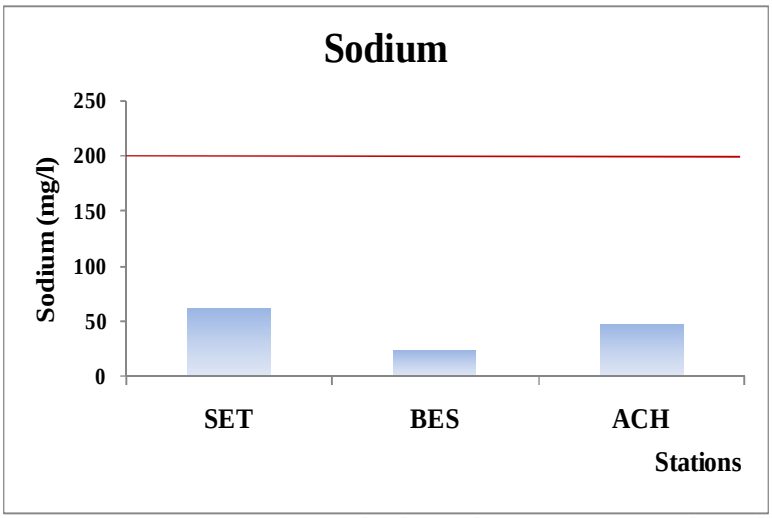


Figure IV-12 : Variation spatiale des valeurs moyennes de sodium au niveau des trois stations d'étude.

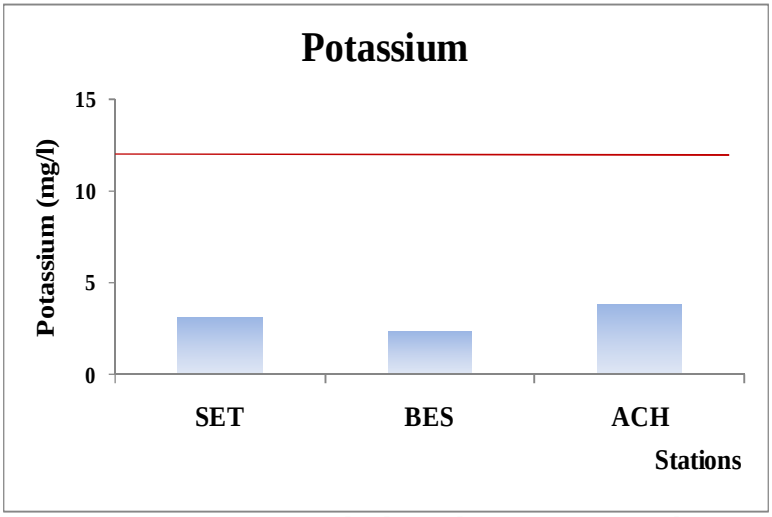


Figure IV-13 : Variation spatiale des valeurs moyennes de potassium au niveau des trois stations d'étude.

2.14. Les chlorures

Selon le tableau IV-2 et la figure IV-14, on note la présence des chlorures dans toutes les stations de prélèvement avec des teneurs moyennes fluctuantes entre (172,57 mg/l) dans la station SET et (100,9 mg/l) dans la station ACH. La teneur la moins élevée (58,69 mg/l) est celle enregistrée au niveau de la station BES. Ces teneurs restent conformes aux NA qui fixent une valeur maximale admissible à 500 mg/l pour les chlorures.

Dans la bibliographie, le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/L, ils sont aussi susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs. **(Rodier et al., 2009)**

2.15. Les sulfates

Les ions de sulfates sont des composés naturels des eaux liés aux cations majeurs : calcium, potassium et sodium généralement les ions des sulfates pourraient provenir de la dissolution du gypse ($CaSO_4$, $2H_2O$) **(Rodier et al., 2009)**

Les résultats obtenus (Tab. IV-2 Fig. IV-15) montrent que les concentrations moyennes de sulfates des eaux présentent des valeurs faibles de l'ordre de 141,61 et 163,5 mg/L respectivement pour les stations BES et ACH par contre la concentration moyenne en sulfates est plus élevées de l'ordre 243,67 pour la station SET. Ces valeurs moyennes obtenues restent au dessous des normes algériennes limitées à 400 mg/l pour cet élément.

2.16. L'ammonium

D'après le tableau IV-2 et la figure IV-16 ces derniers montrent que l'ammonium est absent au niveau de nos eaux prélevées aux différentes stations. Par conséquent, ces eaux restent inférieures à la valeur de la norme algérienne pour les eaux potables fixée à 0,5 mg/l.

Dans la bibliographie, la concentration de l'ammonium est généralement faible dans l'eau souterraine puisque cet élément s'absorbe sur les particules du sol et sur l'argile. La présence d'ammonium indique généralement une pollution d'origine organique. **(Diam, 2007)**

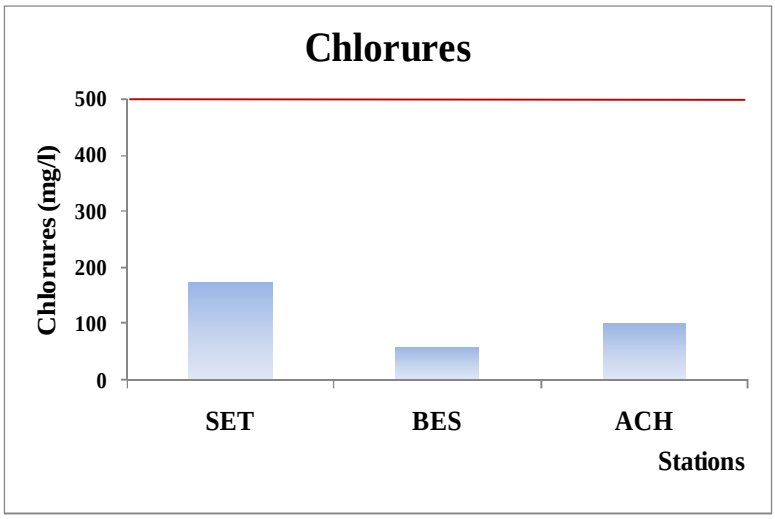


Figure IV-14: Variation spatiale des valeurs moyennes des chlorures au niveau des trois stations d'étude.

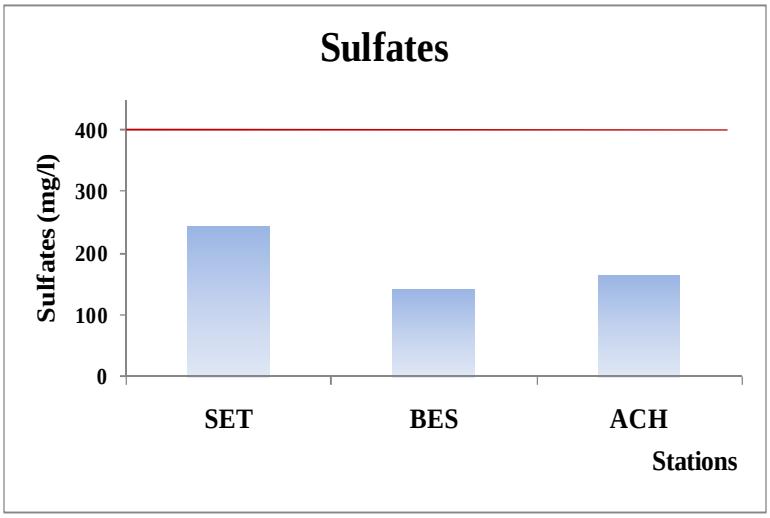


Figure IV-15: Variation spatiale des valeurs moyennes de sulfates au niveau des trois stations d'étude.

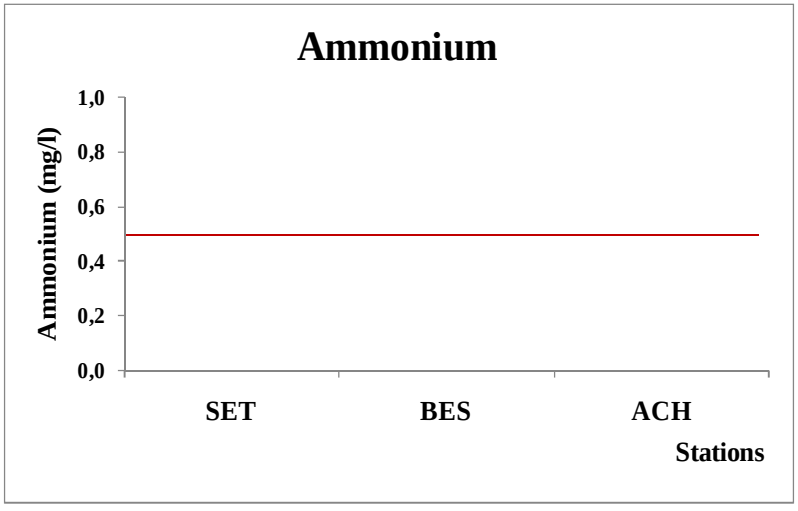


Figure IV-16: Variation spatiale des valeurs moyennes de l'ammonium au niveau des trois stations d'étude.

2.17. Les phosphates

Les résultats des analyses des phosphates sont représentés sur le tableau IV-2 la figure IV-17 et d'après ces résultats on peut constater l'absence des phosphates pour les eaux des trois stations et de ce fait, les sources restent dans les normes algériennes 5mg/l pour cet élément. Selon **Naimi & Allaoua, 2017** si les eaux dépassent les normes, ceux-ci est considéré comme indice de contamination fécale entrainant une prolifération des germes, goût et coloration.

2.18. Le fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. **(Rodier et al., 2009)**

En observant les concentrations moyennes obtenues de l'analyse du fer dans nos différentes eaux (Tab. IV-2 et Fig. IV-18) celles-ci montrent des valeurs plus ou moins rapprochées pour les stations ACH (0.0058 mg/l) et BES (0.0063 mg/l) alors que la valeur moyenne maximale est enregistrée au niveau de la station SET (0,0131 mg/l). Ces concentrations moyennes en fer sont faibles une fois comparées aux normes algériennes réservées pour des eaux potables (0,3 mg/l).

A cet effet, la présence du fer dans les eaux naturelles peut être attribuée à la dissolution de roches et des minéraux, aux drainages des mines acides. Dans l'eau, les sels ferreux sont instables et précipitent sous forme d'hydroxyde ferrique insoluble qui forme un limon de couleur rouille, souvent désagréable au goût. **(Kemoukh, 2007)**

2.19. Les nitrites

Les concentrations moyennes des nitrites (Tab. IV-2 Fig. IV-19) mesurées au niveau des trois stations, montrent une seule valeur moyenne enregistrée au niveau de la station ACH (0,003mg/l). Cette valeur reste inférieure aux normes algériennes (0,2 mg/l).

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. **(Rodier et al., 2009)**. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. (**Rejsek, 2002)**

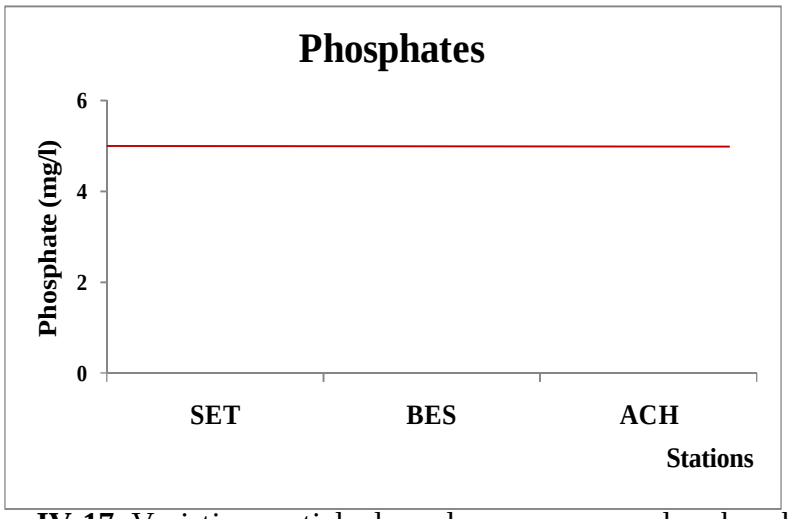


Figure IV-17: Variation spatiale des valeurs moyennes des phosphates au niveau des trois stations d'étude.

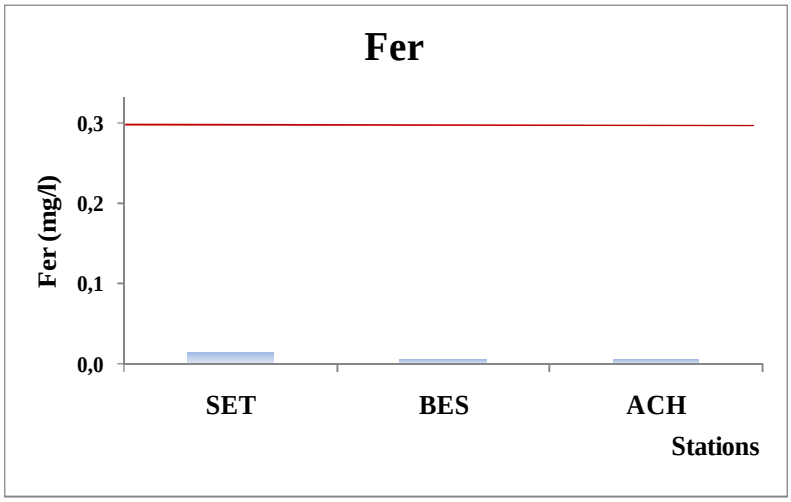


Figure IV-18 : Variation spatiale des valeurs moyennes de fer au niveau des trois stations d'étude.

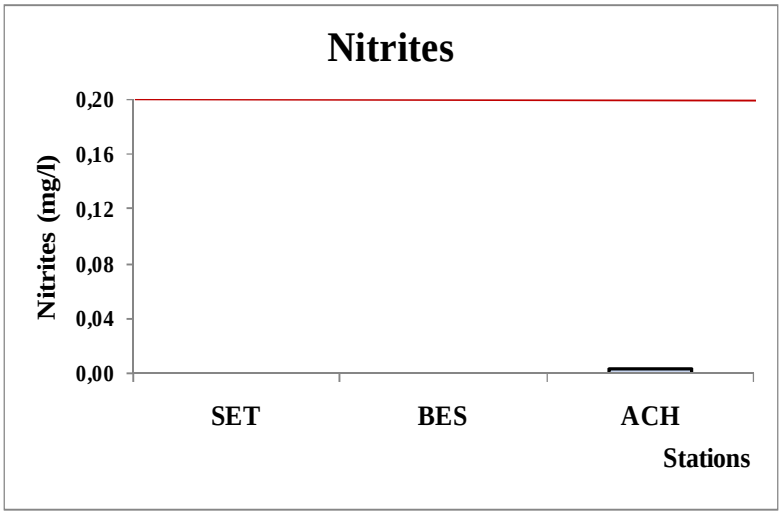


Figure IV-19 : Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrites au niveau des trois stations d'étude.

2.20. Les nitrates

Le nitrate étant un sel très soluble dans l'eau, qui est directement assimilable par les plantes. A cause de sa bonne solubilité, le nitrate est facilement éliminé du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère (en hiver). **(Bliefert. et Perraud. 2001).** Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique ($N_{inorganique}$) ou minéral. **(Rodier et al., 2009)**

Les valeurs de la concentration moyenne des nitrates (Tab. IV-2 et Fig. IV- 20) varient entre une valeur maximale de 38,78 mg/l pour la station ACH et une valeur minimale de 33,28 mg/l pour la station SET. Les concentrations des nitrates ne dépassent pas les normes algériennes limitées pour les nitrates à 50mg/l et peuvent être probablement liés à l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. **(Rejsek, 2002).**

2.21. TAC

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. **(Naimi & Allaoua, 2017)**

A partir du tableau IV-2 et la figure IV-21, les concentrations observées montrent des teneurs inférieures aux normes de l'O.M.S. La valeur moyenne au niveau de la station ACH (242.58 mg/l) est la plus élevée par rapport à celles obtenues pour les stations SET (227,91 mg/l) et BES (220,66 mg/l).

2.22. Les bicarbonates

D'après les résultats présentés (Tab. IV-2, Fig. VI-22) les valeurs moyennes de bicarbonates sont différentes mais peu éloignées pour cet élément. Toutefois, les valeurs moyennes varient entre une valeur de 294.95 mg/l pour la station ACH et une valeur de 270,128 mg/l pour la station BES. La valeur de la station de SET est proche de cette dernière et elle est de 278,08 mg/l. Ces valeurs respectent, en fait, les normes qui sont fixées à 400 mg/l comme valeur maximale admissible pour les bicarbonates dans les eaux potables.

D'après **Rodier et al., 2009,** aux pH des eaux naturelles (7-8) les carbonates sont généralement sous formes de HCO3- (ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate)

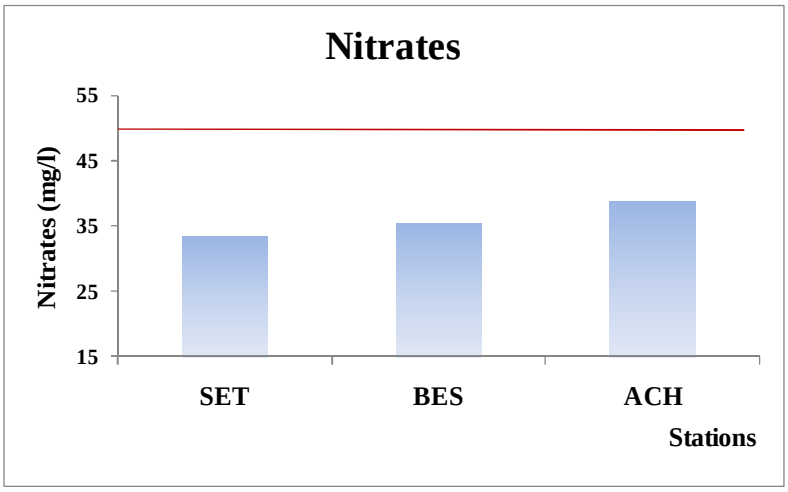


Figure IV-20: Variation spatiale des valeurs moyennes des nitrates au niveau des trois stations d'étude.

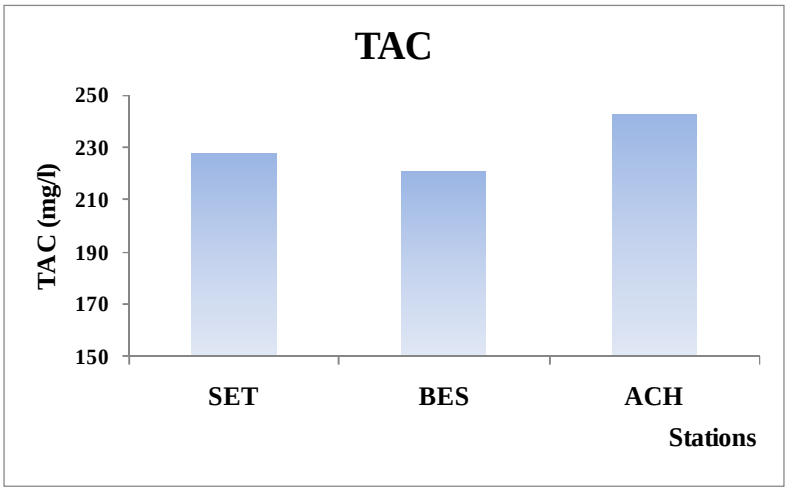


Figure IV-21 : Variation spatiale des valeurs moyennes de TAC au niveau des trois stations d'étude.

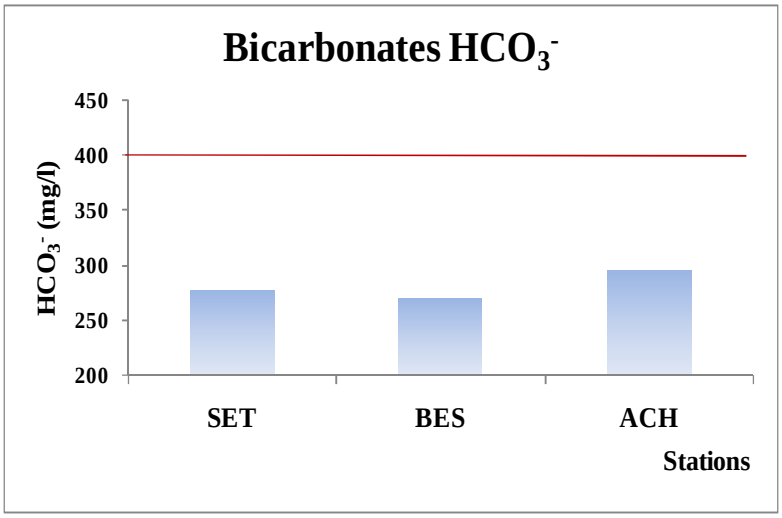


Figure IV-22 : Variation spatiale des valeurs moyennes des bicarbonates au niveau des trois stations d'étude.

2.23. Le manganèse

Le manganèse est très répandu dans la nature. Sa solubilité dans l'eau dépend du plusieurs paramètres comme le pH. Au point de vue gustatif, le manganèse peut donner un goût désagréable à l'eau**. (Rodier et al., 2009)**

Les teneurs en manganèse obtenues lors de cette étude oscillent entre 0,0984 µg/l pour la station BES et 0,0134 µg/l pour la station SET (Tab. IV-2 et Fig. VI-23). La troisième station ACH se situe entre eux avec une valeur de 0,0241 µg/l. Ces valeurs moyennes de ce paramètre sont conformes aux NA (50 µg/l).

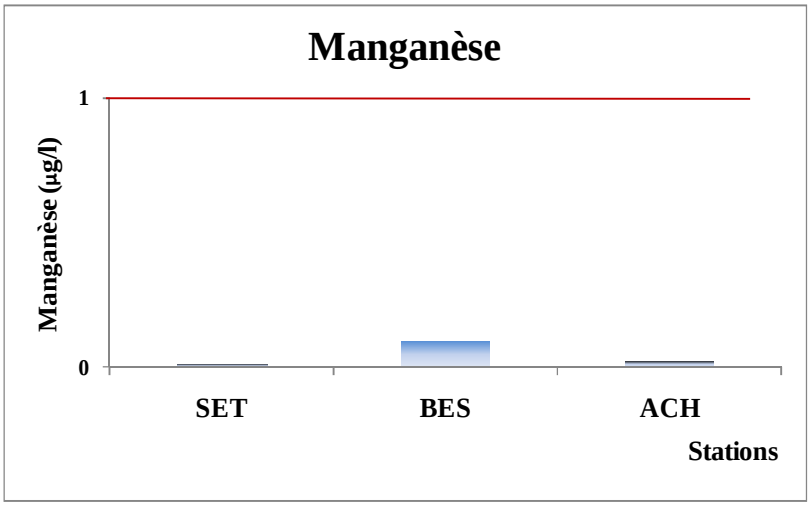


Figure IV-23: Variation spatiale des valeurs moyennes de manganèse au niveau des trois stations d'étude.

3. EVOLUTION SPATIALE DES PARAMÈTRES BACTÉRIOLOGIQUES:

Tableau IV-3: Résultats des analyses bactériologiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019)

Stations / Paramètres bactériologiques		SET	BES	ACH	Normes algériennes
Coliformes totaux colonies/boite	Max	**450**	**450**	**230**	**20 colonies/boite**
	Moy	**129**	**157**	**83**	
	Min	**0**	**0**	**0**	
	ET	**191,21**	**227 ,33**	**90,31**	
Coliformes fécaux colonies/boite	Max	**0**	**24**	**0**	**Absence**
	Moy	**0**	**4**	**0**	
	Min	**0**	**0**	**0**	
	ET	**0**	**9,79**	**0**	
Streptocoques fécaux colonies/boite	Max	**0**	**0**	**0**	**Absence**
	Moy	**0**	**0**	**0**	
	Min	**0**	**0**	**0**	
	ET	**0**	**0**	**0**	

3.1. Les coliformes totaux

Les analyses de l'eau des sources montrent une présence des coliformes totaux dans toutes les eaux de nos stations étudiées. Les valeurs moyennes trouvées sont très élevées. Le maximum enregistré est de 157 colonies/boite rencontrés dans la station BES suivi par une valeur de 129 colonies/boite dans la station SET. La station ACH présente la valeur minimale de ces germes (84 colonies/boite). Cependant, la réglementation algérienne indique une valeur de 20 colonies/boite à 37°C pendant 24h. Au cours de notre étude, tous les résultats dépassent largement les NA retenues pour des eaux potables. (Tab. IV-3 et Fig. IV-24)

La présence des coliformes totaux dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécales. **(Ayad, 2017)**

3.2. Les coliformes fécaux

Les résultats obtenus du tableau IV-3 et de la figure IV-25 montrent que l'eau des sources SET et ACH ne contient pas de coliformes fécaux. Par contre, l'eau de la source BES, elle présente une valeur moyenne de 4 colonies/boite.

La présence des coliformes fécaux, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. **(Ayad, 2017)**

3.3. Les streptocoques fécaux

Selon le tableau IV-3 et la figure IV-26 nos eaux de sources montrent l'absence totale de ces bactéries lors des analyses effectuées. La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des streptocoques fécaux dans l'eau.

La détection de ces bactéries dans l'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes. La présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation. **(Ayad, 2017)**

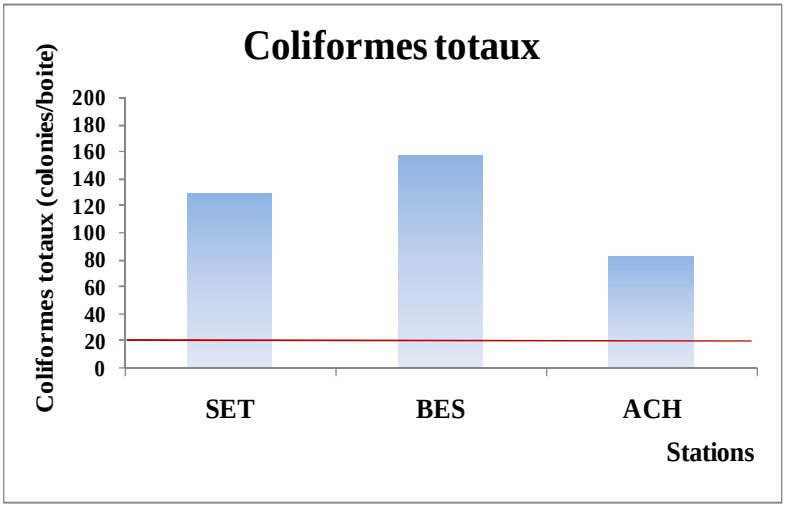


Figure IV-24 : Variation spatiale des valeurs moyennes des coliformes totaux au niveau des trois stations d'étude.

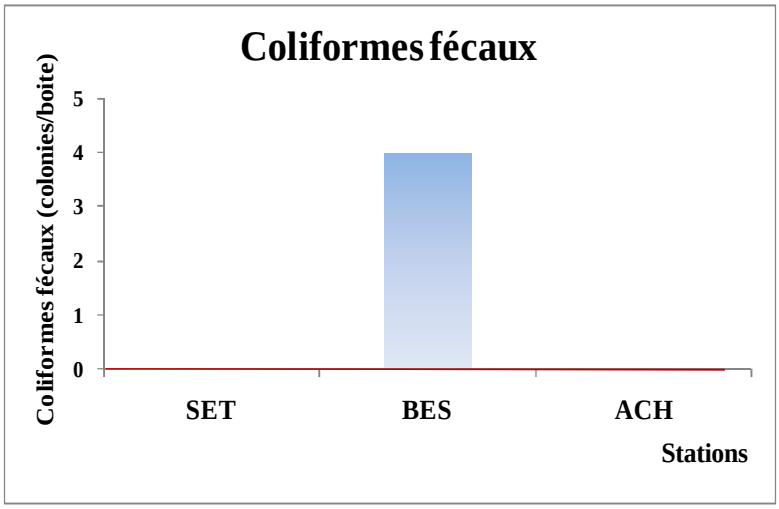


Figure IV-25 : Variation spatiale des valeurs moyennes des coliformes fécaux au niveau des trois stations d'étude.

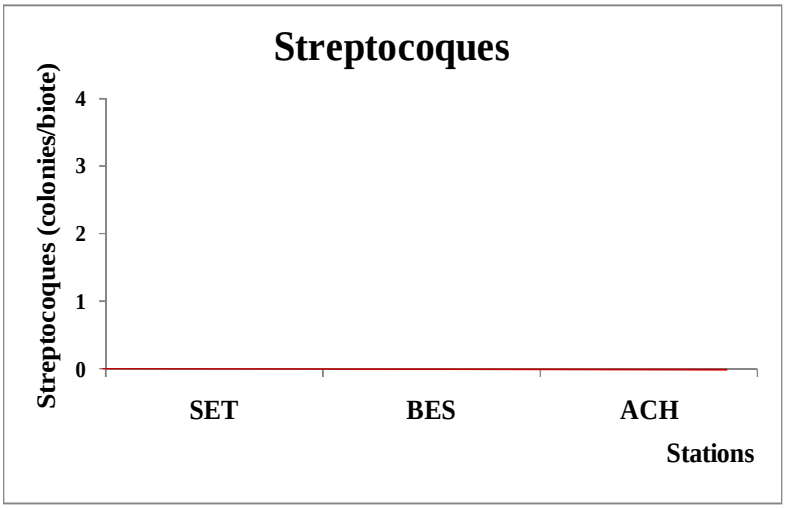


Figure IV-26: Variation spatiale des valeurs moyennes streptocoques au niveau des trois stations d'étude.

4. EVOLUTION TEMPORELLE DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES :

4.1. La turbidité

D'après la figure IV-27 on remarque que l'évolution temporelle de la turbidité au niveau des eaux prélevées aux différentes stations est variable pour l'ensemble de ces eaux bien que les valeurs obtenues restent inférieures à la norme algérienne en vigueur limitée à 5NTU.

D'autre part, on constate que l'évolution de la turbidité au niveau de BES et ACH est similaire où les valeurs maximales (0,918 et 0,774 respectivement) sont obtenues le 13 mai alors que les valeurs minimales (0,192 et 0,105 respectivement) sont obtenues le 02 mai. La valeur de la turbidité pour SET est comprise entre 0,131 NTU (02 mai) et 0,655 NTU (16 avril).

4.2. La température

L'évolution de la température de l'eau au niveau des trois sources est identique (Fig. IV- 28)**.** L'évolution au cours du temps de la température de l'eau des trois points est fluctuante entre 8°C et 18,5 °C. La température de toutes nos eaux est conforme aux normes algériennes 25 C°. Ces valeurs peuvent être dues à la nature des eaux souterraines et l'absence du contact air-eau puisque celle-ci varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons **(Mehdi. et al 2007)**

4.3 La conductivité électrique

En examinant la figure IV- 29, il s'avère que les valeurs de la conductivité pour nos différentes eaux varient d'une façon presque identique pour les trois stations de cette étude. D'une manière générale, les valeurs des stations SET et ACH sont plus importantes par rapport à celles de la station BES.

Par ailleurs, les valeurs maximales pour la station BES ACH sont obtenues en mois de février2019 alors que les valeurs maximales coïncident le 13mai2019. Pour la station SET, elle affiche la valeur la plus élevée (1183 µS/cm) le 24 février et la valeur la moins élevée (936 µS/cm) le 04 mars.

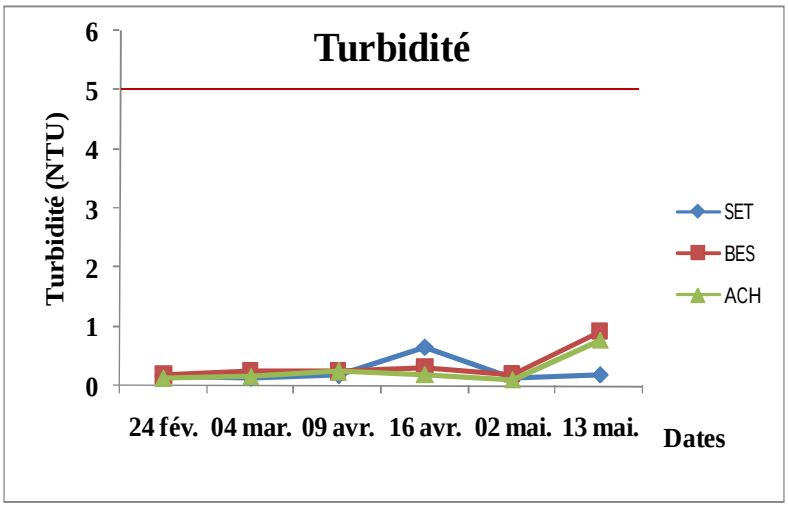


Figure IV-27: Variations temporelles de la turbidité (en NTU) au niveau des trois stations d'étude

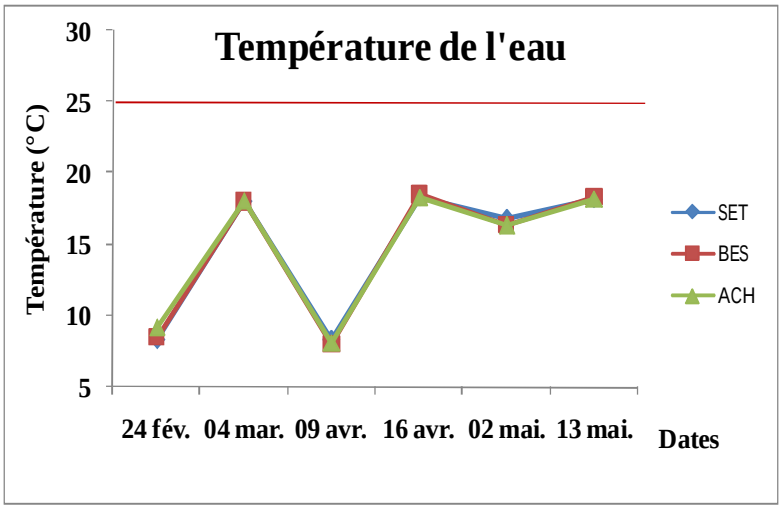


Figure IV-28: Variations temporelles des températures de l'eau (en °C) au niveau des trois stations d'étude.

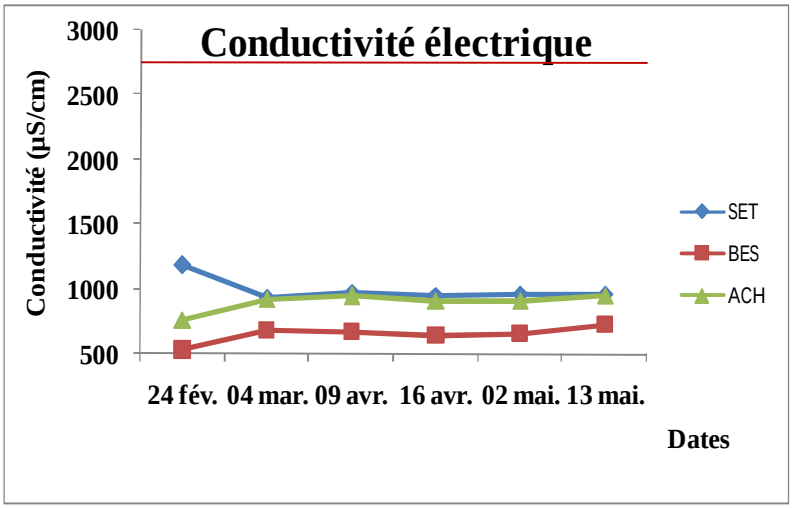


Figure IV-29: Variations temporelles des conductivités électriques (en µS/cm) au niveau des trois stations d'étude.

4.4. La salinité

L'évolution temporelle de la salinité (Fig. 30) montre que le taux de salinité le plus élevé (0,7 mg/l) est enregistré au début de l'étude (24 fév.2019) pour la station SET alors que le taux de salinité le plus faible (0,2 mg/l) est noté le 16 avr. 2019.

Pour la station BES on enregistre une fluctuation remarquable de la salinité où la valeur minimale est de 0,1 mg/l et la valeur maximale est de 0,3 mg/l.

Pour la station ACH la salinité de ses eaux est constante (0,3 mg/l) pendent toute la période de prélèvement. Il est à noter que la norme algérienne ne donne aucune valeur pour la salinité.

4.5. le pH

D'après la figure IV- 31, les valeurs du pH sont fluctuantes pour nos eaux provenant des trois stations de cette étude. Les valeurs du pH augmentent durant le 09 avr où elles atteignent leurs maximums (7,89-7,93) dans les trois stations. Les minimums (6,88; 6,97) ont été enregistrés pendant le 24 fév respectivement pour la station SET et ACH alors que le minimum de pH (7,13) relatif à la station BES correspond au 02mai2019.

D'après **Rodier et al. (2009)**, le pH des eaux naturelles est lié généralement à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. Les valeurs de pH de nos échantillons restent au dessous des normes algériennes qui fixent la valeur de pH entre 6,5-9.

4.6. Le TDS

L'observation de l'évolution mensuelle (Fig. IV- 32) des teneurs en TDS de station ACH montre une légère fluctuation des teneurs durant la période d'échantillonnage (913-935 mg/l). La station SET présente la valeur la plus élevée (1478 mg/l) durant le 24 février et la valeur minimale (903 mg/l) durant le 16 avr. Pour ce qui est de la station BES, les valeurs de TDS se situent entre 656 mg/l - 694 mg/l, valeurs obtenues respectivement en date du 02 mai et 04 mars 2019. Pour la norme algérienne aucune valeur n'est attribuée pour ce paramètre.

Les concentrations de TDS dans l'eau varient considérablement selon les régions géologiques en raison des différences de solubilité des minéraux. **(O.M.S, 2004)**

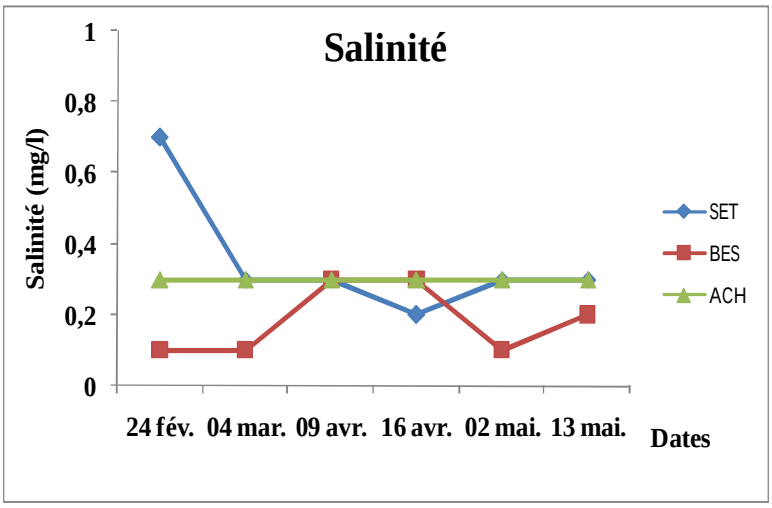


Figure IV-30: Variations temporelles de la salinité (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

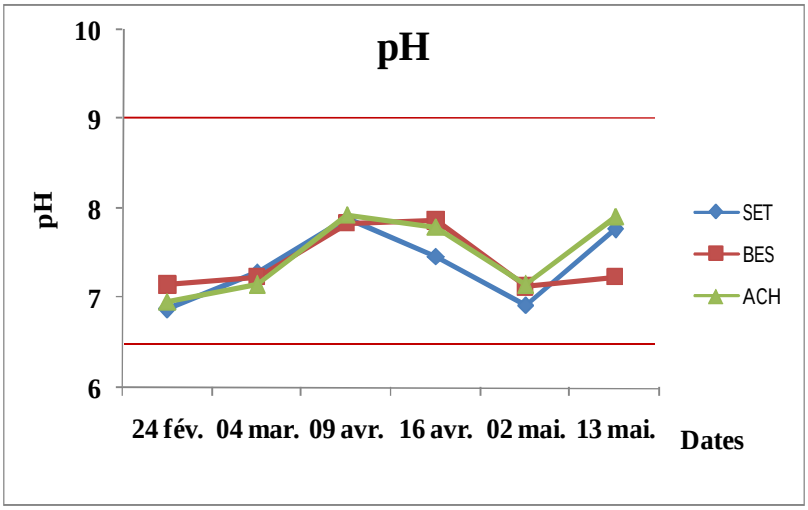


Figure IV-31: Variations temporelles du pH au niveau des trois stations d'étude

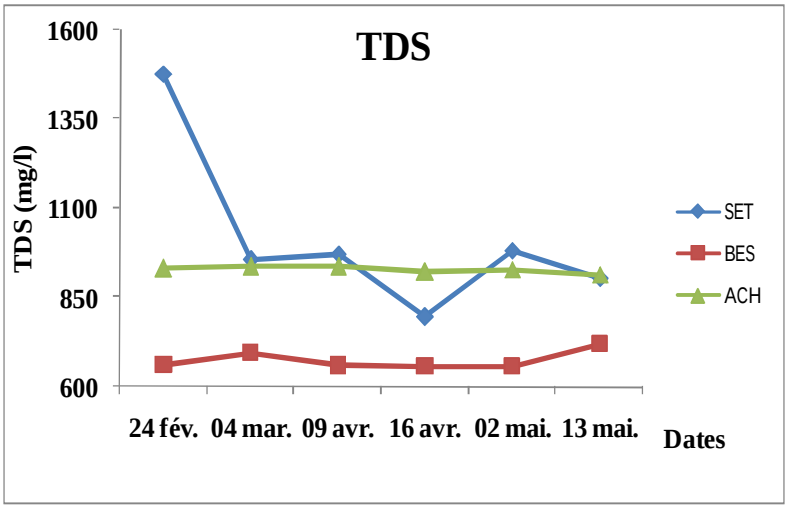


Figure IV-32: Variations temporelles du TDS (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

4.7. La matière organique

D'après la figure IV- 33 on remarque que la matière organique montre des variations observables durant toute la période de cette étude.

La matière organique mesurée arrive à un maximum de 3,1 mg/l le 04 mars et à un minimum de 0,9 mg/l le 13 mai pour les eaux prélevées de la station ACH. La valeur de la MO au niveau de la station SET diminue le 16 avril (0,2 mg/l) et atteigne le maximum (2,9mg/l) le 04mars. La forte teneur en MO au niveau de la station BES est de 2,8 mg/l enregistrée le 04 mars alors que la faible teneur (0,6 mg/l) est notée le 09 avril. Toutes les concentrations mesurées de la matière organique ne dépassent pas la valeur limitée par les NA pour une eau potable estimée à 5 mg/l en O_2. D'après **Rodier et al., 2009**, les eaux souterraines de bonne qualité ont généralement une oxydabilité inférieure à 1 mg/L O2.

4.8. Les résidus secs

L'évolution temporelle des résidus secs pour nos différentes eaux (Fig. IV- 34) est variable suivant la date et la station considérées. Au niveau de la station ACH la valeur minimale (500 mg/l) correspond au prélèvement du 02 mai, alors que la valeur maximale (720mg/l) correspond au prélèvement du 13 mai. Au niveau de la station SET**,** la valeur la plus élevée (1122mg/l) est rencontrée le 24 février, alors que celle la moins élevée (352 mg/l) est rencontrée 16avril. Pour la station BES nous observons un pic qui correspond au 02 mai (800 mg/l) alors que la valeur minimale (408 mg/l) le 04 mars. Il est à noter que toutes les valeurs obtenues sont inférieures par rapport à la NA (1500 mg/l).

4.9. Le titre hydrotimétrique

La figure montrant l'évolution du TH (Fig.IV- 35) présente des fluctuations plus au moins similaires pour nos différentes eaux prélevées. Les concentrations les plus élevées de SET et ACH respectivement de 70mg/l et 48mg/l coïncident avec le prélèvement du 24fév2019 alors que les concentrations les plus faibles respectivement de 36 mg/l et 38mg/l sont obtenues le 09 avril et 13mai2019. Pour la station BES le maximum noté de TH (41mg/l) est celui obtenu le 02mai alors que le minimum de TH (33mg/l) correspond au 09avril2019. Cependant, ces résultats restent nettement inférieurs à la limite admissible du TH fixée par les normes algériennes à 200 mg/l pour des eaux potables.

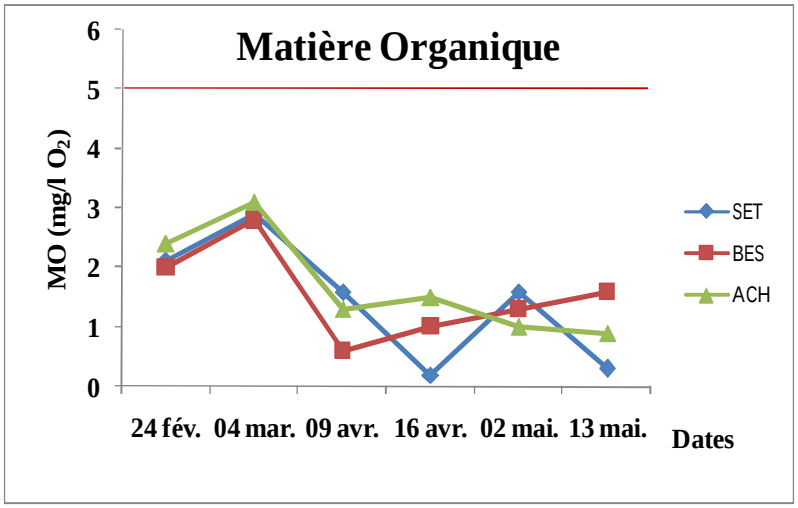


Figure IV- 33: Variations temporelles de la matière organique (en mg/l O_2) au niveau des trois stations d'étude

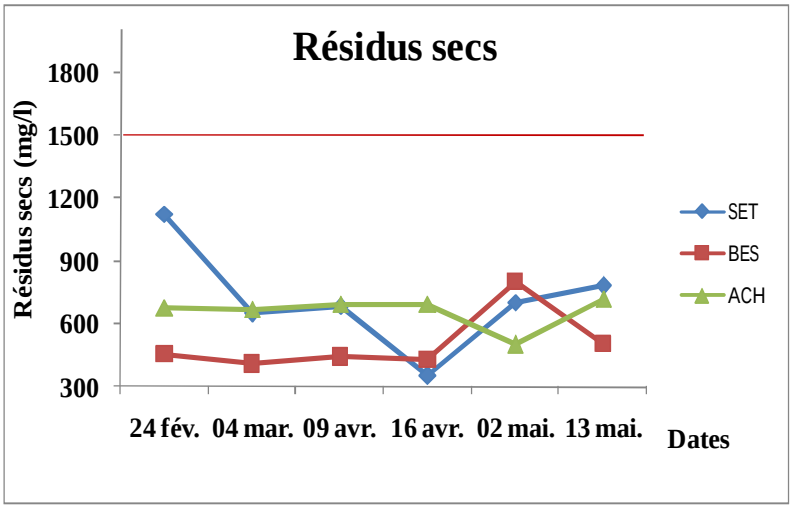


Figure IV- 34: Variations temporelles des résidus secs (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

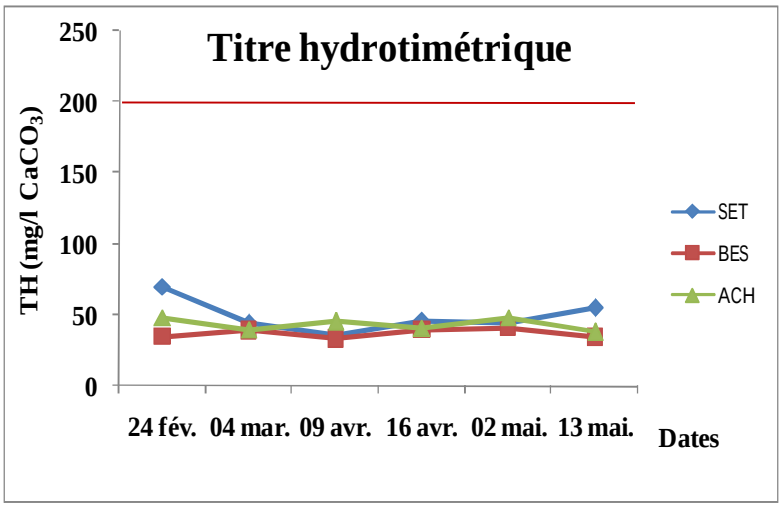


Figure IV-35: Variations temporelles du titre hydrotimétrique (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

4.10. Le calcium

En examinant la figure IV- 36 de l'évolution par date du calcium on constate qu'une seule teneur de ce paramètre est supérieure à la NA (200 mg/l), celle-ci est celle notée au niveau de SET (220,44 mg/l, le 24 février). Pour les autres stations BES et ACH on remarque des fluctuations semblables où les teneurs maximales respectives sont de 128,26 mg/l et 164,33 mg/l notées le 02 mai, alors que les teneurs minimales en Ca 96,19mg/l et 104,2mg/l sont enregistrées le 13mai.

4.11. Le magnésium

D'après les résultats obtenus pour le magnésium (Fig. IV-37) il s'avère que les teneurs enregistrées pour cet élément suivent une évolution différente pour chaque eau durant les dates de prélèvement. A cet effet, les teneurs maximales enregistrées pour SET et BES respectivement de 36,45 et 29,16mg/l coïncide la date du 04mars. Les teneurs minimales respectives 12,15mg/l et 11,8 mg/l, elles correspondent au 16avril et au 09avril2019. Pour la station ACH la valeur maximale (33,4mg/l) est enregistrée le 09 avril 2019 alors que la valeur minimale (4,86mg/l) est inscrite le 16avril. Il faut rappeler que ces résultats ne dépassent pas les normes Algériennes qui fixent une valeur de 150 mg/l pour Mg.

4.12. Le sodium

D'après la figure IV-38, l'évolution du sodium diffère suivant la station et la date d'échantillonnage. Nous avons enregistré un minimum de 21 mg/l et 34 mg/l respectivement pour les stations BES et ACH en date du 13 mai. Les valeurs maximales de ces stations 27 mg/l, 50 mg/l sont respectivement notées en date du 04 mai et 09 avril2019.

La variation du sodium pour SET montre une fluctuation plus ou moins importante où la valeur minimale 42 mg/l est enregistrée le 16 avril, alors que la valeur maximale 96 mg/l est notée le 24 février. Toutefois, les NA fixent une limite maximale admissible du sodium estimée à 200 mg/l. Toutes les valeurs mesurées sont inférieures à cette limite.

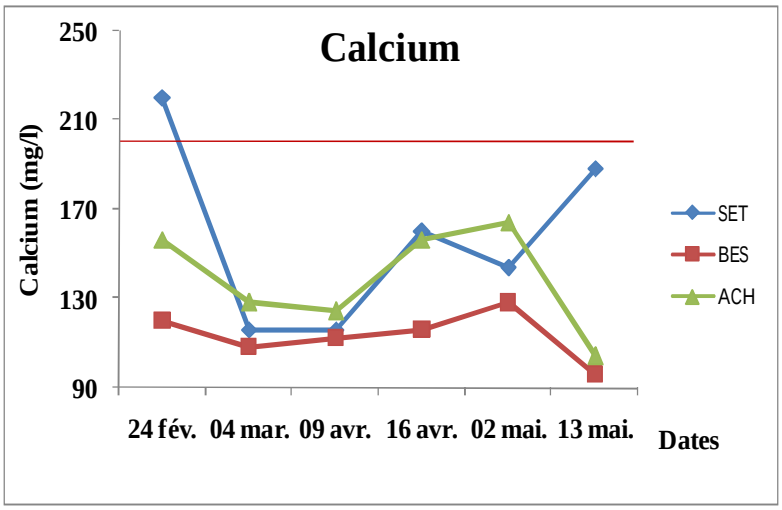


Figure IV-36: Variations temporelles du calcium (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

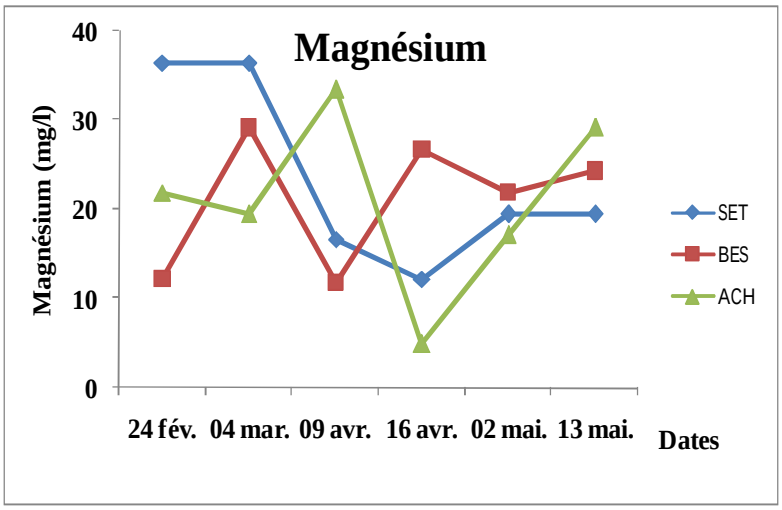


Figure IV-37: Variations temporelles du magnésium (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

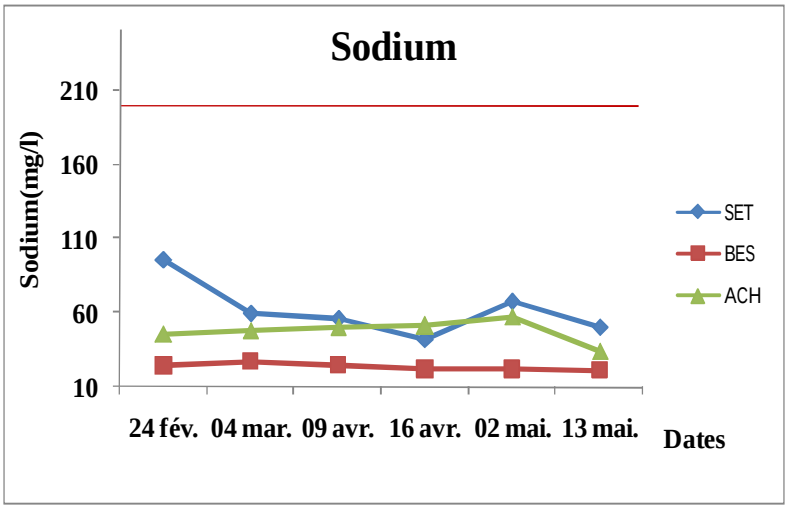


Figure IV-38: Variations temporelles du sodium (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

4.13. Le potassium

D'après les résultats obtenus (Fig.IV- 39), l'évolution du potassium semble identique surtout pour ACH et BES. Les valeurs maximales pour ces dernières respectivement de 4,6 mg/l et 2,8 mg/l sont inscrites en date du 16 avril et du 04 mai alors que les valeurs minimales 3,2 mg/l et 1,8 mg/l sont obtenues le 13 mai et le 02 mai2019. Par ailleurs, la valeur la plus élevée (5,5 mg /l) pour la station SET est obtenue le 24 février par rapport à celle la plus faible (2,2 mg/l) relevée au prélèvement du 13 mai.

Ces résultats de potassium obtenus restent inférieurs à 12 mg/l qui est la limite préconisée par la Norme Algérienne pour des eaux potables.

4.14 Les chlorures

Selon la Les valeur figure IV- 40 on s'aperçoit que les chlorures enregistrées dans la station SET varient entre 93,72 mg/l le 09 avril et 322,63 mg/l le 16 avril. Les valeurs obtenues pour les eaux de source ACH et BES oscillent de 80 mg /l et 45,44 mg/l notées respectivement le 13 mai et le 09 avril comme teneurs minimales alors que les teneurs maximales atteignent respectivement 170,4 mg/l et 106,5 mg/l coïncidant le prélèvement du 04 mars. Ces valeurs sont en accord avec les normes algériennes qui fixent la valeur de 500 mg/l comme valeur maximale.

4.15. Les sulfates

La variation des valeurs des sulfates présentés dans la figure IV-41, montre des variations identiques pour l'ensemble des stations suivant la date de prélèvement. A cet effet, les valeurs maximales sont obtenues lors du prélèvement du 24fév. Alors que les valeurs minimales sont obtenues pour la totalité des stations en date du 04mars2019. Seules les valeurs maximales 773,4 et 388,05 mg/l obtenues respectivement pour SET et ACH dépassent la valeur normale de 400mg/l suivant les normes algériennes.

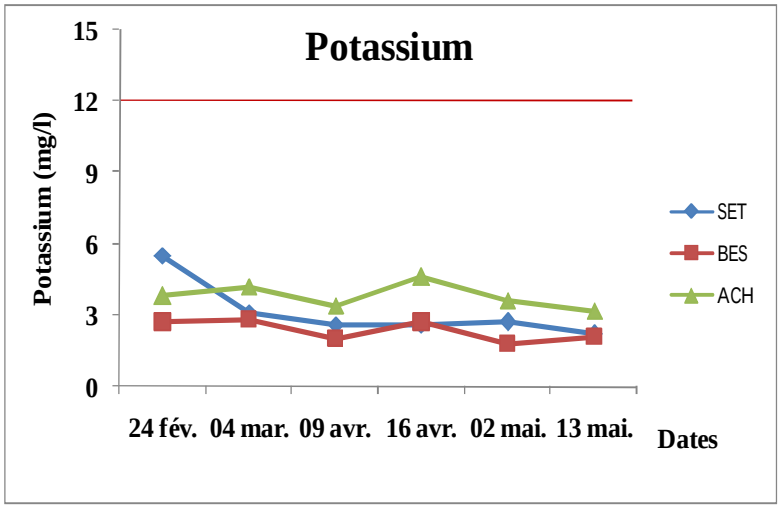


Figure IV-39: Variations temporelles du potassium (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

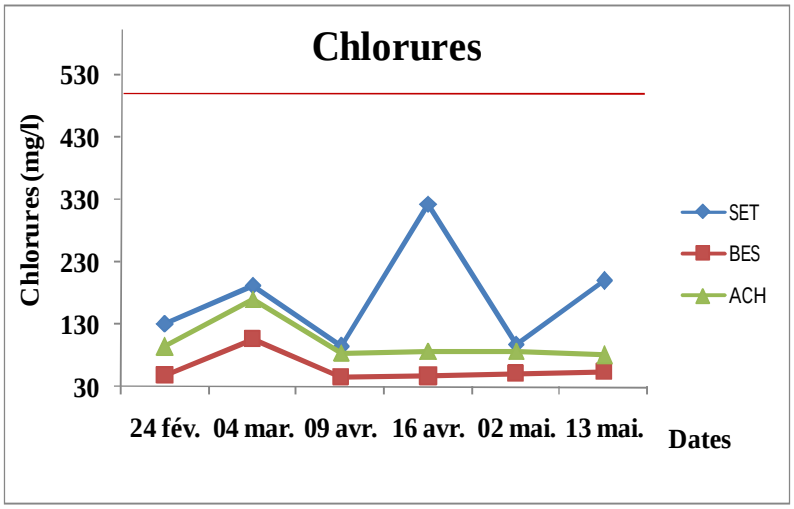


Figure IV-40: Variations temporelles des chlorures (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

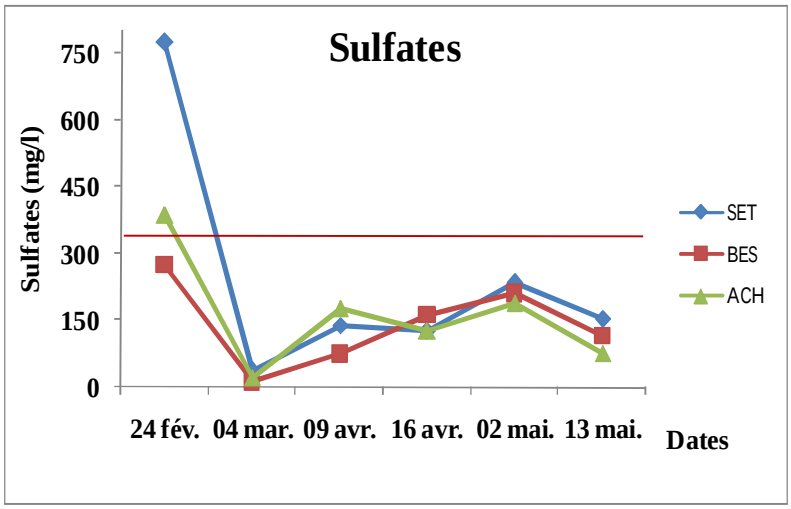


Figure IV-41: Variations temporelles des sulfates (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude

4.16. L'ammonium

L'analyse de l'ammonium (figure IV-42) montre l'absence de cet élément dans nos eaux de source. De ce fait, l'ensemble des valeurs de l'ammonium obtenues restent inférieures à la NA qui fixent une limite de 0,5 mg/l pour ce paramètre.

4.17. Les phosphates

A partir de la figure IV-43 nous constatons que toutes les eaux de prélèvement présentent des concentrations nulles des phosphates pendant la période d'étude. On déduit que tous les résultats sont conformes à la norme exigée par les NA qui fixent une valeur limitée à 5 mg/l.

4.18. Le fer

L'observation de la figure IV-44 qui représente les résultats d'analyse du fer indique que la teneur en fer diminue régressivement suivant les dates de prélèvement jusqu'à une valeur nulle à partir du mois d'avril. Malgré cela, les valeurs 0,04 mg/l, 0,028 mg/l, 0,024 mg/l obtenues le 24 février des stations SET, BES, ACH respectivement restent inférieures aux NA fixée à 0,3 mg/l pour ce métal.

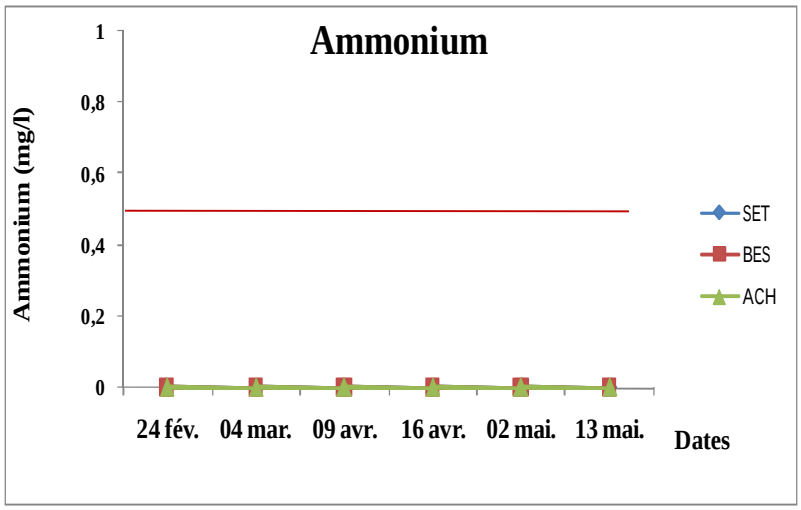


Figure IV-42: Variations temporelles de l'ammonium (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

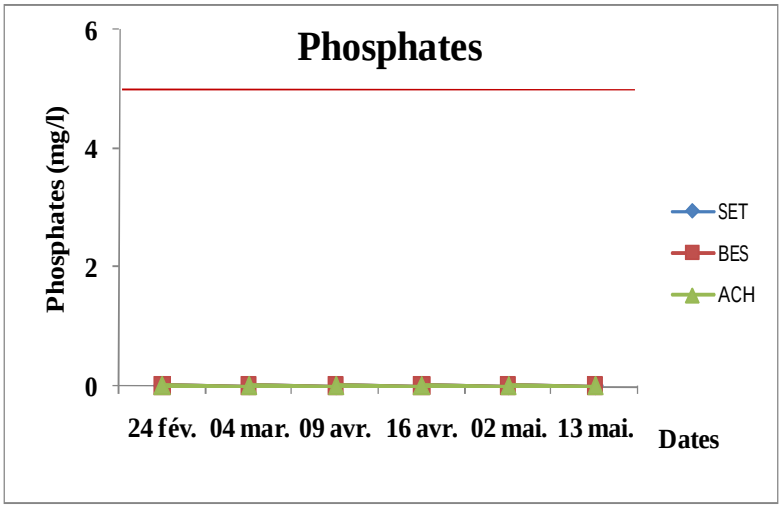


Figure IV-43: Variations temporelles des phosphates (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

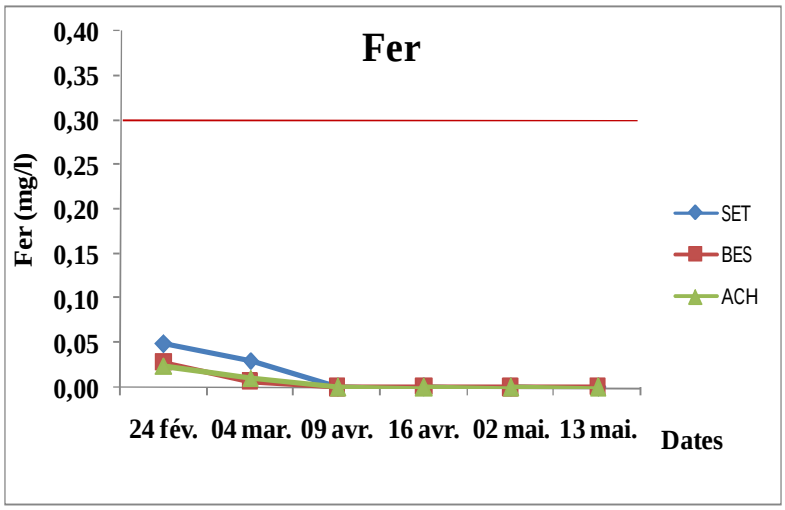


Figure IV-44: Variations temporelles du fer (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

4.19. Les nitrites

La variation temporelle des nitrites (Fig. IV-45) montre que la teneur extrême de ce paramètre est de 0,02 mg/l enregistrée le 13 mai pour la station ACH, inversement aux autres stations SET et BES qui révèlent des teneurs nulles durant toute la période de prélèvement. Malgré ça la valeur enregistrée au niveau d'ACH reste au dessous de la valeur des nitrites fixée par les NA qui est de 0,2 mg/l.

4.20. Les nitrates

Les teneurs des nitrates sont assez semblables pour l'ensemble des stations durant presque tous les prélèvements. (Figure IV-46).

La teneur extrême des nitrates 40,12 mg/l est enregistrée le 09 avril pour la station ACH alors que la teneur minimale 33,98 mg/l est relevée le 2 mai, Les valeurs des nitrates varient pour la station SET et BES, les valeurs minimales sont enregistrées respectivement pendant le prélèvement du 16 avril alors que les valeurs maximales s'observent durant le prélèvement du 24 fév. 2019.

Les résultats de nos échantillons d'eau ne dépassent pas les normes Algérienne fixée à 50mg/l.

4.21. Le TAC

La figure IV-47 présente des fluctuations remarquables au niveau des stations SET et BES. Les valeurs maximales de ces deux sources sont d'ordre 307 mg/l et 278 mg/l enregistrées le 24 février et le 04 mars alors que les valeurs minimales de l'ordre de 192,5 mg/l enregistrée le 02 mai pour la station SET et de l'ordre de 180 mg/l enregistrée le 16 avril pour la station BES.

Pour la station ACH les teneurs du TAC sont peu variables où les concentrations se situent entre 267,5 mg/l marquée le 24 février et 228 mg/l, valeur enregistrée le 16 avril 2019.

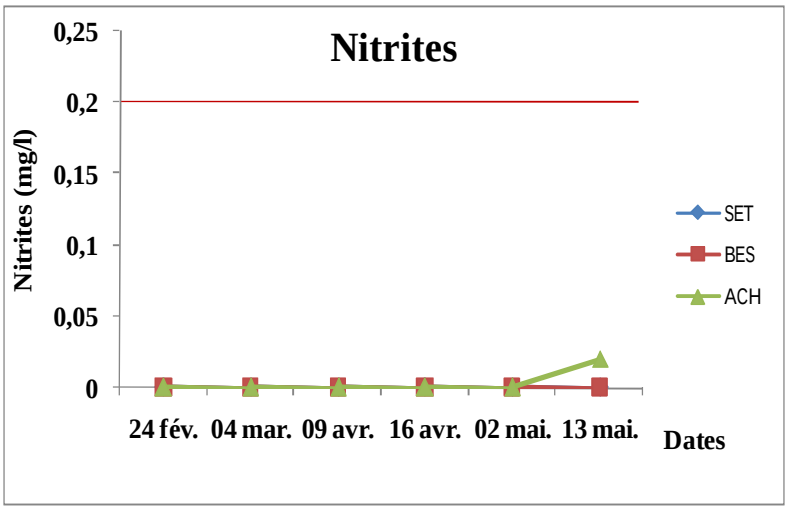


Figure IV-45: Variations temporelles des nitrites (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

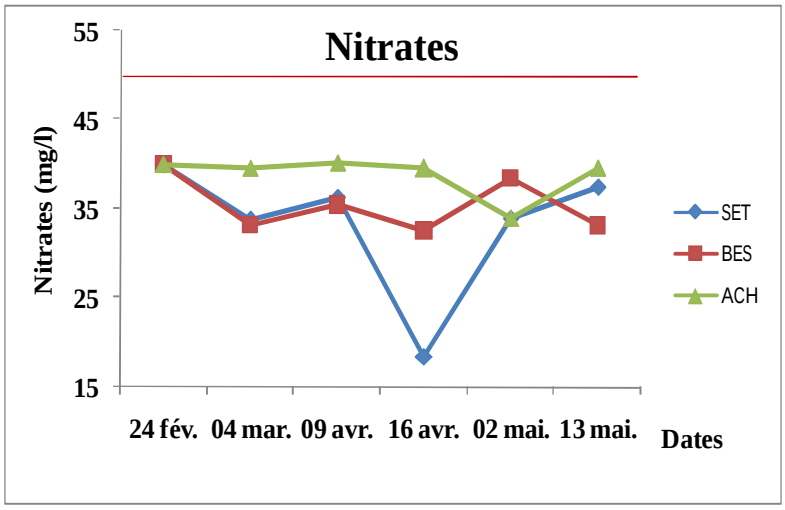


Figure IV-46: Variations temporelles des nitrates (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

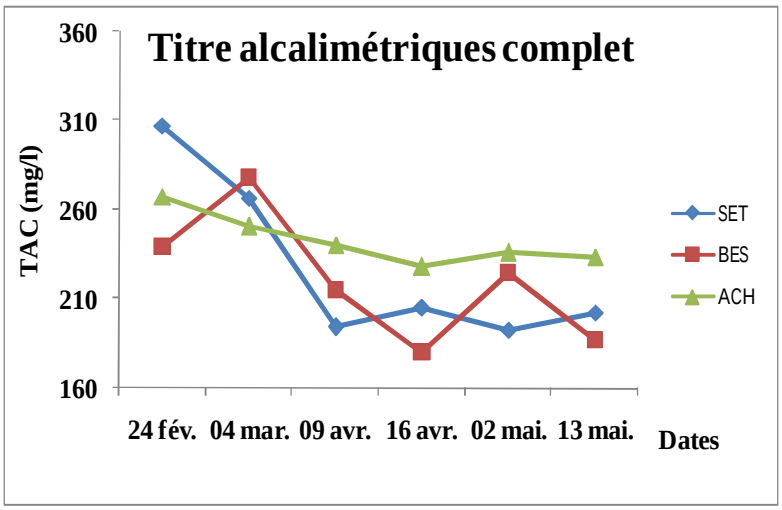


Figure IV-47: Variations temporelles du TAC (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

4.22. Les bicarbonates

D'après la figure IV- 48 on constate que la station SET enregistre une valeur extrême des bicarbonates 374,54 mg/l notée pendant le mois de février suivie par une diminution atteignant 234,85 mg/l durant le mois de mai. Pour la station BES le taux des bicarbonates oscille entre 339,16 mg/l durant le mois de février et 219,6 mg/l durant le mois avril. Pour la station ACH la concentration maximale en bicarbonates 326,35 mg/l a été enregistrée durant le mois de février alors que la concentration minimale 272,16 mg/l est relevée pendant le mois de avril. Ces concentrations restent au dessous des Normes de l'O.M.S qui fixent la limite des bicarbonates à 400 mg/l (absence de normes algériennes).

4.23. Le manganèse

La figure IV– 49 montre que la valeur maximale de manganèse 0,52 µg/l des eaux de sources est enregistrée le 16 avril pour la station BES alors que plusieurs valeurs minimales sont observées de l'ordre de 0. L'évolution temporelle de cette élément pour les stations de ACH et SET est presque similaire où les concentrations maximales sont de 0,1 mg/l, 0,08mg/l respectivement enregistrées le 16 avril, les valeurs minimales atteignant une valeur 0 sont plusieurs fois enregistrées pour ce paramètre. Ces valeurs obtenues sur nos différents échantillons d'eau des sources sont conformes aux NA qui fixent une valeur limitée à 50µg/l pour le Mn.

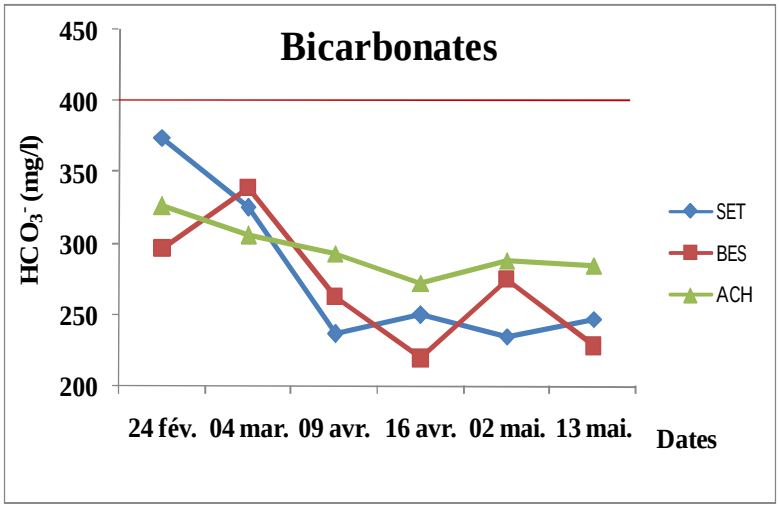


Figure IV-48: Variations temporelles des bicarbonates (en mg/l) au niveau des trois stations d'étude.

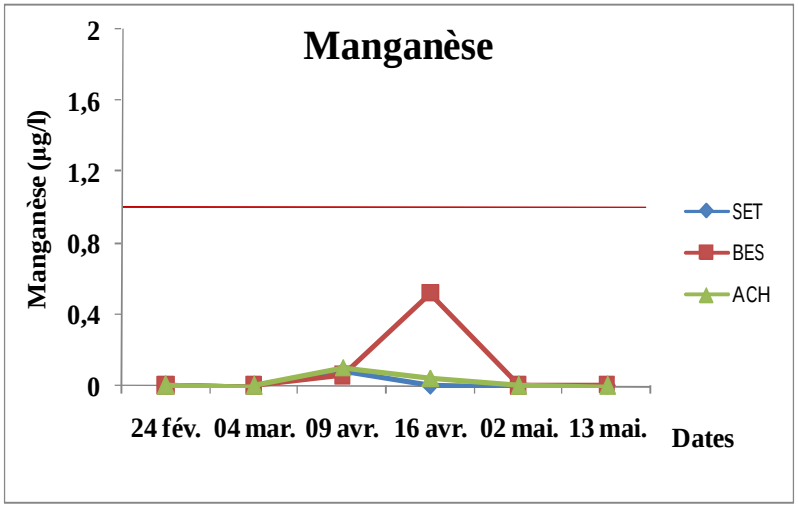


Figure IV-49: Variations temporelles du manganèse (en µg/l) au niveau des trois stations d'étude.

5. EVOLUTION TEMPORELLE DES PARAMÈTRES BACTÉRIOLOGIQUES :

5.1. Les coliformes totaux

La variation temporelle des coliformes totaux présentée dans la figure IV-50 montre une différence significative de ces germes dans toutes les stations. Des fluctuations des valeurs sont bien appariées au niveau des stations BES et SET celles-ci enregistrent une valeur maximale similaire 450 colonies/boite au mois de février et avril 2019.

Cependant la station ACH et dans le mois de mai présente une valeur moins importante 230 colonies/boite que les autres stations.

Ces résultats dépassent largement les NA qui fixent une valeur limité à 20 colonies/boite.

5.2. Les coliformes fécaux

D'après la figure IV-51 on observe que les deux résultats des stations SET et ACH exposent des graphes similaires. Elles enregistrent une valeur nulle pendant la période des prélèvements sauf la station BES qui enregistre une seule valeur élevée 24 colonies/boite au mois de février 2019.

5.3. Les streptocoques

Le graphique de la figure IV-52 des streptocoques, montre l'absence totale de ces bactéries pendant toute la période de prélèvement et au niveau de toutes les eaux analysées au cours de cette étude.

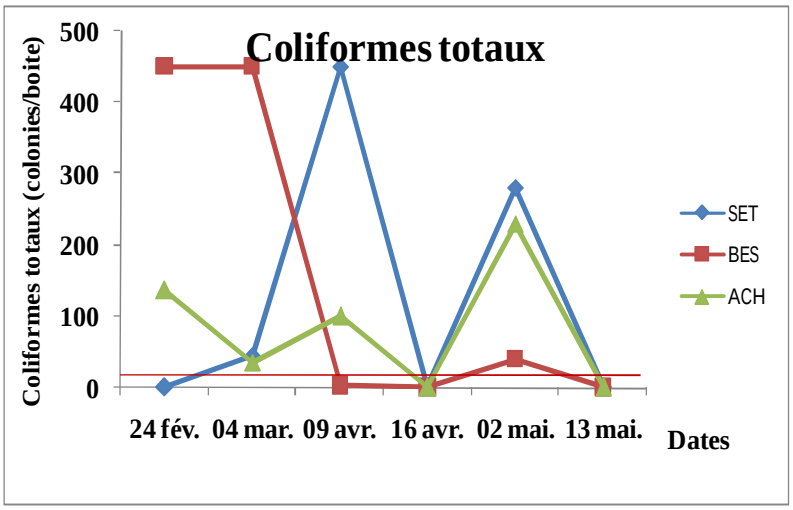


Figure IV-50: Variations temporelles des coliformes totaux (en colonies/boite) au niveau des trois stations d'étude

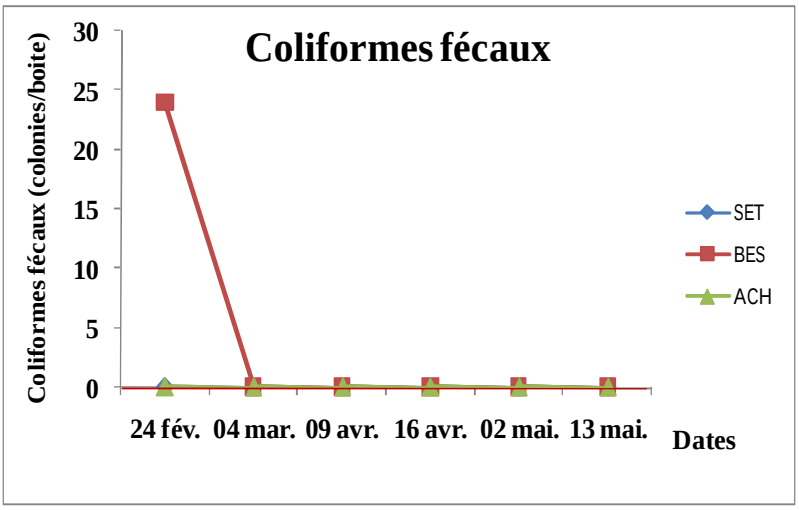


Figure IV-51: Variations temporelles des coliformes fécaux (en colonies/boite) au niveau des trois stations d'étude

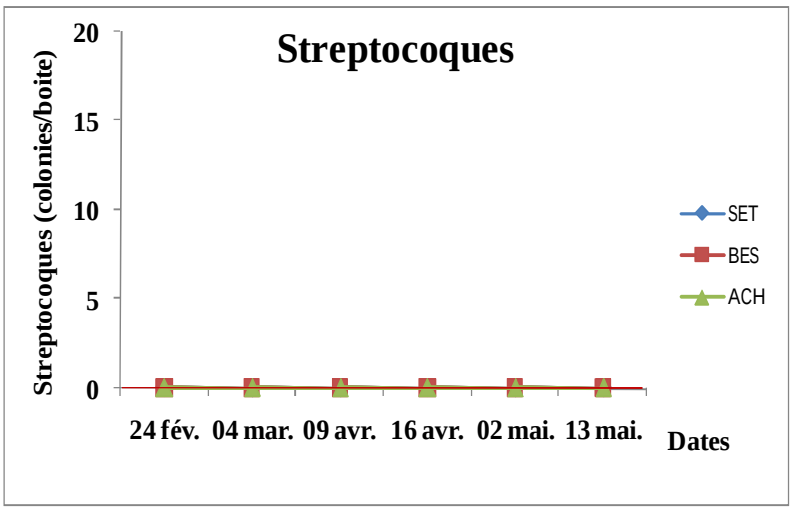


Figure IV-52: Variations temporelles des streptocoques (en colonies/boite) au niveau des trois stations d'étude

2. COMPARAISON DES RÉSULTATS DE LA PRÉSENTE PAR RAPPORT À CEUX DES TRAVAUX ANTÉRIEURS:

Tableau IV-4: Comparaison des analyses physicochimiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (fév2019-mai2019) par rapport aux autres études.

Stations / Paramètres	Kebal et Bailiche (2019) (03 Sources, Médéa)		Tir et al., (2017) (02 Sources, Tissemsilt)	Guenoune (2015) (02Sources, Chiffa-Blida)	Sari (2014) (Source Attar - Tlemcen)	Stucky (2004) eau de forage (Tamanrasset)	NA
Turbidité (NTU)	**SET**	0,242	**Ain Loura:** 0,78	**S1:** 2,85	0,551	/	5
	BES	0,349	**Ain Sfa:** 0,18				
	ACH	0,265					
Température (°C)	**SET**	14,67	**Ain Loura**: 17,73	**S1**: 14,55	15,46	23,8	25
	BES	14,62	**Ain Sfa**: 17,5				
	ACH	14,70					
Conductivité (µṢ/cm)	**SET**	995,33	**Ain Loura**: 1610,67	**S1**: 552,33	881,66	3,14	2800
	BES	650,33	**Ain Sfa**: 2344,33				
	ACH	898,16					
Salinité (mg /L)	**SET**	0,35	**Ain Loura**: 0,8	**S1:** 0,05	0,2	/	/
	BES	0,183	**Ain Sfa**: 1,17				
	ACH	0,3					
pH	**SET**	7,373	**Ain Loura:** 7,1	**S1:** 7,92	7,16	7,24	6.5-9
	BES	7,41	**Ain Sfa**: 6,9				
	ACH	7,48					
TDS (mg/L)	**SET**	1014	/	**S1:** 622,5	/	/	/
	BES	674,66					
	ACH	927,33					
MO (mg/L en O_2)	**SET**	1,45	/	/	/		5
	BES	1,55					
	ACH	1,7					
RS (mg/L)	**SET**	714,166	/	/	/	1100	1500
	BES	505,5					
	ACH	720					
TH (mg/L)	**SET**	49	/	/	445,6	825	200
	BES	37					
	ACH	43,333					
Calcium (mg/L)	**SET**	157,645	**Ain Loura**: 170,51	/	58	189,7	200
	BES	113,561	**Ain Sfa**: 170,46				
	ACH	138,94					
Magnésium (mg/L)	**SET**	23,421	**Ain Loura**: 28,88	/	71,33	87,6	150
	BES	21,001	**Ain Sfa**: 33,38				
	ACH	20.975					

Sodium (mg/L)	**SET**	62	/	**S1 :** 38	/	322	200
	BES	23,5					
	ACH	47,66					
Potassium (mg/L)	**SET**	3,116	/	**S1 :** 1,1	/	31	12
	BES	2,35					
	ACH	3,8					
Chlorures (mg/L)	**SET**	172,57	/	/	50	600	500
	BES	58,69					
	ACH	100,9					
Sulfates (mg/L)	**SET**	243.673	**Ain Loura** : 167,12	/	35,33	550	400
	BES	141,618	**Ain Sfa** : 393,98				
	ACH	163,5					
Ammonium (mg /L)	**SET**	0	**Ain Loura** : 0,01	**S1 :** 0	<0,01	/	0.5
	BES	0	**Ain Sfa** : 0,01				
	ACH	0					
Phosphates (mg/L)	**SET**	0	**Ain Loura** : 0,08	/	0,07	/	5
	BES	0	**Ain Sfa** : 0,08				
	ACH	0					
Fer (mg/L)	**SET**	0,0131	/	/	0,02	/	0.3
	BES	0,0063					
	ACH	0,0058					
Nitrites (mg/L)	**SET**	0	**Ain Loura** : 0,04	**S1 :** 0	<0,001	/	0.2
	BES	0	**Ain Sfa** : 0				
	ACH	0,003					
Nitrates (mg/L)	**SET**	33,28	**Ain Loura** : 176,73	/	70,66	26	50
	BES	35,445	**Ain Sfa** : 1,97				
	ACH	38,78					
TAC	**SET**	227,91	/	/	335,66	12,75	/
	BES	220,66					
	ACH	242,58					
HCO_3^-	**SET**	278,085	/	/	409,66	155,6	/
	BES	270,128					
	ACH	294,95					
Manganèse (µg /L)	**SET**	0,01345	/	/	/	/	50
	BES	0,0984					
	ACH	0,0241					

Afin de comparer la qualité de nos eaux par rapport à d'autres eaux à l'échelle nationale, certains travaux ont été retenus pour cet objectif. A cet effet, pour cette comparaison nous avons utilisés les valeurs moyennes pour chaque paramètre (Tableau IV-4).

La comparaison de ces résultats montre que par rapport à la turbidité, les valeurs moyennes obtenues (0,2 NTU-0,3 NTU) nous révèlent que nos eaux sont légèrement plus turbides que celles d'Ain Sfa mais plus claires que les eaux des sources d'Attar (Tlemcen) (0,5 NTU), Ain Loura (Tissemsilet) (0,7 NTU). Cependant, ces résultats montrent également que les eaux des sources de Chiffa (2,8 NTU) sont les plus turbides.

Turbidité: Ain Sfa < SET-BES-ACH < Attar < Ain Loura < Chiffa.

Selon **Sari (2014)** et **Belagoun et Daya (2015)** la turbidité augmente fortement pendant et après une pluie alors que l'infiltration de l'eau dans le sol donne une eau claire.

Concernant la température de l'eau, on constate que nos eaux SET, BES et ACH prélevées présentent des températures moyennes (14,62°C -14,70°C) inférieures aux autres eaux de sources: Chiffa (15,2°C), Attar (15,46°C), Ain Sfa (17,5°C), Ain Loura (17,73°C), ou par rapport aux eaux de forage de Tamanrasset (23,8°C) chose qui peut être expliquer par que la température de l'air influençant celle de l'eau

Température de l'eau: SET-BES-ACH <Chiffa<Attar<Ain Sfa<Ain Loura <forage de Tamanrasset.

Selon **Belagoun et Daya (2015),** la température des eaux est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leurs origines (superficielles ou profondes), ainsi que l'élévation de température peut perturber fortement un milieu donné. Une température supérieure à 20°C favorise le développement des micro-organismes en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. **(Gaujous, 1995; Rodier, 2009)**

Pour ce qui est de la conductivité électrique de nos eaux de source (650,33-995,33µS/cm) se situe prés de la valeur moyenne (881,66 µS/cm) enregistrée au niveau de la source Attar (Tlemcen). Les valeurs moyennes de conductivité de ces dernières sont plus élevées par rapport à celles des eaux de source de Chiffa (552,33 µS/cm) mais restent inférieures par rapport aux eaux de source Ain Loura et Ain Sfa respectivement avec des conductivités moyennes de l'ordre de 1610,67 et 2344,33 µS/cm. Les eaux du forage de Tamanrasset, quant à elles, présentent la conductivité moyenne la plus élevée (3140 µS/cm) comparée aux autres sources.

Selon **Sari (2014),** la conductivité est également en fonction de la température de l'eau. **Barkat, (2016)** ajoute que si celle-ci est élevée elle agisse sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels. **Ayad (2017); Zouag et Belhadj (2017)** ont trouvé que la conductivité est proportionnelle à la minéralisation et que la minéralisation élevée est due au phénomène d'évaporation qui concentre les sels dans l'eau.

<u>Conductivité électrique</u>: Chiffa <Attar < SET-BES-ACH <Ain Loura <Ain Sfa< Forage de Tamanrasset

Pour la salinité, il est à noter que les eaux de source SET, BES, ACH et Attar sont plus salées respectivement avec des valeurs moyennes comprises entre 0,1- 0,3 mg/l et 0,2mg/l par rapport aux eaux de source de Chiffa (0,05mg/l). Par contre, les sources Ain Loura et Ain Sfa présentent la salinité moyenne la plus élevée (0,8-1,17mg/l) au cours de cette comparaison.

<u>Salinité</u>: Chiffa <Attar <SET-BES-ACH <Ain Loura <Ain Sfa.

D'aprés **Bendjeddou (2013) ; Barkat (2016),** l'élévation de la conductivité de l'eau est due de la forte concentration en sels dissous. Du fait de la proportionnalité des concentrations des différents ions, la conductivité permet de déterminer la salinité avec une grande précision. **Rodier et al. (2009)** ont cité que l'utilisation des eaux fortement salées présente des difficultés en raison du goût et de l'action laxative des sels associés.

Les pH moyens de toutes les eaux de source sont plus ou moins neutres, la valeur moyenne trouvée au niveau de la source de Chiffa est considérée comme la valeur la plus élevée 8,25 montrant des eaux alcalines.

<u>pH</u>: Ain Sfa<Ain Loura<Attar<Forage Tamanrasset<SET-BES-ACH<Chiffa

D'après **Rodier et al. (2009),** la variation du pH est liée à la nature des terrains. **Belagoun et Daya, (2015)** ont cité que la neutralité et la tendance vers l'alcalinité peut être expliquées par la région qui présente les terres calcaires, donc le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitique.

Les résultats de TDS montrent que nos eaux SET-BES-ACH contiennent la quantité la plus élevée de sels dissous (674,66-1014 mg/l) par rapport aux eaux de sources de Chiffa (622,5 mg/l).

<u>TDS</u>: Chiffa < SET-BES-ACH.

D'après **Belagoun et Daya (2015),** le TDS varie selon la température, la composition des roches, l'évaporation de l'eau, et la variation de débit (augmente lors le débit est faible).

Pour les résidus secs, on constate que les eaux de sources SET, BES et ACH ont une valeur moyenne moins importante (505,5–720 mg/l) que celle obtenue au niveau du forage Tamanrasset (1100 mg/l).

RS : SET-BES-ACH < forage de Tamanrasset.

Selon **Mokeddeme et al.** les concentrations en résidu secs sont faibles lorsqu'il s'agit de roches granitiques, de sables siliceux et plus élevées dans le cas de roches sédimentaires

La valeur de TH est beaucoup plus faible (37-49 mg/l) pour les eaux de source SET-BES-ACH comparée à celles relatives à la source Attar et le forage Tamanrasset, celles-ci notent des valeurs moyennes qui atteignent 445,6 et 825 mg/l respectivement.

TH: SET-BES-ACH < Attar < forage de Tamanrasset.

Selon **Ayad (2017),** le TH présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère. Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées.

La concentration moyenne du calcium enregistrée pour nos sources SET, BES et ACH (113,561 -157,645 mg/l) est inférieure par rapport à celles enregistrées pour les sources Ain Sfa (170,46mg/l), Ain Loura (170,51) ou encore à celle du forage de Tamanrasset (189,7 mg/l). La valeur moyenne obtenue de la source Attar présente la valeur minimale (58 mg/l) lorsqu'elle est comparée avec les autres valeurs moyennes de ce paramètre.

Ca^{2+}: Attar <SET-BES-ACH <Ain Loura <Ain Loura <forage de Tamanrasset.

D'après **Rodier et al. (2009),** le calcium est répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. **Ayad (2017)** a cité que sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés, alors que les fortes concentrations du calcium témoignent des passages de calcaire qui libère les ions sous l'action de la circulation des eaux souterraines.

Pour les concentrations du magnésium on remarque que les valeurs moyennes enregistrées pour les eaux de SET, BES et ACH (20,97–23,42 mg/l) sont les plus faibles, celles sont suivies par des valeurs proches pour les sources Ain Loura (28,88 mg/l) et Ain Sfa (33,38 mg/l), alors que les valeurs obtenues pour la source Attar et le forage de Tamanrasset sont les plus élevées respectivement de 71,33 et 87,6 mg/l.

Mg^{2+} : SET-BES-ACH <Ain Loura <Ain Sfa <Attar <forage de Tamanrasset.

Selon **Rodier et al. (2009); Sari (2014)** et **Ayad, (2017),** la source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires, alors que l'excès du magnésium donne une saveur amère à l'eau.

Pour le sodium, les résultats obtenus (tableau IV-3) montrent que nos eaux de source SET, BES et ACH (23,5-62mg/l) ainsi que les eaux de source de Chiffa (12,66-38mg/l) contiennent des quantités moyennes en sodium par rapport à ceux du forage de Tamanrasset (322 mg/l).

Na^+: SET-BES-ACH < Chiffa < forage de Tamanrasset.

D'après **Sari (2014),** les eaux riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées

La valeur du potassium enregistrée pour les eaux de sources de Chiffa (1,06-1,1mg/l) et les eaux de sources SET, BES et ACH (2,3-3,8mg/l) sont presque dix fois moins importantes que celles obtenues au niveau du forage de Tamanrasset (31 mg/l).

K^+: Chiffa <SET-BES-ACH < forage de Tamanrasset.

Les teneurs moyennes en chlorures des eaux de source Attar (50 mg/l) et les eaux de SET, BES et ACH (58,69-172,57 mg/l) sont faibles par rapport la teneur obtenue pour le forage de Tamanrasset (600 mg/l).

Cl^-: Attar <SET-BES-ACH <forage de Tamanrasset.

D'après **Kemoukh (2007),** la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. **Kendouci (2018)** rajoute que les teneurs élevées des chlorures sont dues probablement à l'effet de l'infiltration des eaux usées résiduaires vers la nappe. **Sari (2014)** a cité que le gros inconvénient de ces ions est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La quantité des sulfates enregistrée pour les eaux de la source Attar (35,33 mg/l) est faible lorsqu'elle est comparée avec la valeur moyenne pour les eaux de SET, BES et ACH (141,618–243,673 mg/l) ou bien avec les valeurs moyennes obtenues pour les eaux de sources Ain Loura (167,12 mg/l) et Ain Sfa (393,98 mg/l). La valeur enregistrée au niveau du forage de Tamanrasset est considérée comme la valeur moyenne la plus élevée (550 mg/l) dans cette comparaison.

SO_4^{-2}: Attar <SET-BES-ACH <Ain Loura <Ain Sfa < forage de Tamanrasset.

D'après **Rodier et al. (2009); Tir et al. (2017)** la teneur élevée en sulfate est probablement liée à la nature des roches traversées par l'eau et qui sont peut-être riches en sulfates tel que les roches gypseuses (sulfate de calcium hydraté).

Pour l'ammonium, les concentrations moyennes enregistrées sont faibles pour les eaux de sources Attar (<0,01 mg/l), Ain Loura (0,01 mg/l) et Ain Sfa (0,01 mg/l). Les eaux de sources SET, BES et ACH ainsi que les sources de Chiffa enregistrent des concentrations nulles pour ce paramètre.

NH_4^+ : SET-BES-ACH = Chiffa < Attar < Ain Loura = Ain Sfa.

En examinant le tableau IV-4 on observe l'absence des phosphates dans les eaux de sources SET, BES et ACH. Par contre les eaux de sources Attar enregistrent une valeur faible de 0,07 mg/l suivie par une valeur proche à celle-ci pour les eaux de source Ain Loura et Ain Sfa (0,08 mg/l).

PO_4^{3-} : SET-BES-ACH <Attar <Ain Loura = Ain Sfa.

Selon **Sari (2014); Kendouci (2018)** le dépassement des teneurs des phosphates les normes, est considéré comme indice de contamination fécale où la présence de ces ions est liée généralement aux effets des rejets urbains.

La teneur la plus faible en fer est celle enregistrée au niveau des sources SET, BES et ACH (0,005-0,01 mg/l) alors que la teneur la élevée en fer est localisée au niveau de la source Attar (0,02 mg/l).

Fe^{2+} : SET-BES-ACH <Attar.

Selon **Barkat (2016)** les phosphates sont naturellement présentent dans les eaux en faibles quantités, et leur absence peuvent être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d'être absorbés par les sédiments.

Les eaux de source SET, BES et ACH contiennent des quantités moyennes en nitrites (0-0,003 mg/l) supérieures aux quantités trouvées au niveau de la source Attar (< 0,001 mg/l) mais ces quantités moyennes sont aussi légèrement inferieures par rapport à ceux de la source Ain Loura (0,04 mg/l).

NO_2^-: Attar <SET-BES-ACH <Ain Loura.

Selon **Barkat (2016)** s'il n'y a pas ou il y a très peu des nitrites dans les eaux ça indique l'absence de la pollution. **Tir et al. (2017)** discutent que la teneur faible des nitrites est considérée normale car les nitrites se forment lorsque les conditions sont réductrices, et il ne se maintient que dans les milieux peu oxygénés.

La valeur moyenne des nitrates enregistrée au niveau de la source Attar (70,66 mg/l). Les valeurs obtenues pour les eaux du forage de Tamanrasset (26 mg/l) et les eaux de sources SET, BES et ACH (33,28-38,78 mg/l) sont faibles jusqu'à cinq fois moins importantes par rapport à celles enregistrées pour les eaux de la source Ain Loura (176,73 mg/l). Par contre la plus faible valeur des nitrates est inscrite au niveau de la source Ain Sfa (1,97 mg/l).

NO_3^-: Ain Sfa < forage de Tamanrasset <SET-BES-ACH <Attar <Ain Loura.

Selon **Kemoukh (2007)** le nitrate étant un sel très soluble dans l'eau, très mobile dans le sol ; il pénètre dans la nappe phréatique lorsque sa quantité dépasse ce que les plantes peuvent utiliser. **Bendjeddou (2013)** souligne que lorsque la salinité décroît, la concentration des nitrates peut atteindre plusieurs centaines de milligramme par litre. Du point de vue de **Tir, et al. (2017)** le taux élevé des nitrates peut résulte de l'infiltration des eaux sanitaires du fausses septiques vers les sources.

Concernant le TAC on remarque que sa concentration moyenne enregistrée pour les eaux du forage de Tamanrasset (12,75 mg/l) est très faible lorsqu'elle comparée avec les concentrations moyennes des eaux de sources SET, BES et ACH (220,66-242,58 mg/l) ou bien la concentration moyenne de la source Attar (335,66 mg/l).

TAC: Forage de Tamanrasset <SET-BES-ACH <Attar.

La valeur moyenne maximale des bicarbonates enregistrée au niveau de la source Attar est la plus élevée avec 409,66 mg/l par rapport à celles notées au niveau des sources SET, BES et ACH (270,128-297,95 mg/l) et à la valeur enregistrée au niveau du forage de Tamanrasset (155,6 mg/l).

HCO_3^- : Attar <SET-BES-ACH <forage de Tamanrasset.

Selon **Kemoukh (2007)** la concentration des eaux en HCO_3^- est fonction de la lithologie des terrains traversés (calcaire, dolomite), du pH de l'eau, de la tension de CO_2 et de la température de l'eau.

Tableau IV-5: Comparaison des analyses bactériologiques des eaux prélevées au niveau des trois stations d'étude (février 2019 - mai 2019) par rapport aux autres études.

Stations / Paramètres	Kebal et Bailiche (2019) (03 Sources, Médéa)		Tir et al., (2017) (02 Sources, Tissemsilt)	Guenoune (2015) (02Sources, Chiffa-Blida)	Sari (2014) (Source Attar – Tlemcen)	Stucky (2004) eau de forage (Tamanrasset)	NA
Coliformes totaux	**SET**	**129**	**Ain Loura**: Ind	**S1 : 957918**	**00**	/	**20**
	BES	**157**					
	ACH	**83**	**Ain Sfa**: 43,66	**S2 : 488813**			
Coliformes fécaux	**SET**	**0**	**Ain Loura**: Présence	**S1 : 311**	**00**	/	**00**
	BES	**4**					
	ACH	**0**	**Ain Sfa**: Absence	**S2 : 43**			
Streptocoques	**SET**	**0**	**Ain Loura:** Présence	**S1 : 73**	**00**	/	**00**
	BES	**0**					
	ACH	**0**	**Ain Sfa:** Absence	**S2 : 00**			

Par ailleurs et d'après le tableau IV-5 des comparaisons on remarque que le nombre des coliformes totaux trouvées dans les eaux de sources SET, BES, ACH (83-157 colonies/boite) et Ain Sfa (43,66 colonies/boite) est important mais il reste inférieur aux nombres obtenus au niveau des sources de Chiffa et Ain Loura (indénombrable).

Coliformes totaux: Ain Sfa <SET-BES-ACH <Ain Loura<Chiffa.

Selon **Sari (2014)** les eaux des nappes peu profondes sont souvent contaminées après de fortes précipitations. Lorsque le pouvoir d'autoépurations du sol est très efficace, pratiquement l'eau souterraine en est dépourvue des microorganismes pathogènes dans les conditions naturelles. **Tir et al. (2017)** ont cité que la présence d'une charge élevée des coliformes totaux et l'absence des coliformes fécaux, et les streptocoques, dans une source, signifié probablement que les germes présents dans les eaux de cette source sont d'origine tellurique et non pas d'origine fécale. Cette présence est considérée normale vue l'absence de traitement par les galettes de chlore.

La charge bactérienne des coliformes fécaux des eaux de source SET, BES, ACH, donne une valeur de 4colonies/boite pour BES uniquement. Pour Ain Sfa, et Attar l'absence de ces germes est constatée. Cependant, les eaux de source Ain Loura et Chiffa présentent une charge bactérienne importante respectivement avec présence, 311 colonies/boite.

<u>Coliformes fécaux</u>: Ain Sfa <Attar < SET-BES-ACH < Ain Loura< Chiffa.

Selon **Ayad (2017),** la contamination des sources serait probablement due au fumier, aux fosses septiques, aux latrines et aux déchets de toute nature existants dans les terrains avoisinants les sources.

Pour ce qui est des streptocoques, elles sont importantes au niveau des eaux de source Ain Loura (Présence) et les eaux de source de Chiffa (73colonies/boite). Par contre les autres eaux de source révèlent une absence de ces germes.

<u>Streptocoques</u>: Ain Sfa <Attar < SET-BES-ACH < Ain Loura< Chiffa.

D'après **Ayad (2017),** la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation. **Tir et al. (2017)** ont montionné que la présence de coliformes fécaux, streptocoques fécaux peut traduit aussi une contamination par les eaux sanitaires. **(Tir, et al., 2017)**

CONCLUSION

A l'issue de cette étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité des eaux brutes de trois sources localisées sur le territoire de la ville de Médéa à savoir Settara, Bestana et Ain Cheikh par l'analyse de 03 paramètres organoleptiques, 23 paramètres physicochimiques et 03 paramètres bactériologiques durant six campagnes de prélèvement allant du 24/02/2019 jusqu'à 13/05/2019, il ressort d'après les résultats des analyses organoleptiques qui se sont focalisées sur 3 paramètres (Odeur, gout et couleur) que l'eau de source prélevée aux différentes sources est toujours claire (transparente), inodore et elle n'a aucun gout désagréable. Pour ces paramètres organoleptiques on peut déduire le gradient suivant pour nos différentes eaux :

QUALITE ORGANOLEPTIQUE: BES=ACH=SET

Pour l'analyse physicochimique, il s'avère tout d'abord que sur le plan physique les résultats obtenus ont démontré que la température de l'eau varie entre 14,62°C valeur obtenue pour les eaux brutes de la station BES et 14,70°C pour les eaux brutes de la station ACH, ces valeurs proches sont acceptables vu que nos eaux sont des eaux de source (souterraines) et vu que la période d'échantillonnage coïncide la saison printanière. Pour le pH, nos eaux analysées présentent un pH moyen neutre qui se situe entre 7,37 (SET) et 7,48 (ACH) et une conductivité électrique moyenne qui oscille entre 650,33 µS/cm (BES) et 995,33 µS/cm **(**SET). En outre, il se montre que la turbidité obtenue est variable entre 0,242 NTU (SET) et 0,3495 NTU (BES). par rapport aux valeurs de la turbidité nos eaux sont des eaux claires. En résumé, les résultats des paramètres suscités sont conformes aux normes algériennes pour les eaux potables.

QUALITE PHYSIQUE: BES < ACH < SET

Sur le plan chimique, les différentes résultats de cette étude ont montré que la salinité moyenne enregistrée (0,18-0,35 mg/l) respectivement pour les stations BES et SET. Pour le TDS obtenu il est compris entre (674,66-1014 mg/l) valeurs respectives pour BES et SET. Ces résultats ne dépassent pas les valeurs de la norme algérienne admise pour les eaux potables.

La matière organique est comprise pour nos eaux brutes entre une moyenne de 1,45mg/l (SET) et 1,7 mg/l (ACH). Cependant, les teneurs moyennes en résidus secs se situent lors de cette étude entre 505,5 - 720 mg/l teneurs relevées au niveau des eaux de SET

et ACH et qui apparaissent clairement qu'elles sont au dessous des normes algériennes requises pour des eaux potables.

Pour le TH, la concentration moyenne minimale est enregistrée pour la station BES (37mg/l) alors que la concentration moyenne maximale (49mg/l) correspond à la station SET.

Pour le calcium, la concentration moyenne est minimale pour la station BES (113,56mg/l) alors qu'elle est maximale (157,6 mg/l) au niveau de la station SET. Les teneurs en Magnésium sont presque identiques pour les eaux des trois stations avec des teneurs moyennes variantes entre 20,97 et 23,42mg/l.

Le sodium est moins concentré au niveau de la station BES (23,5mg/l) et il est plus concentré au niveau de la station SET (62mg/l).

Le potassium enregistre la plus faible teneur (2,35mg/l) au niveau de BES et la plus forte teneur (3,8mg/l) au niveau ACH. Ces teneurs ne dépassent pas les normes algériennes.

Les teneurs en chlorures se situent lors de cette étude entre 58,69 mg/l (BES) – 172,57 mg/l (SET). Ces teneurs moyennes ne dépassent pas les normes de potabilité.

Quant aux sulfates enregistrés les moyennes obtenues sont partout supérieures à 80mg/l et atteignent 243,673mg/l au niveau de SET. Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes.

L'ammonium et les phosphates sont absents au niveau des eaux des trois stations prospectées.

La teneur moyenne la plus faible en fer est 0,0058mg/l (ACH) et la plus élevée 0,0131mg/l se situe au niveau de SET. Pour ce paramètre nos eaux ne dépassent pas les normes algériennes.

Les teneurs en nitrites sont presque identiques pour les eaux des trois stations, la valeur moyenne maximale (0.003mg/l) est obtenue pour la station ACH. Ces résultats ne dépassent pas les normes algériennes.

Les nitrates enregistrés atteignent la moyenne maximale (38,78mg/l) au niveau de la source ACH. Pour les eaux des autres sources elles atteignent 33,28mg/l (SET) et 35,44mg/l (BES).

Pour le TAC, la concentration moyenne 242,58mg/l est la plus élevée cette valeur est enregistrée au niveau des eaux de ACH. Pour les stations SET, BES, les concentrations moyennes sont respectivement de 227,91 et 220,66mg/l.

Les bicarbonates atteignent leur moyenne maximale (294.95mg/l) au niveau de la source ACH, alors qu'elles atteignent leur moyenne minimale (270.12mg/l) au niveau de la source BES.

Le Manganèse est plus concentré (0,0984 µg/l) au niveau de la station BES et il est légèrement moins au niveau des autres stations. Les valeurs obtenues de ce paramètre ne dépassent pas les normes algériennes.

QUALITE CHIMIQUE: BES < ACH < SET

Par ailleurs, les résultats bactériologiques des trois sources ont montré que les coliformes totaux enregistrent une valeur maximale (157colonies/boîte) au niveau de la source de BES, alors qu'elles enregistrent la valeur minimale (83colonies/boîte) pour la source ACH. Pour les coliformes fécaux on enregistre une valeur moyenne de 4 colonies/boîte pour la source BSE indiquant probablement une contamination fécale ou probablement c'est lié à une fausse manipulation au niveau du laboratoire. Les caractéristiques bactériologiques de nos eaux exigent comme même un traitement avec de l'eau de javel parce que les habitants de la ville de Médéa préfèrent généralement utiliser les eaux de sources pour la consommation quotidienne au lieu des eaux de robinet distribuées par l'Algérienne des eaux (ADE). Ce traitement par l'eau de javel (NaClO) est souvent constaté lors de nos sorties d'échantillonnage aux différentes points de prélèvement. Pour les Streptocoques, celles-ci sont absentes pour partout au niveau des différentes eaux prélevées.

QUALITE BACTERIOLOGIQUE: ACH<SET <BES

Pour conclure, il serait souhaitable de mener régulièrement ce type d'études basées sur l'évaluation physico-chimique et bactériologique des eaux de source, d'éventuelles études peuvent s'étaler également sur d'autres paramètres physicochimiques et microbiologiques de la qualité de l'eau, sur d'autres points de prélèvement ainsi que sur la période d'étude mais tout en les consolidant avec des analyses statistiques.

Une étude plus approfondie sur d'autres paramètres hydrogéologiques (Climat, reliefs, …etc.), donnera surement d'autres informations complémentaires sur l'origine et l'évolution de la qualité de nos eaux.

Ces suivis permanents sont d'une grande importance non seulement pour pouvoir cibler exactement les causes probables des contaminations de nos eaux de source et les traiter par la suite mais ils participent également à l'amélioration de la qualité de cette eau et de ce fait à la protection de la santé du consommateur et de son environnement.

Enfin, un grand travail doit être fait par tous les services concernés par l'eau pour sensibiliser les gens qui habitent auprès de ces sources afin de mettre des gouttes de l'eau de javel et de protéger ces sources des différentes contaminations émanant des actions humaines dans la région (eaux usées domestiques et urbaines, rejets industriels, utilisation des engrais et pesticides..) notamment pendant les saisons estivales où beaucoup de maladies comme les maladies à transmission hydrique (MTH) risquent de provoquer des épidémies à l'échelle régionale et nationale comme c'était le cas du Choléra (Blida, été 2018).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.D.E. 2019 : Algérienne Des Eaux.

ABDELLATIF, H., et ZAAFE, A. 2017. Contribution à l'étude de l'impact de la nutrition des abeilles (Apis mellifera) sur la composition de pollen de trappe dans la région de Médéa. Université Yahia Fares Médéa. Master. Ecologie et protection de l'environnement. 97p.

ABDOULAYE, D, N., KHADIJETTOU M, M, S., et Ould SID'AHMED OULD KANKOU M. 2013. Contribution a l'etude de la qualite physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve. Larhyss Journal n° 12. pp. 71-83.

ABIBSI, N., 2011. Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra. Université Mohamed Khider Biskra. Magister. Hydraulique Urbaine et Ouvrages Hydrotechniques. 149p.

AYAD, W., 2017. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda). Université Badji Mokhtar Annaba . Doctorat. Microbiologie Appliquée. 156p.

BAGNOULS, F., GAUSSEN, H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique, Bull.Soc. Hist. Nat., Toulouse, 88 : 193 –239.

BARKAT, K., 2016. Suivi de la qualité physicochimique des eaux du Barrage Béni Haroun. Université des Frères Mentouri Constantine. Master. Gestion durable des Ecosystèmes et protection de l'environnement. 54p.

BELAGOUN, Z. et Daya, H., 2015. Contrôle de qualité de l'eau de quelques sources de Chiffa (wilaya de Blida). Génie des Procédés et Environnement, Université Yahia Fares Médéa. Master. 89p.

BEN ABDALLAH, S., et BOUENANE, A., 2013. Analyses physicochimiques de l'eau de général emballage en vue de son utilisation pour élaboration d'une colle. Université A.Mira Béjaia. Master.Analyse. 78p.

BENDJEDDOU, H., 2013. Evaluation des niveaux de pollution marine par les hydrocarbures et les métaux lourds dans l'eau de mer et du sédiment superficiels marins dans la baie d'Alger. Ecole Nationale Polytechnique. Magister. Sciences de l'eau et développement durable. 134p.

BLIEFERT, C. et PERRAUD, R., 2001. Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. De Boeck -Bruxelles. 271p.

BOUCHEMAL, M. et HAMMOUDI A, C., 2016. Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debegh. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. Master. Hydraulique Urbaine. 144p.

C.D.E. 2019 : Conservation Des Forêts.

CHAOUI, W., 2007. Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'Oued Seybouse et de l'Oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma). Université de Annaba Badji Mokhtar. Magister. Géoscience. 114p.

CHELLI, L., DJOUHRI, N., 2013. Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Université A. Mira Béjaia. Master. 102p.

D.E- Médéa. 2019 : Direction de l'Environnement.

D.R.E. 2019 : Direction Des Ressources en Eau.

DHIF, M., et DAHMANI, N. 2018. Contribution à l'élaboration de la carte du degré de base d'incendie de forêt de la wilaya de Médéa. Université Yahia Fares Médéa. Master. Ecologie et environnement. 68p.

DIAM, A. 2007. Contrôle de la qualité des eaux par analyses physicochimiques. Université Hassan II -Mohammedia Casablanca. Rapport. Sécurité alimentaire et d'environnement. 28p.

El AFRI, A., 2008. Contribution à l'étude de pollution des eaux du bassin de la Seybouse : Cas des rejets industrielle de l'unité de marbre et des Carrelages Suivi de la qualité physicochimique bactériologique. Université 08 Mai 1945 de Guelma. Magister. Hydro-écologie Santé, eau et environnement. 152p.

ELODIE, R., 2014. Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). Bulletin de l'association de géographes français journale. Article. p360.

GAUJOUS, D., 1995. La pollution des milieux aquatiques (2éd). Technique et Documentation – Lavoisier, Paris. 223p.

GENIN, B., CHAUVIN, C., et MENARD, F. 2003. Cours d'eau et indices biologiques pollution-méthodes-IBGN (2 ed.). Educagri, Dijon. 223p.

GOUDET, P., et KOWALSKI, A. 2011. Physique et chimie 1er et terminale bac pro. Educagri, Dijon. pp10-11.

GRAINDORGE, J., et LANDOT, É. 2014. La qualité de l'eau potable Techniques et responsabilités Territorial, Voiron ed.. Bresson: Deux-Ponts. 145p.

INSPQ. 2003., Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Québec.

INSPQ. 2017., Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Québec.

KEMOUKH, S. 2007. Dégradation de la qualité des eaux du barrage de Zerdezas suite a une pollution naturelle w.de Skikda. Université El Hadj Lakhdar Batna. Magister. 128p.

KENDOUCI, M, A., 2018. Etude de risque de pollution des eaux souterraines de la ville de Béchar et valorisation du sable en vue de son utilisation en traitement des eaux usées. Université Mohammed Boudhiaf Oran. Thèse. 147p.

KHADRI, S. 2009. Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution.Université Badji Mokhtar Annaba. Magister. Géosciences. 134p.

MEHDI. M, M., BELABBED, B, E., DJABRI. L., HANI, A., et LAOUR, R,. 2007. Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines. Courrier du Savoir N°08. pp93-99

MERZOUG, S. E. 2009. Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda)., Université 08 Mai 1945 de Guelma. Magister. Hydro-écologie Santé, eau et environnement. 158p.

MOKEDDEME, I., BELHACHEMI, M., MERZOUGUI, T., MEKKAOUI, A,. MERZOUGUI, F., Evaluation hyrochimique des eaux souterraines de la region de Bechar : cas de la nappe jurassique. Université de TAHRI MOHAMED, Béchar.

NAIMI, M., et ALLAOUA, O. 2017. Contrôle de qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de source Chiffa. Université Yahia Fares Médéa. Master.98p.

O.M.S., 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. **(**3 éd). Vol 1. Organisation mondiale de la sante. Genève. 110p.

O.M.S., 2017. Directives de qualité pour l'eau de boisson (4 éd). Intégrant le premier additif. Genève. 564p.

POTELON, J.-L., et ZYSMAN, K. 1998. Le guide des analyses de l'eau potable. La Lettre du Cadre Territorial. 249p.

RADP., 2011. Le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

RAMADE, F. 2011. Introduction à l'écochimie. Tec & Doc. Lavoisier : Paris. 791p.

REJSEK, F., 2002. Analyse des eaux: aspects réglémentaires et téchniques. Scérén CRDP Aquitiane. 364p

REMINI, B. 2007. La problématique de l'eau en Algérie. (2 éd.). OPU :Alger. 149p.

RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N., et coll. 2009. L'Analyse de l'eau (9 éd.). DUNOD. 1579p.

SAHNOUN, F., 2010. Contrôle et surveillance de la pollution par la qualité des eaux du littoral - cas de la zone industrielle d'Arzew. r, Université des sciences et de la téchnologie d'Oran Mohamed Boudiaf. Magister. Chimie Industrielle. 86p.

SARI, H., 2014. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen).

SELLAL, A., 2018. Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de Phragmites australis (roseau), Université Ferhat Abbas Sétif 1. Doctorat. Biochimie. 145p.

TIR, E., DECHE, M., BOUNOUIRA, Y., et CHEDAD, A., 2017. Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources de la commune de Tissemsilt « cas de Ain Loura et Ain Sfa ». Larhyss journal, N°29. pp. 111-119.

TOUILI, M. SAIFI, L,. 2018. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique des eaux de barrage El-Adret (W-Médéa). Université Yahia Fares. Master. Ecologie et environnement. 103p.

ZOUAG, B., BELHADJ, Y., 2017. Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta «Tlemcen». Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Docteur en pharmacie. Université Abou Bekr Belkaîd - Tlemcen. 155p.

ANNEXES

• Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium (la matière organique)

Permanganate de potassium $KMnO_4$. Solution mère, concentration 20 millimoles/l.

- Dissoudre avec de l'eau distillée 3,2 g de $KMnO_4$ dans une fiole jaugée de 1000 ml et porter au trait avec de l'eau distillée.
- Chauffer à 90 - 95°C pendant 2 heures.
- Refroidir et stocker pendant au moins 2 jours.
- Transvaser et stocker dans une bouteille sombre en évitant de prendre le culot.
- La solution est stable 3 mois à température ambiante.

Permanganate de potassium $KMnO_4$. Solution titrante de concentration 2millimoles/l.

- Dans une fiole jaugée de 1000 ml, introduire 100 ml de la solution mère, compléter au volume avec de l'eau distillée et agiter. Cette solution est stable au moins deux mois, stockée dans un flacon brun et à 4°C.

• Détermination de la somme de calcium et magnésium (TH)

EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l

- Sécher une portion d'EDTA, sel disodique dihydraté ($C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2.2H_2O$) à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre ou en polyéthylène et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire et voir calcul de facteur de correction).

Solution tampon pH 10

- Dissoudre 67,5 g de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) dans 570 ml de solution ammoniacale [25 % (m/m) ; Q20 = 0.91 g/ml].
- Ajouter ensuite 5 g du sel disodique de magnésium de l'EDTA ($C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2Mg$) et diluer à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène (durée de conservation 3 mois). Diluer 10 ml de cette solution dans une fiole de 100 ml (dilution au 1/10ème) avec de l'eau distillée et vérifier que le pH est de 10,0 ± 0,5.

• Détermination de calcium

Hydroxyde de sodium, solution 2 N

- Dissoudre 8 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100 ml d'eau distillée, conserver dans une bouteille en polyéthylène.

• Détermination des chlorures

Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0,02 mol/l

- Dissoudre dans l'eau 3.3974 g de nitrate d'argent (AgNO3) séchés au préalable à 105 °C et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée.
- Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois.La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium (NaCl)

***Solution* d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 g/l**

- Dissoudre 10 g de chromate de potassium ($K_2C_rO_4$) dans l'eau et diluer à 100 ml.

Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/l

- Dissoudre 1.1688 g de chlorure de sodium (Na Cl) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée.

• Détermination des sulfates

Solution stabilisante

- Dans une fiole jaugée de 1000 ml, mettre 100 ml d'eau distillée, ajouter successivement 60 ml d'acide chlorhydrique pur (HCl : d= 1.19), 200 ml d'éthanol (C_2H_5OH), 150 g de chlorure de sodium (NaCl) et 100 ml de glycérol ; compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

Solution de chlorure de baryum ($BaCl_2$) à 0.01N

- Peser 150g de chlorure de baryum ($BaCl_2$, ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique ; dans une fiole de 1000ml et compléter jusqu'au trait de jauge
- Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

• Détermination de l'ammonium

Réactif coloré

- Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée.
- Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

- Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

• Détermination des phosphates

Réactif mélange (solution molybdate acide)

- Dissoudre 13 g ± 0.5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, $4H_2O$] dans 100 ml ± 5 ml d'eau. Dissoudre 0.35 g ± 0.05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté [$K(SbO)C_4H_4O_6$,$½H_2O$] dans 100 ml ± 5 ml d'eau. Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml ± 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L. Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger.

- Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois.

Acide ascorbique, solution, ρ = 100 g/l

- Dissoudre 10 g ± 0.5 g d'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$) dans 100 ml d'eau.

- Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît.

- **Détermination du Fer**

Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l

- Dissoudre 10 g de chlorhydrate hydroxylamine ($NH_2OH.HCL$) dans l'eau distillé et compléter à 100 ml.

- Cette solution est stable pendant une semaine.

Solution tampon acétate

- Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium (CH_3COONH_4) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH) et complété à 100 ml.

Solution de phénantroline-1,10

- Dissoudre 0.5 g de chlorure de phénantroline 1.10 monohydrate ($C_{12}H_9CIN_2.H_2O$) dans l'eau distillé et complété à 100 ml.

- Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

- **Détermination des nitrites**

Réactif mixte

- Dissoudre 40 gr d'amino-4 benzène sulfonamide ($NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau.

- Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ($C_{10}H_7NH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2\text{-}2HCl$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

- **Détermination des nitrates**

Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%

- Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

Solution de tartrate double de sodium et de potassium

- Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laisser refroidir et compléter avec de l'eau distillée.
- Conserver dans un flacon en polyéthylène.

- **Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)**

Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N

- Diluer **0,82** ml de l'acide chlorhydrique concentré à 37 % **(a)** et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Détermination du Manganèse (Mn^{+2})**

- Sulfate mercurique (S12), 75g
- Acide nitrique (A19), 400g
- Eau distillée, 200ml
- Acide phosphorique à 85% (A21), 200ml
- Nitrate d'argent (N2), 0,035g
- Eau distillée, compléter à 1000ml.



Figure A : Source Settara. **(Photo originale, 2019)**



Figure B : Source Bestana. **(Photo originale, 2019)**



Figure C : Source Ain Cheikh. **(Photo originale, 2019)**



Figure D : Turbidimètre de marque HACH modèle 2100N. **(Photo originale, 2019)**



Figure E : Conductimètre de marque WTW LF 318. **(Photo originale, 2019)**



Figure F : pH-mètre de marque WTW 320. **(Photo originale, 2019)**



Figure G : Photomètre à flamme de marque Prolabo. **(Photo originale, 2019)**



Figure H : Spectrophotomètre UV-Visible de marque HACH (DR4000/U). **(Photo originale, 2019)**



Figure I : Etuve.

(Photo originale, 2019)