الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحي – جيجل

Université Med-Seddik Benyahia – Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'Environnement et des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 2397

Mémoire de fin d'études

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

Option : Toxicologie de l'Environnement

Thème

Etude de la qualité physico-chimique des eaux potables de certaines sources naturelles (W. de Jijel)

Jury de soutenance :

Président : Mme.Amira.W

Examinateur : Mme. Benfridja. L

Encadreur : M^{r}.Mayache. B

présenté par :

Boukhezer Safa

Fenineche Hanifa

Session : Juin2016

Numéro d'ordre ( )

Laboratoire de soutient : laboratoire de génie géologie ; université Med-Seddik Benyahia – Jijel.

Remerciements

D'abord, on remercie fort Bien Dieu qui nous à donné l'opportunité d'apprendre langue différente de notre, qui m'a permis, de rédiger ce mémoire.

Unenous saisis ou cette occasion pour remercier aussi notre encadreur Mr.Mayache Bouelem pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce travail, aussi pour son esprit d'encadrement et sa volonté.

Mes sincères remerciements aux membres de jury qui nous a fait d'évaluer ce modeste travail à savoir Mme.AmiraWidad pour fait l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance.et un remerciement a Mme. Benfridja Leila Pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examinaer ce travail.

On remercie en particulier :

M.Debieche Taha- Hocine qui était disponible tout le long de réalisation de ce travail et pour les conseils.

Melle Chine Amel qui nous a guidés dans le travail de laboratoire.

Mes sincères remerciements à tous les enseignants et les étudiants du Département de biologie pour leurs aides dans ma formation tout au long du cursus universitaire.

A toutes les personnes de bonne volonté qui ont contribué à l'amélioration de ce travail : pour toute l'affection et la tendresse que vous avez manifesté à mon égard, à laquelle j'exprime mes remerciements

En fin on remerci tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à tous

Safa +Hanifa

Dédicaces Dédicac

Je dédie le fruit de mon travail :

Aux deux plus chères être dans ma vie, ma mère Djamila et mon père Hossein.

A mes sœurs : Sara, Ahlam et Radai.

A mes frères : Abd El Wahid, Ibrahim, Yasser et Dia dine.

A toute la famille Boukhezer, Boudraa et Benmicai surtout Mon mari Samir.

A tout mes amis et mes collègues de la promotion du master 2 Ecotoxicologie surtout de la licence.

Dédie par safa

Dédicaces

Je dédie le fruit de mon travail :

Aux deux plus chères être dans ma vie, ma mère Oumssad et mon père Ammar.

A mes sœurs : Chafia, Saliha, Afaf et Nadjat.

A mes frères et leur épruses

A toute la famille Fenineche et Zarour et surtout Mon fiancé Badis.

A tout mes amis et mes collègues de la promotion du master 2 Ecotoxicologie surtout de la licence.

A tout mes amis surtout Rachida, Nadjwa, Samia et Fatima, Djahida, Safa.

Dédie Par Hanifa

Ans : Années.

°C : Degré Celsius.

°F : Degré français.

Ca^{2+} : Calcium.

CE : Conductivité électrique.

Cl^- : Chlorure.

CO_2 : Dioxyde de carbone.

Eh : Potentiel Redox.

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.

Fe^{2+} : ion de fer.

HCl : Acide chlorhydrique.

HCO_3^- : Bicarbonate.

ISO: International Organization for Standardization.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

Km^2 : kilomètre carré.

L : Litre.

L/s : Litre par seconde.

Mm : Millimètre

Mm an^{-1} : Millimètre par année.

Mm.$mois^{-1}$: Millimètre par mois.

Mg^{2+} : Ion Magnésium.

Mg/l : Milligramme par litre.

Ml : Millilitre.

Mv : Millivolt.

N : Normalité.

NH_4^+ : Ammonium.

Nm: Nanomètre.

NO_2^- : Nitrites.

NO_3^- : Nitrates.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

ONM : Office National de la Météorologie.

P : Précipitation.

pH : Potentiel d'hydrogène.

PO_4^{3-} : Phosphate.

QC : Débit.

Sal : Salinité.

SO_4^{2-} : Sulfate.

T : Température.

TDS : Total dissodred substances.

µm: Micromètre.

V/T : Volume par temps.

Figure **Page**

Figure 01 : Cycle de l'eau 03

Figure 02 : Situation géographique de la région d'étude.....10

Figure 03: Aspect administratif de la région d'étude.....10

Figure 04: Carte lithologique de la wilaya de Jijel.....12

Figure 05: Carte géologique de la wilaya de Jijel.....13

Figure 06 : Diagramme ombro-thermique de Gaussen de la wilaya de Jijel (1988-2015).....15

Figure 07 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de la wilaya de Jijel (1990-2015) 16

Figure 08 : Photo de la source d'El-Ancer..... 18

Figure09: Photo de la source Djiza 18

Figure 10 : Photo de la source Ache El -Baz.....19

Figure 11 : Photo de la source Djkhouna.....19

Figure 12 : Photo de la source de Boumlil.....19

Figure 13 : Photo de la source de Ben Yadjis.....20

Figure 14 : Photo de la source Sidi Yakoub.....20

Figure 15: Photo de la source de Merhaba.....20

Figure 16 : Photo de la source de Mechaki.....20

Figure 17 : Localisation des sources des prélèvements.....21

Figure 18: Multi-paramètres (WTW 305i) et pH-mètre (Mettler Toledo) 22

Figure 19 : Variations de la température des eaux de sources étudiées.....27

Figure 20 : Variations du pH des eaux de sources étudiées. 28

Figure 21: Variations de CE dans les eaux de sources étudiées 29

Figure 22: Variations d'Eh dans les eaux de sources étudiées.....30

Figure 23 : Variations de TDS dans les eaux de sources étudiées.....31

Figure 24 : les variations de la salinité dans les eaux de sources étudiées.....31

Figure 25 : Variations de la dureté dans les eaux de sources étudiées.....32

Figure 26 : Variations du calcium dans les eaux de sources étudiées.....33

Figure 27: Variations de magnésium dans les eaux de sources étudiées.....34

Figure 28 : Variations de bicarbonate dans les eaux des sources étudiées.....35

Figure 29 : Variations de chlorure dans les eaux des sources étudiées.....36

Figure 30 : Variations de sulfate dans les eaux de sources étudiées.....37

Figure 31 : Variations de phosphate dans les eaux de sources étudiées.....38

Figure 32 : Variations des nitrites dans les eaux de sources étudiées.....39

Figure 33 : Variations des nitrates dans les eaux de sources étudiées.....40

Figure 34 : Variations d'ammonium dans les eaux de sources étudiées.....41

Figure 35 : Variations des débits en fonction des précipitations de trois sources.....42

Figure 36 : Variations de CE en fonction des précipitations des trois sources.....43

Figure 37 : Variations de TDS en fonction des précipitations des trois sources.....45

Figure 38 : Variations de la dureté en fonction des précipitations des trois sources. 46

Figure 39 : Variations de calcium en fonction des précipitations des trois sources.....47

Figure 40: Variations de magnésium en fonction des précipitations des trois sources.....48

Figure 41: Variations de chlorures en fonction des précipitations des trois sources.....49

Figure 42 : Variations de bicarbonates en fonction des précipitations des trois sources.....50

Figure 43 : Variations de sulfates en fonction des précipitations des trois sources.....51

Figure 44 : Variations de phosphates en fonction des précipitations des trois sources.....52

Figure 45 : Variations de nitrates en fonction des précipitations des trois sources.....53

Figure 46 : Variations de l'ammonium en fonction des précipitations des trois sources.....54

Introduction générale.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Hydrologie

I.1. Cycle de l'eau 3

I.2. Importance de l'eau 4

I.3. Répartition de l'eau sur la terre.....4

I.4. Les eaux d'approvisionnement.....4

I.4.1. Eaux de surface.....4

I.4.2. Eaux souterraines.....5

I.5. Les sources d'eau naturelle.....5

I.5.1. Définition.....5

I.5.2. Les différents types de sources.....6

I.5.2.1. Sources d'affleurement.....6

I.5.2.2. Sources de déversement.....6

I.5.2.3. Sources d'émergence.....6

I.6. Potabilité de l'eau.....6

I.7. Les paramètre de qualité ; Les paramètres organoleptiques 7

I.7.1 Couleur. 7

I.7.2.Odeur.....7

I.7.3. Goût, saveur, flaveur.....7

I.8. La pollution des eaux.....7

I.8.1. La nature des pollutions 8

I.8.1.1.. La pollution ponctuelle.....8

I.8.1.2. La pollution diffuse.....8

I.8.2. les types des polluants 8

I.8.2.1. Pollution physique.....8

I.8.2.2. Pollution chimique.....8

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel.....10

II.2. Aspect Administratif.....10

II.3. Réseau hydrographique.....11

II.4. Les reliefs.....11

II.5. Lithologique.....12

II.6. La géologie de la région de Jijel.....12

II.7. Etude Climatologique de la zone d'étude.....14

II.7.1. Caractères météorologiques de Jijel.....14

II.8. Forêts.....16

II.9. Les activités humaines.....16

II.9.1. L'agriculture.....16

II.9.2. L'industrie.....17

II.9.3. Pêche.....17

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Choix des sites de prélèvement.....18

III.1.1. Présentation des sources.....18

III.2. Techniques de prélèvement.....21

III.3. Technique de mesure des paramètres physicochimique.....22

III.3.1. Mesures in situ.....22

III.3.2. Mesure des débits.....22

III.3.3. Conservation des échantillons au laboratoire.....23

III.3.4. Analyse des éléments chimiques au laboratoire.....23

III.3.4.1. Préparations de la verrerie et de l'échantillon.....23

III.3.5. Analyse des éléments chimiques.....23

III.3.5.1. Méthode volumétrie (Titrimétrie).....23

1. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}).....23

2. Détermination des chlorures (Cl^-).....24

3. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-).....24

III.3.5.2. La méthode spectrométrique.....24

1. Détermination des Sulfates (SO_4^{2-}) (Méthode Allemande).....25

2. Détermination des phosphates (PO_4^{3-}).....25

3. Dosage des nitrates NO_3^- méthode au salicylate de sodium.....25

4. Dosage des nitrites (NO_2^-).....25

5. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+).....25

6. Détermination de Fe^{2+}.....26

III.4. Analyses statistiques des données.....26

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Qualité physicochimique des eaux de sources naturelles.....27

IV.1.1. Les paramètres physiques.....27

IV.1.1.1 Température.....27

IV.1.1.2. potentiel hydrogène (pH).....28

IV.1.1.3. la conductivité électrique (CE).....29

IV.1.1.4. Potentiel redox (Eh).....30

IV.1.1.5. Totale des solides dissous (TDS).....31

IV.1.1.6. Salinité (sal)....31

IV.1.2. Les paramètres chimiques....32

IV.1.2.1. Les éléments majeurs....32

IV.1.2.1.1. La dureté (TH)....32

IV.1.2.1.2. Calcium (ca^{2+})....33

IV.1.2.1.3. Magnésium (Mg^{2+})....34

IV.1.2.1.4. Bicarbonate (HCO_3^-)....35

IV.1.2.1.5. Chlorures (Cl^-)....36

IV.1.2.1.6. Sulfates (SO_4^{2-})....37

IV.1.2.2. Les paramètre de pollution....38

IV.1.2.2.1. Phosphates (PO_4^{3-})....38

IV.1.2.2.2. Nitrites (NO_2^-)....39

IV.1.2.2.3. Nitrates (NO_3^-)....40

IV.1.2.2.4. Ammonium (NH_4^+)....41

IV.2. Variation des paramètres physicochimiques des trois sources de suivi journalier....42

IV.2.1. Le débit en fonction de précipitation....42

IV.2.2. Les variations des paramètres physico-chimiques en fonction des précipitations....43

IV.2.2.1. la conductivité électrique....43

IV.2.2.2. Totale des solides dissous (TDS)....45

IV.2.2.3. La dureté (TH)....46

IV.2.2.4. Calcium (Ca^{2+})....47

IV.2.2.5. Magnésium (Mg^{2+})....48

IV.2.2.6. Chlorures (Cl^-)....49

IV.2.2.7. Bicarbonates (HCO_3^-)....50

IV.2.2.8. Sulfates (SO_4^{2-}).....51

IV.2.2.9. Phosphates (PO_4^{3-}).....52

IV.2.2.10. Nitrates (NO_3^-).....53

IV.2.2.11. Ammonium (NH_4^+).....54

Conclusion.....55

Référence bibliographiques.....57

Annexes

Résumé

Introduction générale

L'eau est l'élément indispensable à toute forme de vie et le principal constituant des êtres vivants. Il permet la vie animale et végétale, sans l'eau, aucun organisme ne peut vivre, avec de l'eau, la vie peut exister même dans les milieux les plus inhospitaliers comme les systèmes hydrothermaux des dorsales océaniques ou les faunes et flores qui survivent dans les déserts **(Bordet, 2007)**.

Les humaines utilisent l'eau pour de multiples activités ; économique, agricoles, urbaines, industrielles ou de transport. En effet l'eau est utilisée pour l'alimentation, l'hygiène corporelle, le linge et les vaisselles. La qualité de cette eau pour chacun de ses usages a une incidence sur notre santé et peut causer plusieurs types de maladies (cutanées, visuelles, urinaires, intestinales, etc.).

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

La croissance démographique, augmente les besoins en eau. Cette pression sur les ressources naturelles se traduit par une production de plus en plus importante de déchets de toute nature contaminants ainsi voir polluants les réserves en eau naturelle. De nombreux foyers de pollution bien au niveau des eaux de surface que des eaux souterraines ont été signalés à cause du rejet industrielle, urbain et à cause d'utilisations des engrais et des pesticides, menaçant ainsi la qualité des eaux potables.

Plusieurs travaux de recherche ont montrés l'effet des activités anthropiques sur la qualité physico-chimique des ressources en eau, dans le monde **(Duh et al. 2008)** et en Algérie **(Debieche et al. 2003 ; Benrabah et al. 2013 ; Bougherira et al. 2014)**. Pour protéger la santé publique, un contrôle de l'état actuel de la qualité des ressources hydriques est primordial.

La wilaya de Jijel a connu, la dernière décennie, une croissance démographique et économique importante, ce qui augmente le besoin de la population en eau. La région de Jijel renferme plus de 1000 ressources naturelles ce qui amorti la demande sur l'eau d'approvisionnement publique. Une fraction importante de la population jijellienne consomme de l'eau de source.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux potables de certaines sources naturelle de la wilaya de Jijel. Notre travail a pour objectif de contrôler ces eaux d'une éventuelle contamination afin de protéger la santé des citoyens. Cette évaluation est basée sur la mesure de certains paramètres physico-chimiques.

La présentation du manuscrit s'articule autour de deux parties principales :

La première partie est une synthèse bibliographique constituée de deux chapitres :

- Le premier est consacré aux généralités sur les ressources en eau potable dans lequel nous avons présenté le cycle, l'importance et la répartition de l'eau sur la terre ainsi que les paramètres de la qualité des eaux potables.
- Le seconde abordera une présentation de la zone d'étude, consacré à une description générale ; aspect administratif, réseau hydrographique, reliefs, lithologique, géologie, climatologie…

La deuxième partie est consacrée l'étude expérimentale, constituée de deux chapitres :

- Chapitre I : expose le matériel, les méthodes et les techniques utilisées pour réaliser ce travail.
- Chapitre II (Résultats et discussions) : c'est le chapitre le plus important du mémoire, dans lequel nous présenterons nos résultats sous forme de graphiques et leur interprétation et une discussion.

Enfin, ce travail sera clôturé par une conclusion générale ainsi que des perspectives.

Partie I :

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Hydrologie

I.1. Cycle de l'eau

On peut définir les mouvements de l'eau sur la terre comme des flux dans un système à circuit fermé. Une représentation simple de ce circuit implique des mouvements d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère, de l'atmosphère vers les masses continentales, puis des masses continentes vers les océans. Cette nature cyclique est à l'origine du terme général attribué à ces mouvements d'eau : cycle de l'eau (fig.1). La réalité est plus complexe cependant, car le cycle de l'eau comprend plusieurs options de cheminements.

L'eau, élément sous trois formes (liquide à l'état normal, gazeuse en vapeur, solide en glace), parcourt un cycle éternel. Sur terre, l'eau est stockée principalement dans les océans ,et l'évaporation à partir de ceux–ci demeure souvent identifiée le point de départ du cycle de l'eau. L'évaporation est causée par le réchauffement de la couche de surface des océans par le rayonnement solaire, ce qui entraine ainsi de la vapeur d'eau vers l'atmosphère (fig.1) Cette vapeur se déplace ensuite au gré des mouvements des masses d'air par des phénomènes de convection et d'advection. Soumise à des conditions favorables, la vapeur d'eau se condense pour former les nuages et engendrer des précipitations sous forme de neige ou de pluie **(Anctil et al, 2012 ; Samake, 2002).**

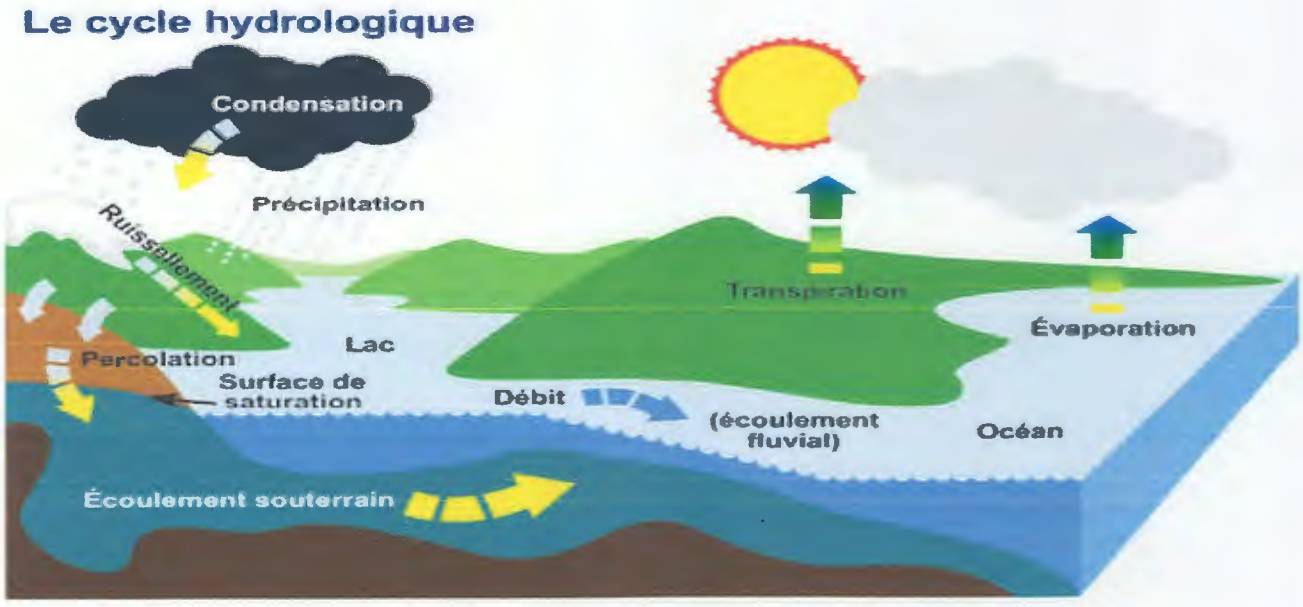


Figure 1 : Cycle de l'eau [1].

I.2. Importance de l'eau

- L'eau revêt de nombreux aspects importants dons la vie des hommes. Elle est nécessaire à la vie et constitue un moyen de nettoyage. Dans l'industrie l'eau à multiples fonctions, par celle de fluide de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de la production) ou de solvant et de milieu réactionnel. L'eau est utilisée comme moyen d'alimentation et d'évacuation ainsi que pour la circulation et le transport.
- L'eau exerce une influence fondamentale sur le climat : c'est un régulateur de chaleur important pour l'atmosphère, parce qu'elle absorbe le rayonnement provenant de la terre.
- L'eau joue un rôle très important dans la photosynthèse, qui est, sur terre, la réaction chimique de transformation de l'énergie la plus important, c'est aussi la réaction qui, transforme le plus grande nombre de substances.
- L'eau constitue aussi une grande partie du corps humain (pour un adulte, environ70%, et davantage pour un enfant), dans lequel elle transporte des substances en suspension ou l'état dissous **(Bliefert et perraud, 2001).**

I.3. Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à $1,4.10^9$ Km^3. Les mers et les océans représentent 97,4% de la totalité des eaux terrestres. Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets en neigés et les glaciers et la quasi-totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques **(Sari., 2014).**

I.4. Les eaux d'approvisionnement

Il existe deux réserves principales disponibles des eaux naturelles: les eaux de surface (lacs, rivières), les eaux souterraines (infiltration, nappes).

I.4.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent (rivières, fleuve) ou qui sont stockées à la surface des continents, stagnantes (lacs, étangs). Ils sont moins stables et contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer désagréments olfactifs et gustatifs **(Sari., 2014)**

I.4.2. Eaux souterraines

Toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, en contact direct avec le sol ou le sous-sol, et qui transite plus ou moins rapidement (année, siècle) dans les fissures ou les pores, qui seront caractérisées par leurs volumes disponibles (stocks) et leurs capacités de renouvellement **(Bordet, 2007).** On trouve des eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe, mais avec des variations considérables de profondeur, qualité minérale, quantité, vitesse d'infiltration et nature du sol **(UNICEF, 1999).**

- ✓ **Pénétration de l'eau dans le sol**

Cette percolation va dépendre bien entendu de la perméabilité du terrain concerné. En hydrologie, on distingue grossièrement deux types de perméabilités : la perméabilité en petite et la perméabilité en grand **(Vilaginés, 2010).**

- **Perméabilité en petit**

La perméabilité en petit qualifie un terrain où l'eau percole lentement et régulièrement. Elle se mesure donc par la quantité d'eau de percolation s'écoulant à travers l'unité de surface pendant une unité de temps et sous une pression donnée.

Un terrain perméable en petit possède un fort pouvoir filtrant et retient de ce fait les fines parcelles d'argile et très petites grains de roches ou de végétaux, qui ont eux-mêmes adsorbé diverses bactéries **(Vilaginés, 2010).**

- **Perméabilité en grand**

La perméabilité en grand caractérise les terrains où l'eau circule dans de larges fissures, voire des cavernes, ou les actions capillaires sont peu sensibles et où il n'existe pratiquement pas de pouvoir filtrant. Parmi ces roches, on peut noter le granite fissuré et les roches éruptives **(Vilaginés, 2010).**

I.5. Les sources d'eau naturelle

I.5.1. Définition

Structure géologique où vient se déverser à la surface une nappe phréatique ou encore un réseau hydrologique souterrain de nature karstique ou issu d'infiltrations dans des roches cristallines fissurées **(Ramade, 2000).**

Une source est le résultat d'un aquifère tellement rempli qu'il surgit à la surface de la terre. Il existe de petites sources qui coulent après une forte chute de pluie et de grandes sources qui écoulent de grandes quantités d'eau par jour.

Les sources se forment dans n'importe quelle type de roche mais le plus souvent on les trouve dans le calcaire et la dolomie qui craquent facilement et peuvent se dissoudre lors de pluies acides. Et comme la roche se dissout et craque, l'eau trouve un chemin pour sortir. Si l'écoulement est horizontal, il atteindra la surface et formera une source [2]

I.5.2. Les différents types de sources

Les principaux types de sources sont :

I.5.2.1. Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie **(Vilaginés, 2000).**

I.5.2.2. Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités **(Bonnin, 1982).**

I.5.2.3. Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner **(Sari, 2014).**

I.6. Potabilité de l'eau

L'eau potable est définit comme une eau qui ne doit pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des hommes, c'est une eau agréable à boire, claire et sans odeur **(Bordet, 2007; Alahiane et Mounaam., 2009).**

I.7. Les paramètres de qualité ; les paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques (Couleur, Odeur, saveur) sont des paramètres de confort qui n'ont généralement pas d'incidence directe sur la santé, une eau peut être trouble, colorée, sentir, le chlore et être consommable sans danger. Mais, cette dégradation de la qualité est souvent la cause première d'insatisfaction et de perte de confiance des consommateurs par rapport à l'eau distribuée **(Bordet, 2007).**

I.7.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(Rodier et al, 2009).**

I.7.2. Odeur

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles .Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition **(Rodier et al, 2009).**

I.7.3. Goût, saveur, flaveur

Le goût de l'eau est la sensation qui résulte de l'interaction entre la salive et les substances dissoutes dans l'eau telle que la perçoivent les bourgeons du goût logés dans les papilles gustatives, il est variée souvent des causes naturelles ; elles peuvent être influencées par des activités humaines **(Samake, 2002).**

I.8. La pollution des eaux

De nombreux facteurs peuvent modifier les composantes physico-chimiques des milieux aquatiques et notamment des pollutions de nature diverse.

Reynaud et verrel in Arouya (2011) définissent la pollution comme suit : « la notion de la pollution ne se réfère pas à la pureté des eaux ni même à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines **(Sari, 2014).**

I.8.1 La nature des pollutions

La pollution peut être de diverses natures : accidentelles, ponctuelles, diffuses ou dispersées. Elles proviennent d'origines variées agricoles, industrielles, urbaines ou domestiques. Toutes sont susceptibles de dégrader les ressources en eau **(Bordet, 2007).**

I.8.1.1. La pollution ponctuelle

Elles sont définies par une origine précise (décharges d'ordures, rejets industriels, gros élevages) et un exutoire (nappes, rivière, lac, canaux). Elles sont donc identifiables et maitrisables une trainée de pollution se forme en aval. Elle s'étale et se dilue en s'éloignant de son origine **(Bordet, 2007).**

I.8.1.2. La pollution diffuse

Elles sont réparties sur de vastes espaces homogènes hydrogéologiquement. Elles atteignent la nappe par infiltration, elles évoluent lentement et sont influencées par des épisodes climatiques : la pluie lessive les sols et augmente la pollution des nappes ; inversement durant les années de sécheresse les sols stockent de multiples produits chimiques d'origine agricole **(Bordet, 2007).**

1.8.2. Les types des polluants

Selon la nature des polluants on distingue deux grandes catégories

I.8.2.1. Pollution physique

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer trois types de polluants ayant un caractère physique **(Arouya, 2011).**

- Polluants mécaniques qui sont dus aux effluents solides rejetés par les usines
- Les polluants thermiques sont représentés par des rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaires et électriques et
- Les polluants atomiques sont réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des usines utilisant l'énergie atomique.

I.8.2.2. Pollution chimique

Elle est due essentiellement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques, perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique. Certains de ces produits, entre autres les métaux lourds, sont non biodégradables et peuvent occasionner des intoxications chez l'homme. Selon la nature des polluants, on distingue les polluants organiques et les polluants inorganiques **(Arouya, 2011).**

- **Polluants organiques :** les hydrocarbures, les pesticides et les détergents sont les plus importants et les plus dangereux des polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques.
- **Polluants inorganiques :** parmi les polluants inorganiques rejetés en grandes quantités par l'industrie, on trouve les résidus de traitement de minerais, traitement de surface, traitement électrolytiques, etc.....beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds et sont donc très toxique **(Arouya, 2011).**

II.3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région est très dense. Il est dominé par une direction Sud-Nord et des affluents de directions différentes favorisent l'écoulement des lames d'eau précipitées qui déversent généralement dans la mer. Les plus importants oueds sont:

- Oued El-Kébir: qui prend naissance de la jonction d'Oued Rhumel et Oued Endja, traverse El-Milia et El-Ancer et se jette à la mer dans la région de Beni-Belaid.
- Oued Djen-Djen qui prend sa source au Babors (Erraguene) est constitué de trois étages (partie supérieure Erraguene barrage, partie centrale Oued Missa+ Taballout et partie maritime Azzaouane à Taher) **(boudjedjou, 2010).**

La région de Jijel fait partie des deux bassins versants (côtier constantinois), (El-Kébir-Rhumel). Son réseau hydrographique est constitué de deux oueds majeurs (oued El Kébir et oued Djendjen) ainsi qu'une multitude d'oueds côtiers importants**(Boudjedjou, 2010 ; PTAW, 2011).**

II.4. Les reliefs

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000, on distingue principalement deux régions physiques:

- Les zones de plaines

Situées au nord, le long de bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hor.

- Les zones de montagnes

Elles constituent l'essentiel du territoire de la wilaya (82%) et sont composées de deux groupes:

- ✓ Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.
- ✓ Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont: Tamasghida, Tababour, Bouazza et Seddat **(ANDI, 2015).**

II.5. Lithologique

Désigne la nature des roches constituant une formation géologique agit sur la pédogenèse. De point de vue géologique, dans la région de Jijel lithologie est favorable à la formation de différents types de sols et caractérisée par les formations suivantes :

- ✓ Marnes et argiles, occupent les faibles altitudes et les bordures des vallées alluviales ;
- ✓ Gneiss, flysch et grés, dominent les hauteurs ;
- ✓ Quelques îlots de calcaire éparpillés à l'intérieur de la formation précédente ;
- ✓ Les alluvions, dominent les terrasses d'oueds (fig.4)**(PATW, 2011).**

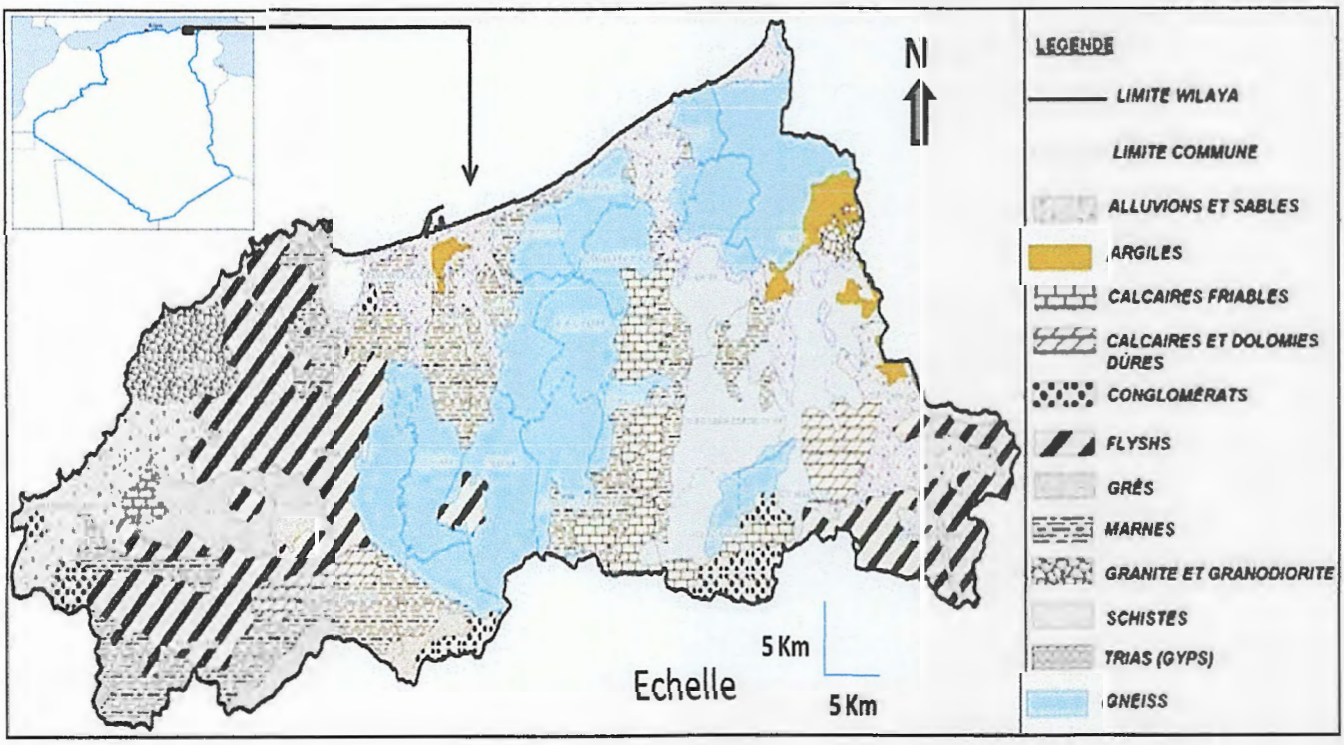


Figure 04 : Carte lithologique de la wilaya de Jijel **(YME, 2011).**

II.6. La géologie de la région de Jijel

La wilaya de Jijel se trouve dans la zone dite les massifs métamorphiques kabyles faisant partie des zones hydrogéologiques des montagnes plissées du littoral méditerranéen. Elle appartient au domaine de la petite Kabylie qui présente trois massifs anciens(fig.5).

- ✓ Les Babors, le massif de Collo et le massif de l'Edough avec leurs couvertures plissées d'âge Mésozoïque et Cénozoïque.
- ✓ La petite Kabylie se limite au Nord par la mer méditerranée, à l'ouest par laSoummam et la grande faille qui sépare la petite Kabylie de la Grande Kabylie, à l'Est-elle se limite par la

dépression de la plaine de Annaba, tout à fait au Sud, on a une rupture imprécise qui correspond à la ligne de partage des eaux entre le bassin du Hoddna et les oueds du Nord drainés par la méditerranée.

- ✓ La majeure partie de la petite Kabylie est formée par des roches cristallophylliennes, avec une couverture sédimentaire formée de grés et de dépôts plus récents, l'ensemble et traversé par des filons éruptifs.

Du point de vue géologique, la région de Jijel a fait l'objet de plusieurs études géologiques, Dont celles de**Delga (1955),Bouillin (1971), Raoult (1974) et Djellit (1987)**. Ces Études montrent l'existence de deux types de terrains, l'un sédimentaire et l'autre Métamorphique**(Boucenna, 2009)**

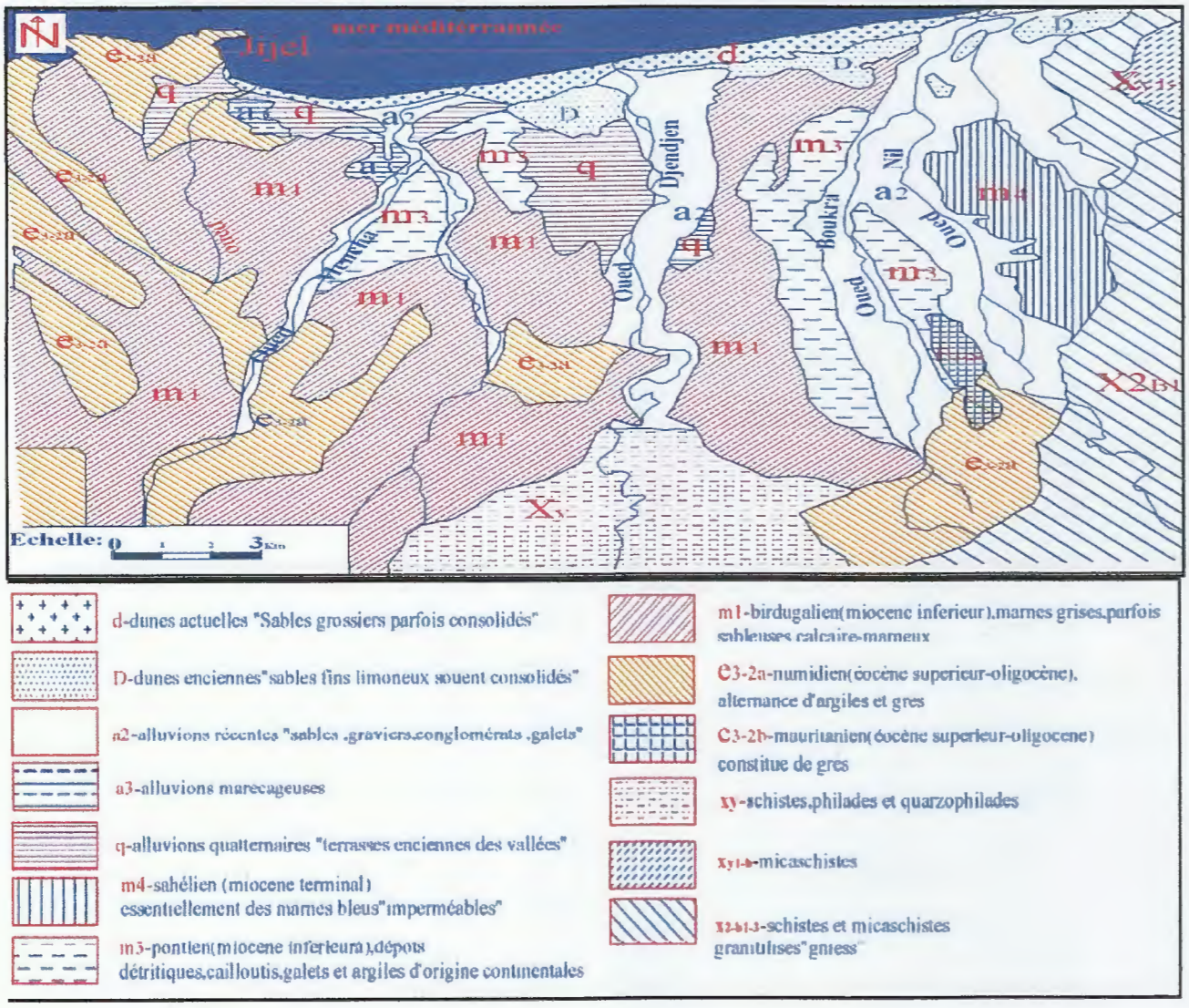


Figure 05 : Carte géologique de la wilaya de Jijel **(Boucenna, 2009).**

II.7. Etude Climatologique de la zone d'étude

Dans cette étude hydro-climatique, nous avons utilisés les données climatologiques de la station la proche de la plaine, qui correspond à la station météo d'Achouat (Taher).

II.7.1. Caractères météorologiques de Jijel

Le climat de Jijel est un climat méditerranéen doux avec une température douce d'une faible amplitude thermique diurne du fait de sa proximité de la mer, mais très humide en hiver avec un cumul pluviométrique moyen de1010, 4 mm /an (moyenne calculée sur la période 1988-2015).

- **précipitation**

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier .nous révèle les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations sur un période de 27ans, soit de 1988 à 2015 **(ONM ,2015)**

La figure 06 au –dessous montre que la précipitation moyenne varie entre 3 et 186 mm an^{-1}. La saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 146 ,21 $mm.mois^{-1}$ et un pic au mois de décembre avec une valeur maximale de 185,79 mm/mois. Par contre, l'été est sec avec une faible recharge de 11,37 $mm.mois^{-1}$ et une valeur minimale au juillet de 3,1 mm/mois.

- **Température**

La température est un facteur écologique majeur tant dans les biotopes terrestres qu'aquatiques, la valeur élevée de la températurependant la période d'été produire uneévaporation de l'eau et en même temps une augmentation de la concentration des élémentschimiques dans la nappe.

Les moyennes représente par le figure 06indique que les valeurs le plus élevées sont observées pendant la période d'été (Juin – octobre) avec des températures variant de 21 à 26,48°C). Par contre les températures les plus basses, de 11 à 13,5°C, sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars) avec un minimum pendant le mois de janvier et février (11,72°C). Les autres mois présentent des températures intermédiaires (16 à 20°C).

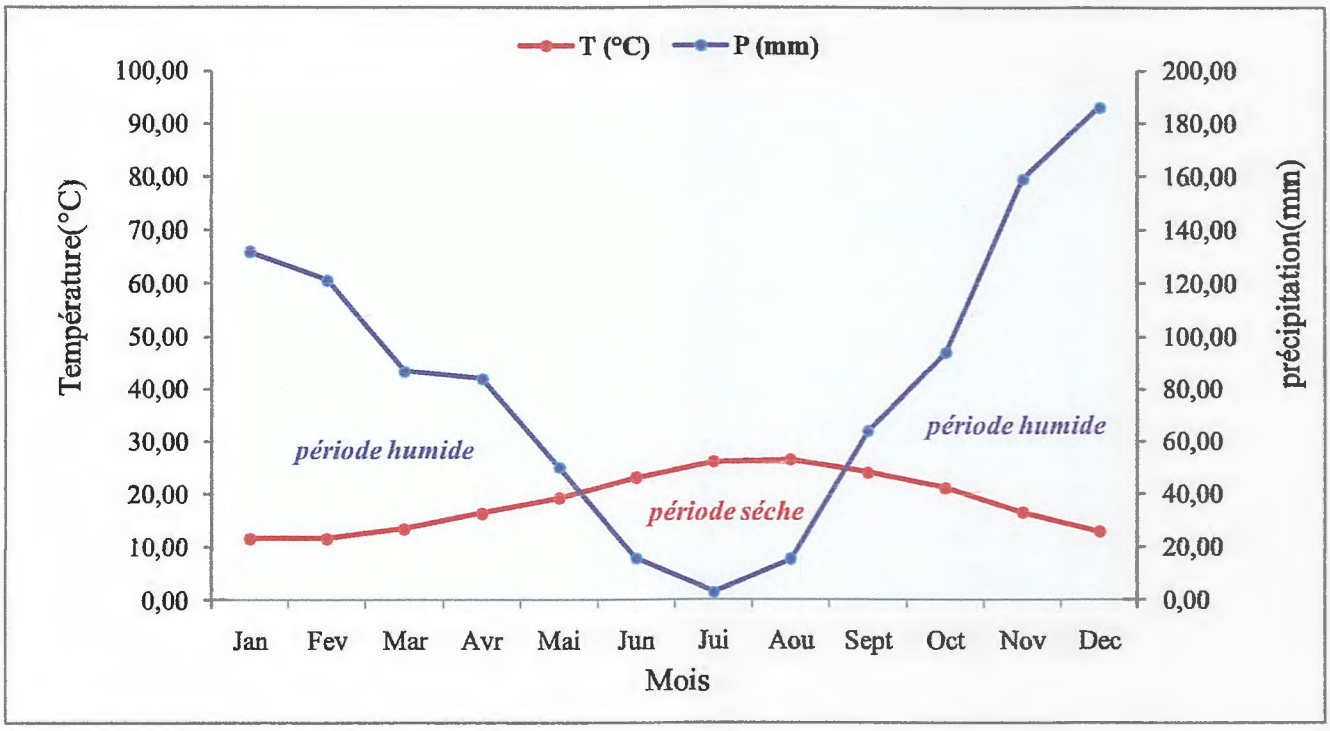


Figure 06 : Diagramme ombro-thermique de Gaussen de la wilaya de Jijel (1988-2015) **(ONM).**

- **L'humidité**

C'est la mesure du degré d'imprégnation hydrique d'un substrat. Les valeurs sont relativement homogènes, la valeur maximale signalée au mois de janvier 78,02% et un minimum au mois d'août 71,82 % avec une humidité moyenne annuelle est de 74,98 % (fig.7).Dans l'atmosphère, l'humidité est présente en permanence et diminue la consommation d'eau des arbres en ralentissement ses transpirations.

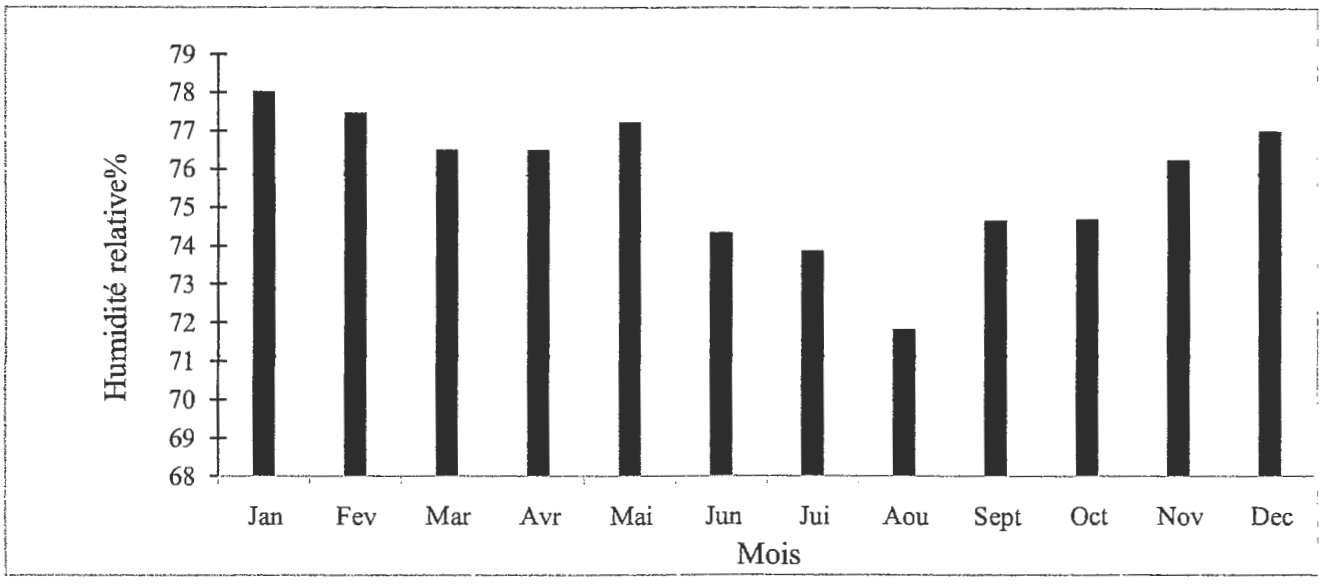


Figure 07 : moyenne mensuelle de l'humidité relative de la wilaya de Jijel (1990-2015) **(ONM).**

II.8. Forêts

La région de Jijel est caractérisée par une couverture végétale très dense, favorisé par l'importance de précipitation, les conditions climatiques et la nature des terrains de la région ont permis le développement des forêts très dense. Ces forêts sont essentiellement représentés par du chênes liégé et chêne afarès dans la région de Djimla, Taxanna, Béni Balaid, d'El Aouana, Ziama et Selma Ben Ziada. Le Chêne zen, dans la région de Taxanna, El Ancer et Chahna et le pin maritime, dans la région de Beni Habibi.

Les formations forestières qui vêtent les régions montagneuses, estimées à 82 % de la superficie totale de la wilaya, jouent donc un rôle primordial dans la protection des sols contre les différents types d'érosion et les barrages contre le phénomène d'envasement **(ANDI, 2015)**revêtent une importance socio-économique dans l'économie de la wilaya.

II.9. Les activités humaines

II.9.1. L'agriculture

L'agriculture est le premier secteur économique de la wilaya de Jijel qui fait la partie de la zone du Sahel et des zones littorales surtout la région de Taher,Béni Balaid et Sidi Abdelaziz grâce à des conditions climatiques très favorables, qui sont occupées par les cultures maraîchères (fruits et légumes) et plus particulièrement par la plasticulture qui estconsommé localement. L'utilisation

des pesticides et des engrais est relativement importante pour les cultures mais provoque la pollution des eaux qui engendre des dangers sur la santé humaine.

II.9.2. L'industrie

La région Jijel se distingue par ses équipements industriels lourds au niveau de la commune de Taher répartis sur plusieurs pôles industriels spécialisés dansbriqueterie,verrerie, lamécanique et l'industrie alimentaire.Le développement de ces activités provoque la pollution des trois compartiments de la biosphère qui causedes effets néfastes sur les populations voisinantes.

II.9.3. Pêche

La pêche est une activité économique pratiquée depuis toujours par la population locale et a pendant très longtemps constitué la principale source de revenu des autochtones. Lawilaya de Jijel dispose d'une longueur de côte côtière de 120 km avec un potentiel halieutique appréciable et diversifié : divers poissons, crustacés et mollusques et de gisements de corail.

La wilaya a traditionnellement une vocation dans le domaine de la pêche et dispose pour cela d'un minimum d'infrastructures composées de : 2 ports de pêche (à Boudis - Jijel ville et à Ziama Mansourai) d'une capacité totale de près de 300 unités de pêche, ainsi que d'un port de plaisance en cours de réalisation à El Aouana d'une capacité 210 unités dont 70 unités de pêche **(PATW, 2011).**

Partie II :

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

III.1. Choix des sites de prélèvement

Notre étude fait partie d'une étude plus approfondie, en cours de réalisation dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat de Melle Chine Amel. elle porte essentiellement sur le suivi de la qualité physico-chimique des eaux potables de certaines sources naturelle situées au niveau de la région Djimla, Beni-Yadjis, Selma Ben-Ziada et Texanna.

Nous avons réalisé un prélèvement le 27/03/2016pour les sources suivantes : El-Ancer, Djiza, Ache El-Baz, Djkhouna, Boumlil, Ben Yadjis, Sidi Yakoub, et Merhaba. Une autre compagne de prélèvement a été réalisé le 23/04/2016pour la source de Mechaki. Un suivi journalier qui s'étend de 04 /04/2016 jusqu'à 18/04/2016, concerne trois sources ; Sidi Yakoub, Ben Yadjis et El -Ancre.

III.1.1. Présentation des sources

Source El-Ancer : c'est une source naturelle d'eau potable, située au niveau de la commune Djimla elle alimente la population de Mardj Abdallah (fig. 08).

Un suivi journalier est réalisé du 04/04/2016 au 18/04/2016.

Figure 08 : Source d'El-Ancer

Source Djiza : c'est une source naturelle d'eau potable, située au niveau de la commune Djimla elle alimente les habitants de proximité (fig. 09).

Figure 09 : Source Djiza

Source Ache El -Baz :

C'est une source d'eau potable, située au niveau de la commune Djimla (Djebel Ghballa) cette source alimente la population avoisinante ; Boudjouada, Daher Talaa, El M'had, Fedouless, Ghballa, Laatama, Oualdja, Ouled Aïssa, Ouled Ahssen et Stitra (fig. 10).

Figure 10 : Source Ache El -Baz

Source Djkhouna : c'est une source d'eau potable, situe au niveau de la commune Djimla (Djebel Bouazza) (fig. 11).

Figure 11 : Source Djkhouna

Source de Boumlil(Ain El Klaoui): c'est une source naturelle d'eau potable, au niveau de commune de Boudriaa Ben Yadjis (Brachma), elle alimente les citoyens de la zone ainsi que les travailleursdu chantier du barrage de Taballout (fig. 12).

Figure 12 : Source de Boumlil

Source de Ben Yadjis : c'est une source naturelle d'eau potable, située au niveau de la commune de Boudriaa Ben Yadjis réaménagée par la conservation des forêts de la wilaya (juillet 2006) (fig. 13).

Figure 13 : Source de Ben Yadjis

Un suivi journalier est réalisé le 04/04/2016 au 18/04/2016.

Source de Sidi Yakoub : c'est une source naturelle d'eau potable, réaménagée par la conservation des forêts de la wilaya(2011). Située au niveau de commune de Texanna (fig. 14).

Figure 14 : Source Sidi Yakoub

Un suivi journalier est réalisé le 04/04/2016 au 18/04/2016.

Source de Merhaba : c'est une source naturelle d'eau potable, aménagée par la conservation des foréts de la wilaya (Mars 2006). Située au niveau de commune de Texanna (fig. 15).

Figure 15 : Source de Merhaba

Source de Mechaki : Située au sud de la commune de Selma Benziada, à trois kilomètres du chemin de la wilaya n°137, la source d'El Machaki est un site touristique par excellence considérée comme une curiosité naturelle. Mystérieuse et objet de légendes diverses, cette source, a un débit très particulier : l'eau commence par jaillir en abondance de la grotte, puis son débit se diminuer graduellement et au bout de dix minutes, il s'arrête totalement. Un nouveau cycle recommence après dix minutes (fig. 16).

Figure 16: Source de Mechaki

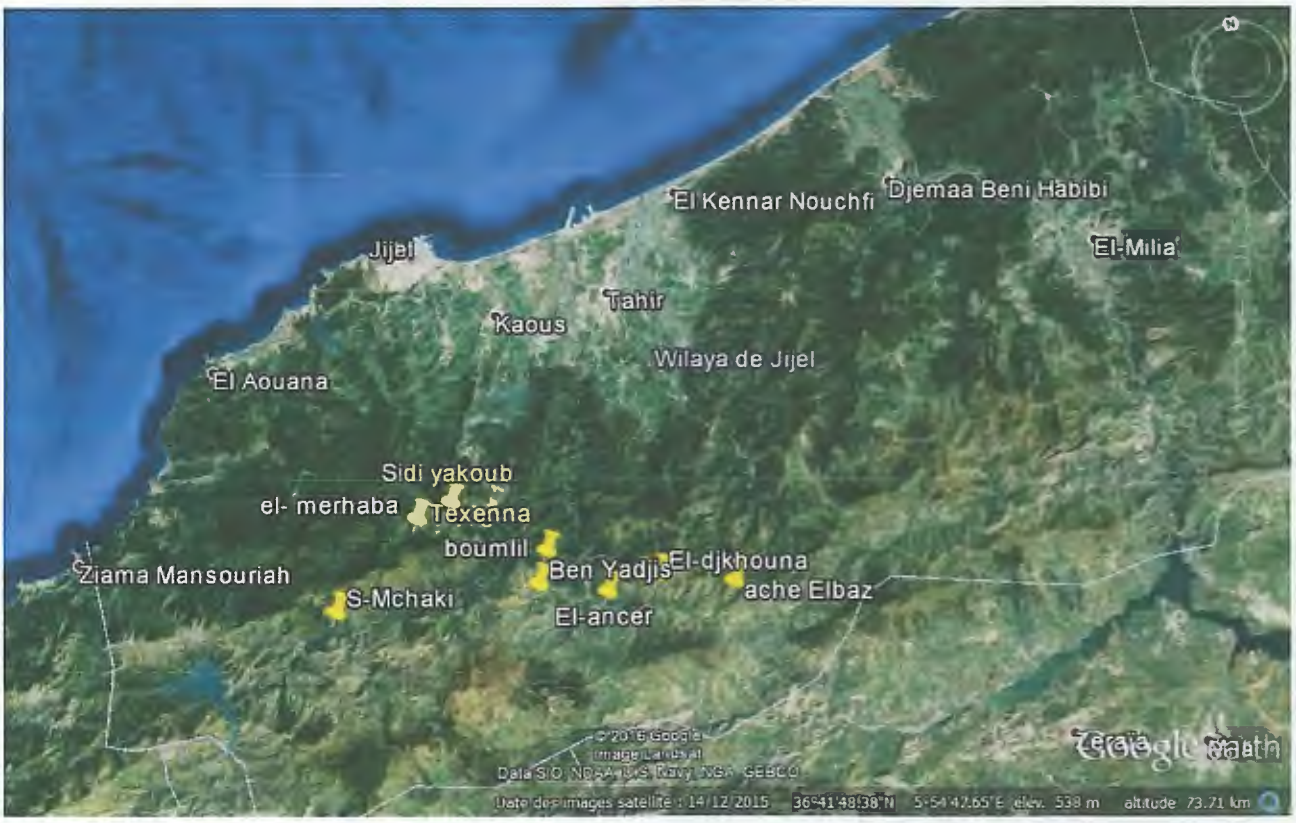


Figure 17 : Localisation des sources des prélèvements **(Google earth).**

III.2. Techniques de prélèvement

Pour chaque source, une bouteille en polyéthylène (1.5 L) a été prélevée. Le protocole utilisé pour faire le prélèvement est résumé comme suit :

- Etiqueter des bouteilles (nom de la source et date de prélèvement) en utilisant un marqueur permanant afin d'éviter le mélange des échantillons.

- Rincer les bouteilles trois fois, avant le prélèvement, par les eaux de la source afin d'éliminer toute éventuelle trace d'une contamination.

- Remplir les flacons complètement et fermer soigneusement par des bouchons pour empêcher la présence des bulles d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

- La conservation in-situ des échantillons a été faite en plaçant les échantillons dans une glacière portative et à l'abri du soleil.

III.3. Techniques de mesure des paramètres physicochimique

III.3.1. Mesures in situ

À l'aide d'un multi-paramètre de terrain de marque WTW 305i, certains paramètres ont été mesurés sur le terrain, à savoir ; la température (TC°), le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), the total dissolved substances (TDS) et la salinité (Sal).Le potentiel redox (Eh) est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque Mettler Toledo(fig.18).

Figure (18): Multi-paramètres (WTW 305i) et pH-mètre (Mettler Toledo).

III.3.2. Mesure des débits

Il existe un grand nombre de méthodes de mesures des débits, dont la mise en œuvre variera selon les situations (il s'agit de faible ou de très fort débit, écoulement en régime fluvial ou torrentiel pour un cours d'eau…) **(Rodier et al, 2009).**

Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de jaugeage capacitif qui est la plus précise pour les faibles débits et la mesure dite « à capacité ». Cette méthode ne nécessite qu'un récipient et un chronomètre, elle s'applique à un flux faible et canalisé. La méthode consiste à mesurer le temps que met le récipient, de volume connu(14 L dans notre cas), à se remplir d'eau. La formule **QC = V/T** (où V est le volume du seau en litres et T le temps en secondes pour le remplir) donne le débit **(en l/s).** L'erreur de mesure est faible avec ce système et peut être estimée en fonction de l'imprécision sur le temps de remplissage et le volume du seau **(Rodier et al, 2009).**

III.3.3. Conservation des échantillons au laboratoire

Les bouteilles échantillonnées sont conservées au frais et à l'abri de la lumière. Pour l'analyse des cations, une bouteille de 500 ml d'eau a été acidifiée (pH. 2) afin d'éviter la complexassions de ces derniers. Cette acidification est capable de stabiliser les métaux lourds et les cations pendant 1 mois **(Rodier et al, 2009).**

III.3.4. Analyse des éléments chimiques au laboratoire

III.3.4.1. Préparations de la verrerie et de l'échantillon

La verrerie etles autres flacons utilisés pour le dosage ont été nettoyés par de l'acide chlorhydrique HCl0.1N ou 10%, puis rincée par l'eau de robinet, ensuite avec l'eau distillée. La verrerie sera après séchée et fermés.

III.3.5. Analyse des éléments chimiques

Une analyse complète des éléments chimiques a été effectuée pour cette étude : les éléments majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl-, SO_4^{2-}, et $HCO3^-$), les éléments organiques (NO^{3-}, NO^{2-}, $PO4^{3-}$, et NH^{4+}) et leF^{2+}.

III.3.5.1. Méthode volumétrie (Titrimétrie)

Cette méthode est la plus utilisé elle permet de déterminer la concentration d'un composé dans une solution donnée à partir de la mesure de la quantité d'un réactif qui réagit avec lui quantitativement. Soit le titrage de composé A en solution à une concentration inconnue CA. Des volumes croissants et connue VB d'une solution du réactif B de concentration connue CB sont ajoutés progressivement à un volume exactement mesuré VA de la solution A. VBF (F : Final) volume versé de B lorsque A vient juste disparaître et la relation est déterminée au-dessous : $C_A=C_B*V_{BF}/V_A$ **(Burgot, 2011).**

Cette méthode est utilisée pour évaluer les paramètres suivants:

1. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10 est réalisé.Le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicatcur **(ISO N° 6058 OU NF T90-003).**

2. Détermination des chlorures (Cl^-)

Le principe est consisté à la réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement.Addition d'un petit excès d'ions argent et la formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation **(NF T 90 – 014).**

$$Ag\,NO_3 + Na\,Cl \longrightarrow \{Ag\,Cl\} + Na\,NO_3$$

$$2\,Ag\,Cl + K2\,Cr\,O_4 \longrightarrow 2\,KCl + Ag_2\,CrO_4$$

3.Détermination de l'alcalinité (HCO^{3-})

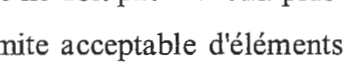
La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée est nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC)**(NF T0-036).**

Pour les éléments organiques nous avons utilisé la méthode spectrométrique d'absorptionmoléculaire

III.3.5.2. La méthode spectrométrique : est une méthode simple basée sur les réactions colorées, quand un rayonnement d'une longueur d'onde donnée λ traverse un milieu, son intensité diminue en fonction de la densité des espèces absorbantes et de l'épaisseur du milieu. Cette propriété est utilisée pour déterminer la concentration des espèces chimiques absorbant à une longueur d'onde déterminée. C'est l'interaction entre les photons de la source lumineuse et les ions ou molécules de l'échantillon qui provoque l'absorption lumineuse **(Rodier et al, 2009).**

1. Détermination des Sulfates ($SO4^{2-}$)(Méthode Allemande)

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl2.



$$Ba\ Cl_2 + SO4^{2-} \rightarrow Ba\ SO_4 + 2\ Cl^-$$

La méthode est applicable au dosage de quantités de sulfate (SO_4^{2-}) comprises entre 4,5 et 450 µg, en solution, soit, dans certains cas, directement dans la prise d'essai. Le volume de solution prélevé pour le dosage ne doit pas contenir plus de 2 ml d'eau, et la prise d'essai ne doit pas contenir plus de la quantité limite acceptable d'éléments interférents, comme spécifié dans la norme internationale relative au produit auquel la méthode est à appliquer. Le sulfate peut être directement présent dans le produit ou être obtenu par un traitement préalable approprié de l'échantillon contenant les composés soufrés, afin d'obtenir une solution d'essai. La précision que la méthode permet d'atteindre est de ± 5 % **(ISO 6228:1980).**

2. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

La méthode consiste à la formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. La réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm **(ISO N° 6878).**

3. Dosage des nitrates NO^{3-} méthode au salicylate de sodium

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosonylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique **(T90-012).**

4.Dosage des nitrites (NO^{2-})

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm **(ISO 5667).**

5. Détermination de l'azote ammoniacal (NH^{4+})

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium **(ISO N°7150).**

6. Détermination de Fe^{2+}

L'addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et la mesure photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm.Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+} **(ISO 6332).**

III.4. Analyses statistiques des données

Les traitements statistiques des données sont effectués à l'aide de logiciel XLSTAT. Nous avons appliqués trois tests intéressants illustrés au-dessous:

- Le test de Student pour la comparaison des moyennes (un échantillon)

- Le test d'ANOVA a été utilisé pour la comparaison des moyennes géométriques des concentrations des éléments étudiés (plus de deux échantillons).

- Une matrice de corrélation entre les différents paramètres étudiés.

Chapitre II : Résultats et discussion

جامعة محمد الصديق بن يحيى
مكتبة الكلية
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Dans ce chapitre nous allons discuter et interprété les résultats obtenus lors des analyses des paramètres physico-chimiques de neuf sources naturelles des eaux potables de la wilaya de Jijel.

Les résultats d'un suivi journalier qui s'étend de 04/04/2016 au 18/04/2016 de trois sources à savoir Sidi Yakoub, Ben Yadjis et El-Ancer sont ainsi présentés et discutés.

IV.1. Qualité physicochimique des eaux de sources naturelles

IV.1.1. Les paramètres physiques

IV.1.1.1 Température

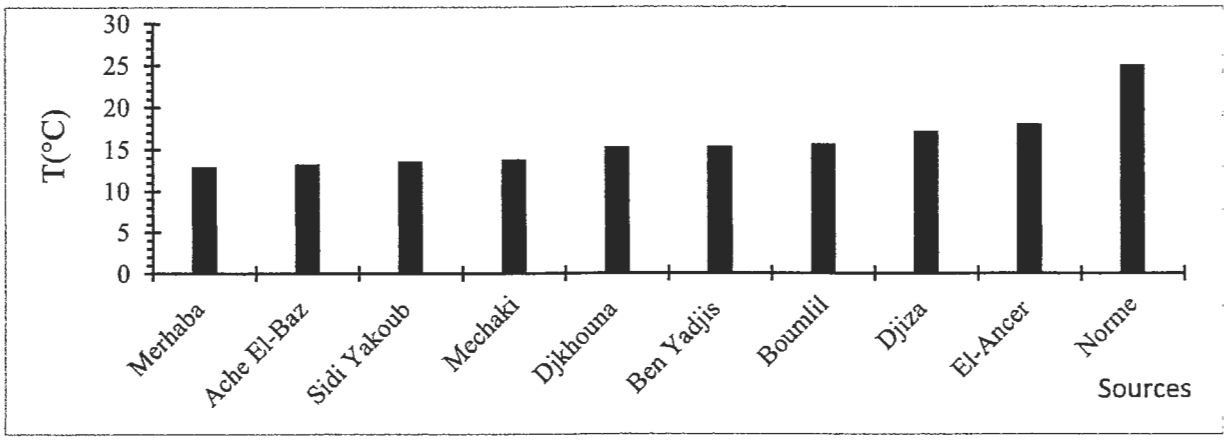


Figure 19 : Variations de la température des eaux de sources étudiées.

Les résultats des analyses de la température montrent que la valeur minimale de 12,9 °C est enregistrée au niveau de la source de Merhaba et la valeur maximale de 18 °C a été enregistrée au niveau de la source d'El-Ancer (fig.19). Des différences très hautement significatives entre les valeurs de la température des neuf sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value < 0.0001, alpha=0.05)

Néanmoins, les températures des eaux de sources répondent aux normes algériennes de potabilité **(JORA, 2011).**

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol **(Debieche, 2002).**

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15 °C ; entre 20 et 25 °C, elle désaltère mal **(Rodier et al, 2009).**

L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux **(Rodier et al, 2009).**

La température optimale varie entre 12 et 15°C, elle dépend de la nature de la ressource, cependant les eaux souterraines sont fraiches et les eaux de surface ont une température variable entre 2 et 30°C. La température maximale des eaux brutes est de 25°C **(Rodier, 2005).**

IV.1.1.2. potentiel hydrogène (pH)

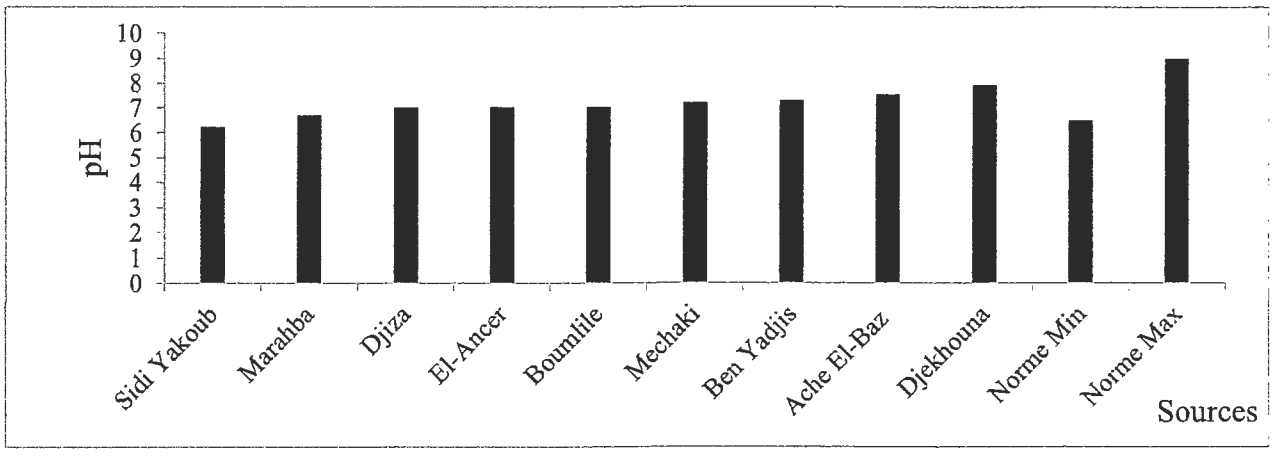


Figure 20 : Variations du pH des eaux de sources étudiées.

Les résultats des analyses in situ du pH ne montrent que la valeur minimale de 6,22 a été enregistrée au niveau de la source de Sidi Yakoub et la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la source de Djkhouna avec 7,92. Des différences très hautement significatives entre les valeurs de la température des sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value < 0.0001, alpha=0.05).

Généralement les eaux de source sont légèrement basiques ; leurs pH présentent des écarts assez faibles et le pH moyen est de 7,40 **(Sekiou et Kellil, 2014).**

Les valeurs des eaux de sources étudiées ne dépassent pas la norme de potabilité algérienne fixée à 6,5 - 9 **(JORA, 2011)** a l'exception de la source de Sidi Yakoub qui présente une légère acidité (fig.20).

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. D'une façon générale, les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant de terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelquefois un peu inférieur (environ 6) **(Rodier et al, 2009).**

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS ne fixe pas de valeur mais précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîner des problèmes de goût et de consommation accrue de savon ; elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore **(Rodier et al, 2009).**

IV.1.1.3. la conductivité électrique (CE)

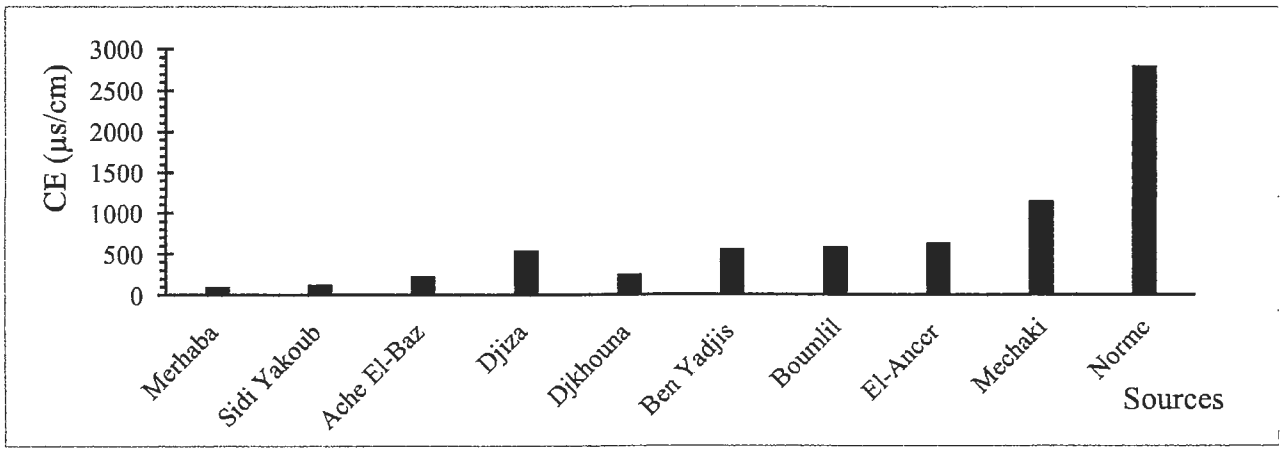


Figure 21 : Variations de CE dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats de la conductivité électrique de neuf sources sont représentées par la figure 21, la valeur le plus faible a été enregistrée au niveau de la source de Merhaba avec 100,5 µs/cm et la valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de Mechaki avec 1153 µs/cm. Des différences significatives sont enregistrées entre les valeurs de CE des sources étudiées (Test t, p-value = 0.003, alpha=0.05).

Globalement les valeurs obtenus sont acceptables et répondent à la norme de potabilité algérienne (2800 µs/cm à 20°C) **(JORA, 2011).**

La mesure de conductivité de l'eau permet de déceler les variations de composition pouvant signaler des arrivées d'eau susceptibles d'être polluées **(Rodier, 2005),** et d'apprécier sa

minéralisation. Plus l'eau est riche en sels minéraux, plus la conductivité est élevée. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électroniquement, La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente **(Agouzoul et Benkirane, 2015 ; Chine, 2015 ; Nechad et al, 2014).**

IV.1.1.4. Potentiel redox (Eh)

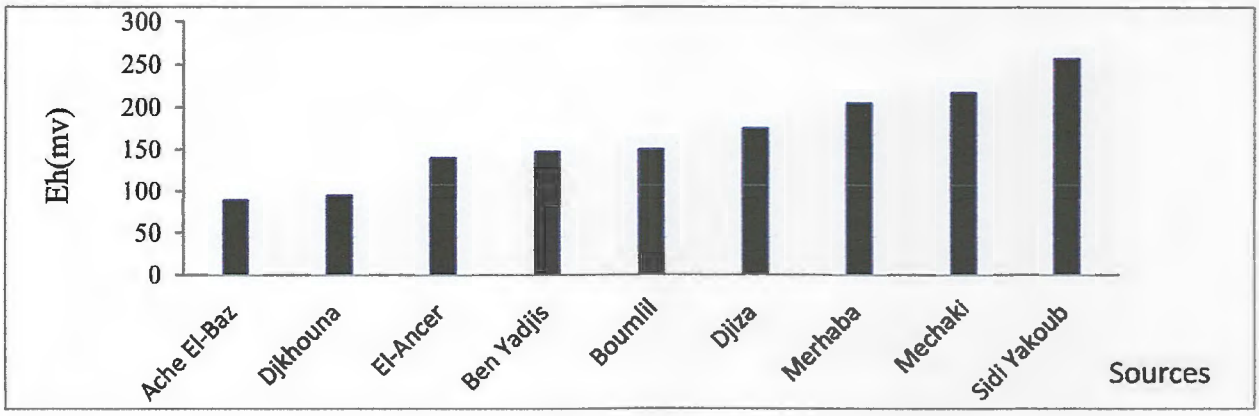


Figure 22 : Variations d'Eh dans les eaux de sources étudiées.

Les mesures de potentiel redox des eaux de sources étudiées sont représentées par la figure 22. La valeur minimale de 89 mv a été enregistrée au niveau de la source d'Ache El-Baz et la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la source de Sidi Yakoub avec 256 mv. Une corrélation hautement négative entre Eh et pH (r= - 0,87) a été enregistrée. Des différences significatives sont enregistrées entre les valeurs de CE des neuf sources étudiées (Test t, p-value < 0.0001, alpha=0.05).

La mesure du potentiel d'oxydo-réduction permet de prévoir l'état des ions chimiques dans l'eau et la direction des réactions chimiques (oxydation ou réduction).

Elle est souvent couplée à celles du pH et de l'oxygène dissous, et peut être utile pour évaluer l'état d'une ressource en eau naturelle ou pour conduire certains procédés de traitement **(Rodier et al, 2009).**

IV.1.1.5. Totale des solides dissous (TDS)

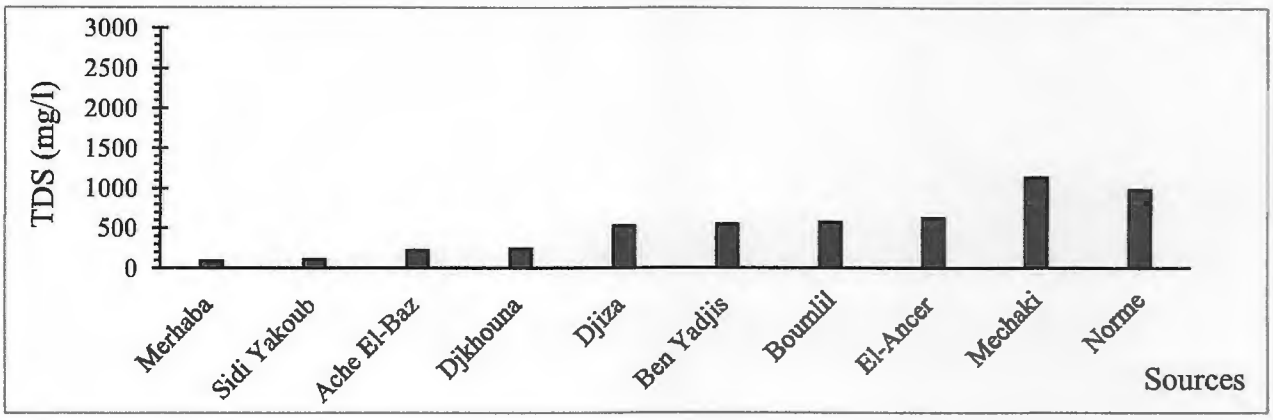


Figure 23 : Variations de TDS dans les eaux de sources étudiées.

Les valeurs moyennes de TDS de neuf sources étudiées sont représentées par la figure 23, où nous avons enregistré une valeur minimale de 101 mg/l au niveau de la source d'El-Merhaba et une valeur maximale enregistrée au niveau de la source d'El Mechaki avec 1152 mg/l. Nous avons également enregistré des différences significatives entre les valeurs de TDS de différentes sources étudiées (Test t, p-value = 0.003, alpha=0.05).

Les valeurs de la TDS restent dans la norme algérienne de potabilité (1000 mg/l) **(JORA, 2011)** à l'exception de la source d'El Mechaki qui dépasse légèrement cette norme.

IV.1.1.6. Salinité (sal)

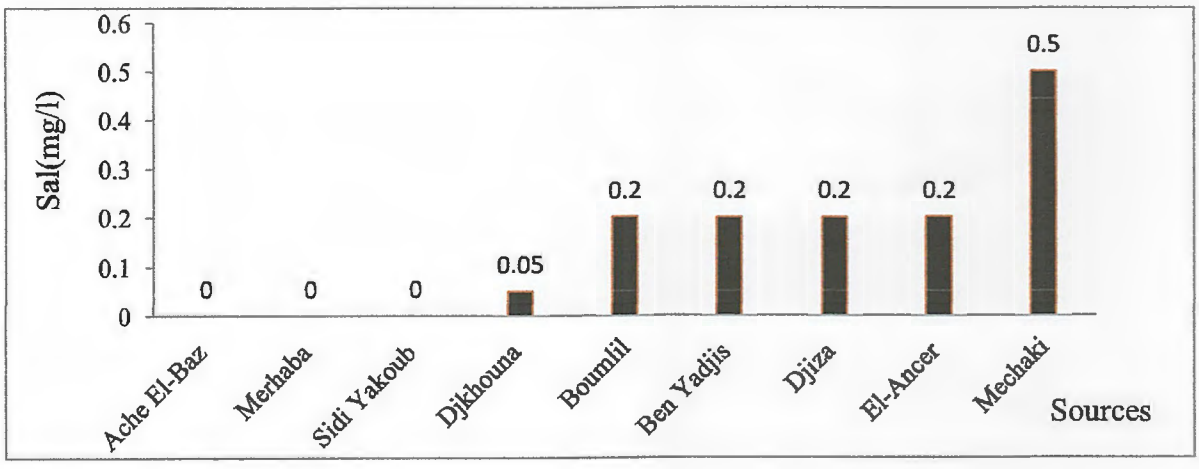


Figure 24 : Variations de la salinité dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats obtenus par la mesure de salinité des eaux de sources étudiées (fig. 24) nous montrent une absence totale de la salinité au niveau de trois sources ; Ache El-Baz, El-Merhaba et

Sidi Yakoub, la salinité est de 0.2 mg/l au niveau des sources ; Boumlil, Ben Yadjis, Djiza et El-Ancer, pour la source d'El Mechaki la salinité est de 0,5 mg/l. Des différences significatives entre les valeurs de la salinité de différentes sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value = 0.024, alpha=0.05). Une corrélation positive très hautement significative entre la salinité et conductivité électrique a été également enregistré (r= 0,99).

IV.1.2. Les paramètres chimiques

IV.1.2.1. Les éléments majeurs

IV.1.2.1.1. La dureté (TH)

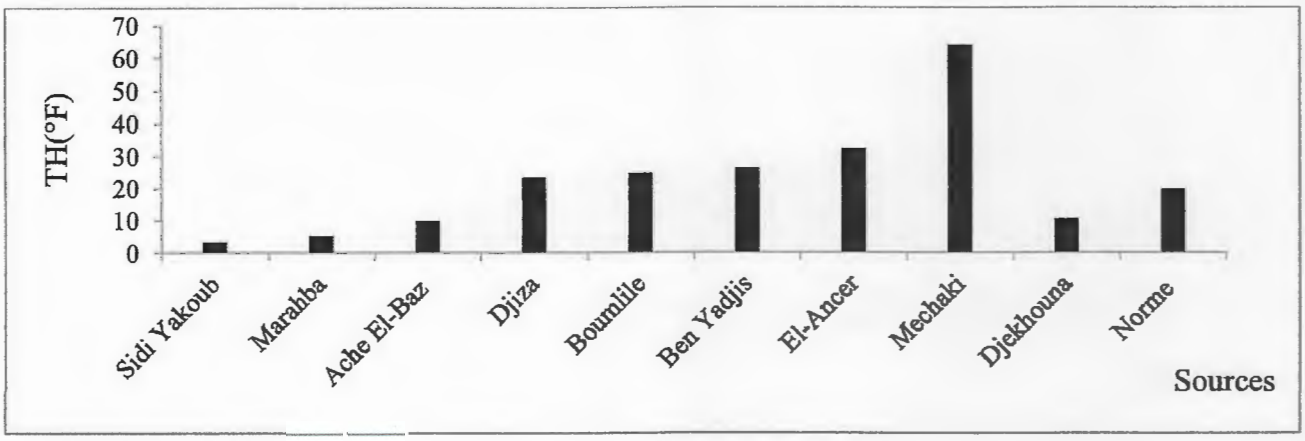


Figure 25 : Variations de la dureté dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats obtenus à partir les analyses de la dureté des eaux de sources étudiées sont représentés par la figure 25. Une valeur minimale de 3, 2°F (32mg/l) a été enregistrée au niveau de la source de Sidi Yakoub (eau très douce et agréable) et la valeur maximale de 64°F (640 mg/l) a été enregistrée au niveau de la source d'El Mechaki (eau dure). Des différences très hautement significatives entre les valeurs de la dureté de différentes sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value = 0.007, α = 0.05). Une corrélation positive très hautement significative a été enregistrée entre la dureté et la conductivité électrique (r=0,99) et entre la dureté et la salinité (r=0,98).

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau elle correspond à sa teneur en calcium et en magnésium **(Amadou, 2014).** Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1 g/l de $CaCO_3$. Par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles **(Rodier et al, 2009).**

Les valeurs de la dureté obtenue montrent que les sources Sidi Yakoub, Marhaba, Ache El-Baz et Djkhouna répondent à la norme algérienne de potabilité (200 mg/l), par contre les valeurs des sources Djiza, Boumlile, Ben Yadjis, El-Ancer et Mechaki dépasse la norme de potabilité algérienne **(JORA, 2011).**

Une faible dureté ne permet pas l'élaboration de couche carbonatée pouvant participer à une protection des canalisations contre certains risques de corrosion ; par contre, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations **(Rodier et al, 2009).**

IV.1.2.1.2. Calcium (ca^{2+})

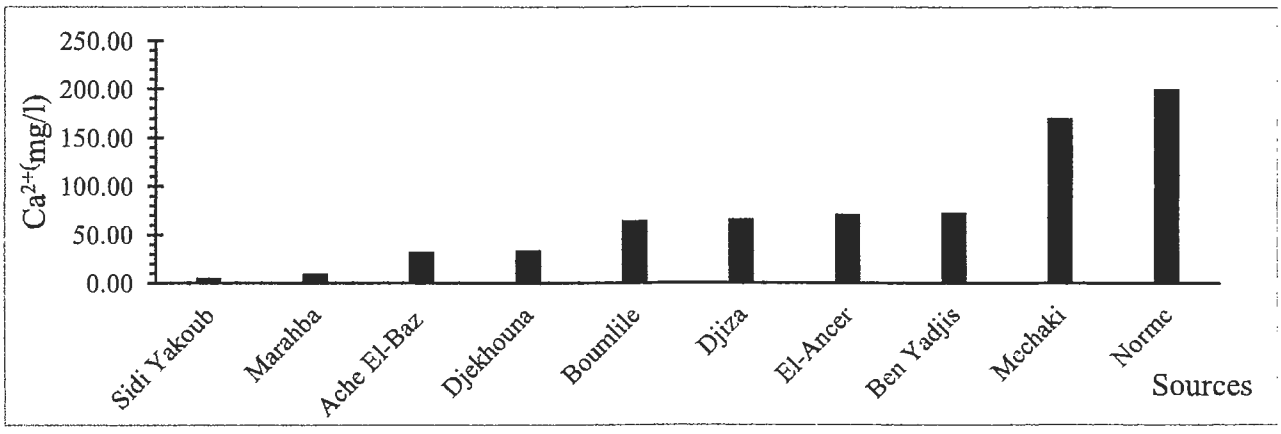


Figure 26 : Variations du calcium dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats du calcium dans les eaux de sources étudiées représenté par la figure 26. La valeur minimale de 4,81 mg/l a été enregistrée au niveau de la source de Sidi Yakoub et la valeur maximale de 169,94 mg/l a été enregistrée au niveau d'El Mechaki. Une corrélation positive très hautement significative entre les ions calcium et la conductivité (r=0,98) et entre la salinité et la dureté (r=0,99). Des différences significatives entre les teneurs des eaux des sources étudiées en calcium ont été enregistrées (Test t, p-value = 0.008, $\alpha = 0.05$).

Les valeurs des ions calcium obtenues montrent que toutes les sources étudiées répondent à la norme algérienne de potabilité (200 mg/l) **(JORA, 2011).** L'eau calcique ne devrait pas être considérée comme une source de nourriture en calcium, Elle est utile pour les personnes qui souffrent de désordres à l'estomac et au foie, pour empêcher des hautes pressions, l'ostéoporose et pour la croissance des enfants **(Zerrouki, 2013).**

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau, est généralement un élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés **(Rodier et al, 2009).**

Rodier (2009) affirmée que les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en $CaCO_3$. Le calcium possède des effets bénéfiques, il peut bloquer l'absorption des métaux lourds, augmente la masse osseuse et prévenir certains types de cancer. La carence en calcium peut entraîner certains troubles neurologiques **(chine, 2015).**

IV.1.2.1.3. Magnésium (Mg^{2+})

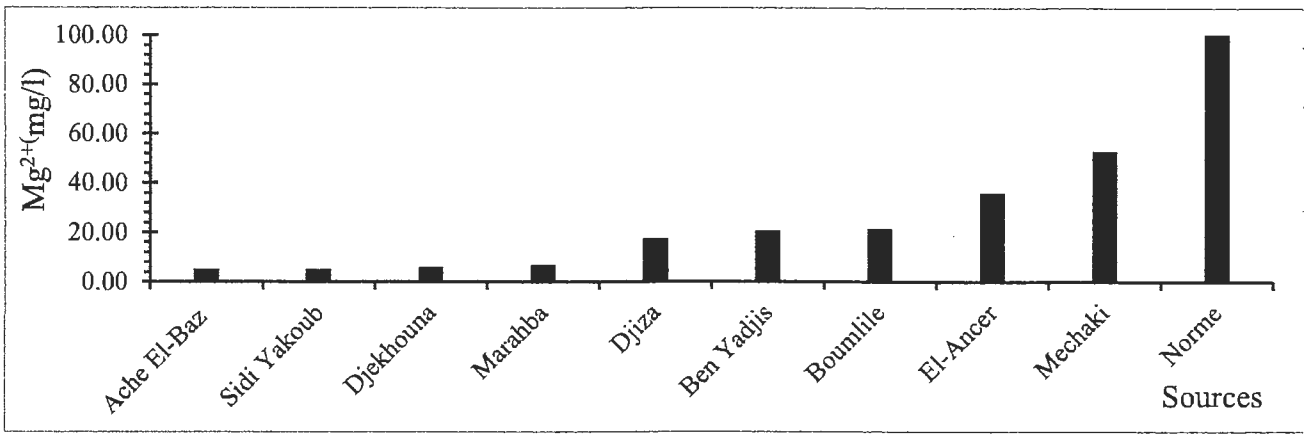


Figure 27 : Variations de magnésium dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 27, ils nous indiquent que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau de la source de Ache El-Baz avec 4,86 mg/l et la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la source d'El Mechaki avec 52,5 mg/l. ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité (150 mg/l) **(JORA, 2011).** Une corrélation positive très hautement significative entre les teneurs en magnésium et la conductivité électrique a été enregistrée (r=0,95), entre la teneur en magnésium et la salinité (r=0,93), entre la teneur en magnésium la dureté (r=0,96) et entre la teneur en magnésium et la teneur en calcium (r=0,91). Des différences hautement significatives entre les valeurs de magnésium des différentes sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value = 0.008, α = 0.05). Le magnésium provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) **(Debieche, 2002).** Le magnésium intervient comme activateur de certains systèmes enzymatiques de la synthèse protéique et lipidique. Un déficit en Mg^{2+} entraine des troubles neuromusculaires de type spasmophilie et des manifestations cardiaques **(chine, 2015).** Nos résultats concordent avec les

résultats obtenus par **Meziani et Boukhemkhem (2013)** et avec ceux obtenus par **Boughedda et Bouferoua (2015)**.

Le magnésium contribue au bon fonctionnement du système nerveux et la contraction musculaire, une carence en cet élément peut provoquer des crampes, la spasmophilie, l'anxiété, des troubles digestifs **(Zerrouki, 2013).**

IV.1.2.1.4. Bicarbonate (HCO_3^-)

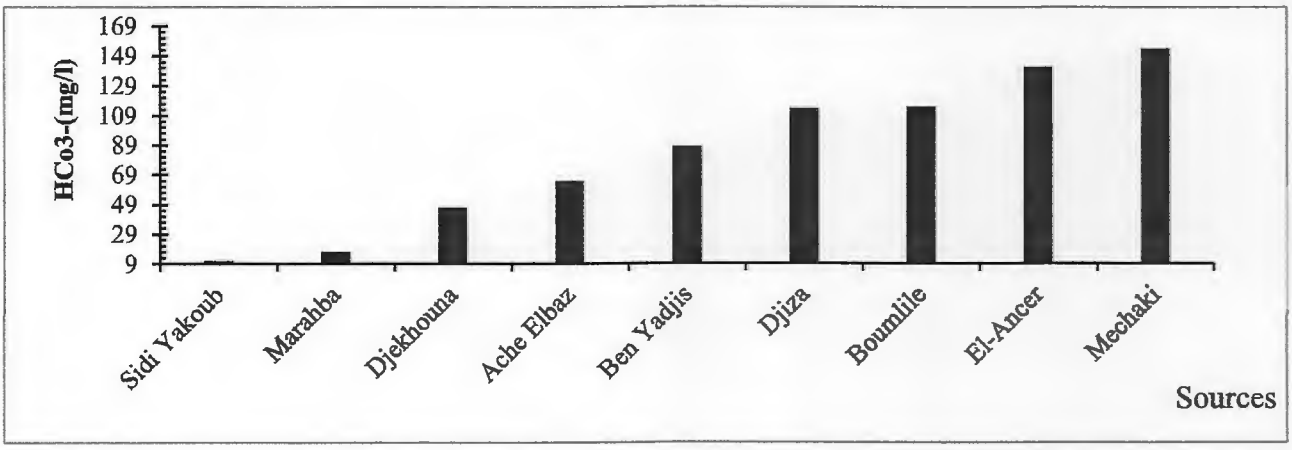


Figure 28 : Variations de bicarbonate dans les eaux des sources étudiées.

Les teneurs des bicarbonates des eaux de sources étudiées varient progressivement entre une valeur minimale de10.98 mg/l enregistrée au niveau de la source Sidi Yakoub, et une valeur maximale enregistrée au niveau de Mechaki avec 153,72 mg/l (fig.28). Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre. Une corrélation positive très hautement significative entre les teneurs des eaux en bicarbonates et la conductivité électrique a été enregistré (r= 0,92), entre les teneurs des eaux en bicarbonates et la salinité (r=0,87), entre les teneurs des eaux en bicarbonates et la dureté (r=0,88) et entre les teneurs des eaux en bicarbonates les ions calcium (r=0,86). Une corrélation positive significative entre les bicarbonates et les sulfates (r=0,66). Des différences entre les teneurs des eaux de différentes sources étudiées en bicarbonates ont été enregistrées (Test t, p-value = 0,001, $\alpha = 0,05$).

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique **(Debieche, 2002).** L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO2 à partir des minéraux contenant des carbonates **(Rodier, 2005).** Les bicarbonates dans les eaux (gazeuses) facilitent la digestion et calment les brûlures d'estomac grâce aux propriétés antiacides du bicarbonate de sodium ainsi que les eaux

bicarbonatées sont bonnes pour les sportifs pour lutter contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort **(Zerrouki, 2013).**

IV.1.2.1.5. Chlorures (Cl^-)

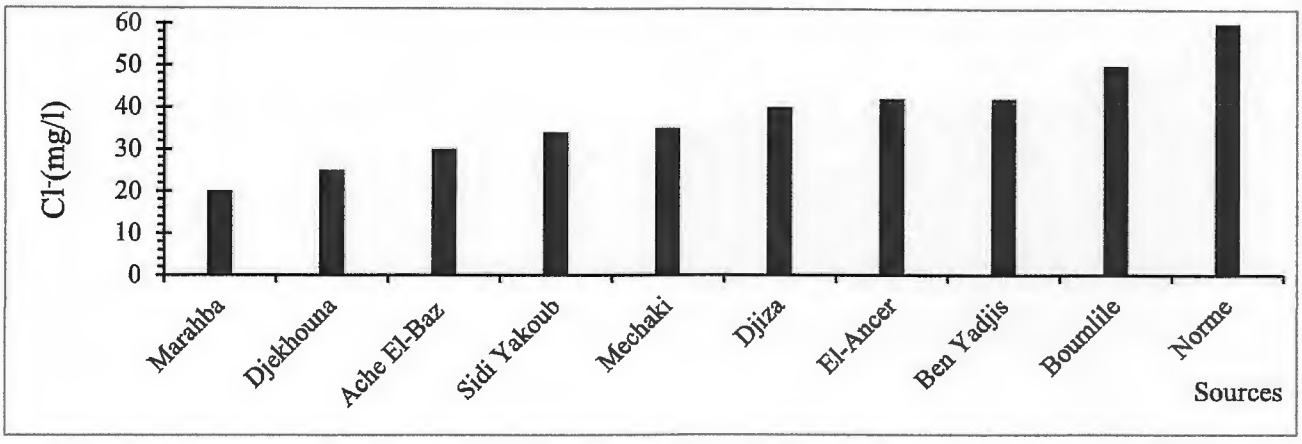


Figure 29 : Variations des chlorures dans les eaux des sources étudiées.

Dans les eaux des sources étudiées les ions chlorures varient progressivement entre une valeur minimale de 20 mg/l enregistrée au niveau de la source Marahba, et une valeur maximale au niveau de Boumlile avec 50 mg/l (fig.29). Ces résultats répondent à la norme algérienne de potabilité qui fixe 500 mg/l comme valeur maximale **(JORA, 2011).** Une corrélation positive significative entre les teneurs des eaux en ions chlorures et en bicarbonates a été enregistrée (r=0,69). Des différences très hautement significatives entre les teneurs des eaux en chlorures de différentes sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value < 0.0001, $\alpha = 0.05$). Les résultats de cette étude sont similaires aux résultats obtenus par **Meziani et Boukhemkhem (2013)** et **Boughedda et Bouferoua (2015).**

Dans la nature, le chlorure se trouve sous forme de NaCl, KCl et $CaCl_2$. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution des roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites et peut être attribuée à la dissolution de dépôts de sels gemme **(Savary, 2010).** La teneur en ions chlores des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium **(Ghazali et Zaid, 2013).**

L'eau à faible teneur en chlorures stimule la sécrétion gastrique. Elle peut avoir une action de protection du foie des composants toxiques. Les vomissements et les diarrhées répétées font perdre à l'organisme son chlore et provoquent ainsi des crampes musculaires et une grande fatigue **(Zerrouki, 2013).**

L'OMS recommande pour la teneur en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine une valeur guide de 250 mg/L pour des considérations gustatives et des risques de corrosion **(Rodier et al, 2009).**

IV.1.2.1.6. Sulfates (SO_4^{2-})

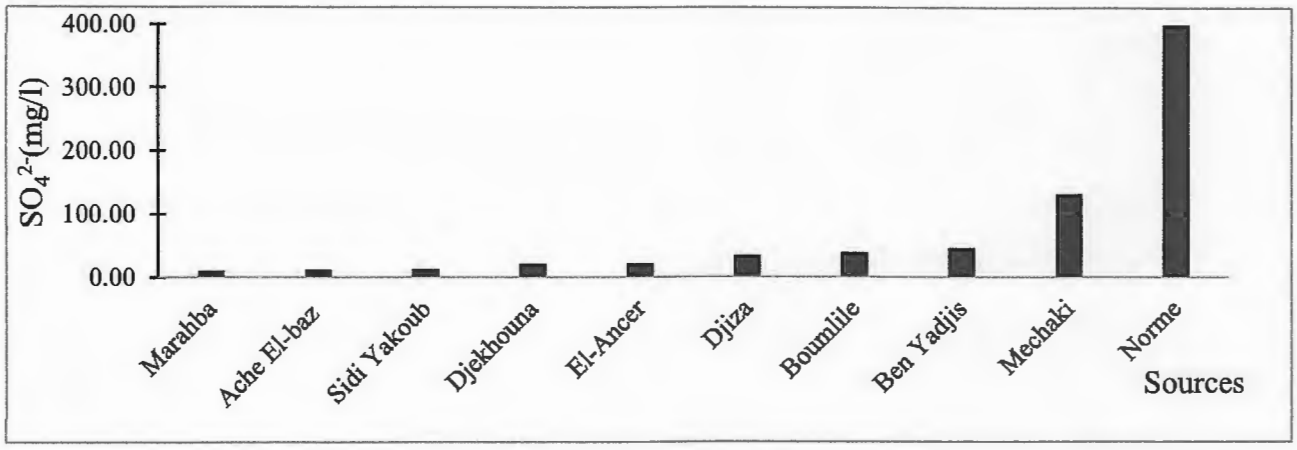


Figure 30 : Variations de sulfates dans les eaux de sources étudiées.

Les teneurs de sulfates dans les eaux des sources étudiées sont très faibles, varient entre une valeur minimale de 9,69 mg/l enregistré au niveau de la source de Marahba, et une valeur maximale au niveau de Mechaki avec 131,39 mg/l (fig.30). Ces valeurs ne dépassent pas la concentration maximale admissible fixée par JORA (400 mg/l). Une corrélation positive très hautement significative entre les sulfate et la conductivité électrique a été enregistrée (r=0,90), entre les sulfates et la salinité (r=0,93), entre les sulfates el le magnésium (r=0,84), entre les sulfates et la dureté (r=0,92) et entre les sulfates et le calcium (r=0,94). Des différences significatives entre les valeurs de sulfates des neuf sources étudiées ont été enregistrées (Test t, p-value = 0.021, $\alpha = 0.05$). Ce qui confirme notre étude où nous avons enregistré que de faibles concentrations au niveau de toutes les sources. Selon **Boughedda et Bouferoua (2015),** de faibles concentrations en sulfate ont été également enregistrées dans toutes les eaux des sources étudiées. L'absence de sulfate dans les eaux de sources est enregistrée au niveau des sources de Beni-Maazouz, Ben-Habibi, Sidi Abdelaziz et Taher mise à part la source de Taghmarte **(Meziani et Boukhemkhem, 2013).**

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion), l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L **(Rodier et al, 2009).**

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ($CaSO_4$), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite) **(Ghazali et Zaid, 2013).**

IV.1.2.2. Les paramètres de pollution

IV.1.2.2.1. Phosphates (PO_4^{3-})

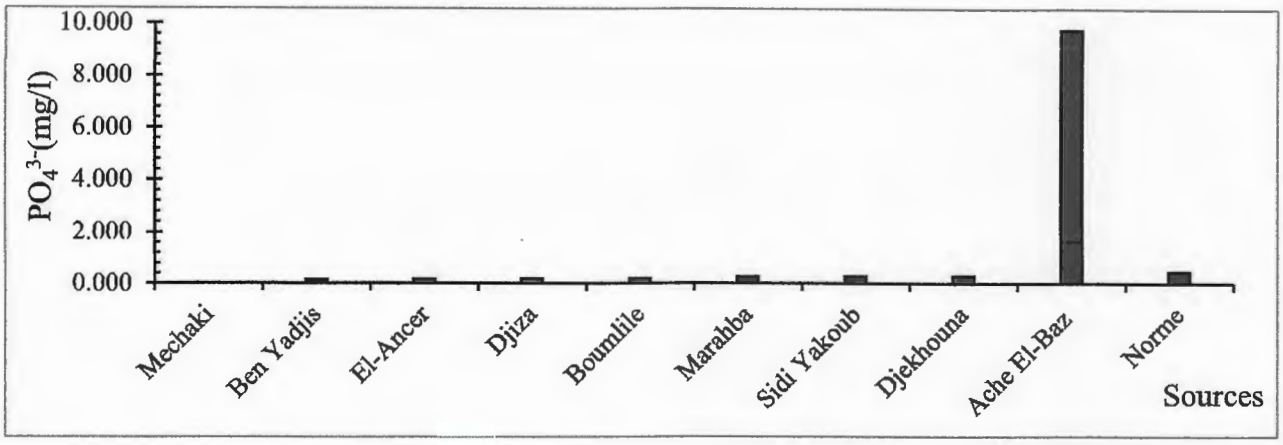


Figure 31: Variations des phosphates dans les eaux de sources étudiées.

Les résultats d'analyses (fig.31) montrent que la valeur enregistrée au niveau de la source de Ache El-Baz de 9,8 mg/l est une valeur très importante et dépasse la norme algérienne de potabilité (0,5 mg/l), par contre les autres sources ne présentent que de faibles teneurs et les valeurs enregistrées répondent à la norme **(JORA, 2011).** Il n'existe aucune différence entre les valeurs de phosphate des sources étudiées (Test t, p-value = 0.257, $\alpha = 0.05$). De faibles concentrations en phosphates des eaux de certaines sources de la wilaya de Jijel sont enregistrées selon une étude menée par **Meziani et Boukhemkhem (2013)**. Selon **Boughedda et Bouferoua (2015)**, des teneurs importantes en ions phosphates ont été enregistrées dans les eaux des sources de Dar-Souan, Bellara, El Ancer et Al Aouana et qui dépassent la norme algérienne de potabilité.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique **(Rodier et al, 2009).** Les ortho phosphates ions « PO_4^{3-}» sont la forme la plus simple et la plus répondue des phosphates dans l'eau leur origines liée l'utilisation des engrais en agriculture, les eaux usées domestique et de l'activité industrielle **(Agouzoul et Benkirane, 2015).** Le phosphate et les sels de l'acide phosphorique composant des engrais phosphatés, faits partie des

éléments majeurs nécessaires à la croissance végétale, L'excès de phosphates nuisent les eaux naturelles **(Grosclaud, 1999).**

IV.1.2.2.2. Nitrites (NO_2^-)

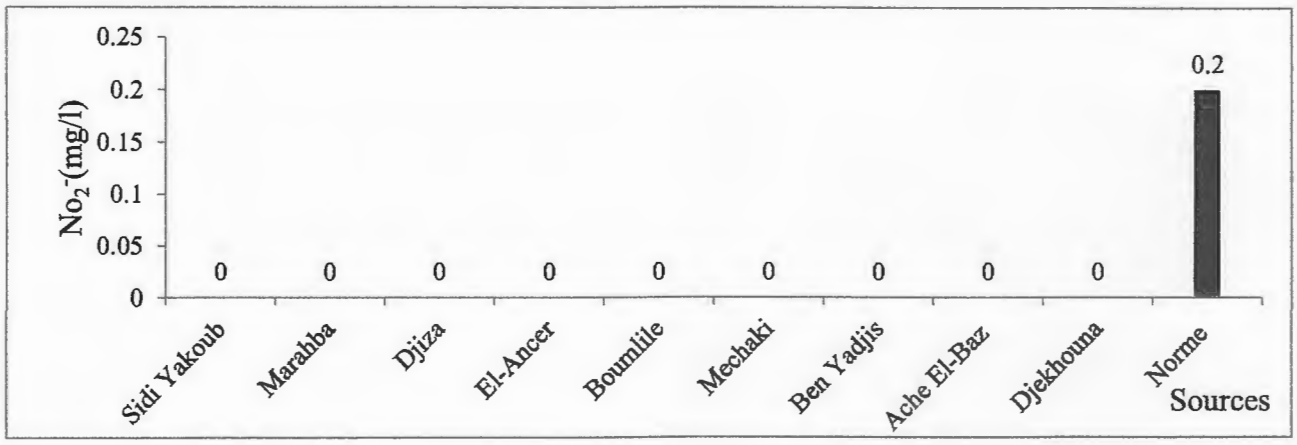


Figure 32 : Variations des nitrites dans les eaux de sources étudiées.

Pratiquement il n'y a plus de nitrites dans les eaux de toutes les sources analysées (fig.33). L'absence et la présence des ions nitrites dans les eaux de certaines sources naturelles de la wilaya de Jijel a été enregistrées **(Boughedda et Bouferoua, 2015).**

Les nitrites sont des sels de l'acide nitreux en ion (NO_2^-), ils se proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates **(Savary, 2010).** Ce sont des molécules intermédiaires qui apparaissent dans les sédiments et les eaux lors le phénomène de la dénitrification sous l'action de bactéries telles *Pseudomonas denitrificans* **(Ramade, 2000).**

D'après l'OMS et Ramade (2000) la valeur guide des nitrites est provisoire de 3 mg/l et précise qu'il doit être tenu compte aussi de la concentration en nitrates de telle façon que la somme des rapports des concentrations (en nitrites et nitrates) par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à 1 , et la teneur maximale en nitrites dans le réseau de distribution est limitée à 0,1mg/l.

IV.1.2.2.3. Nitrates (NO_3^-)

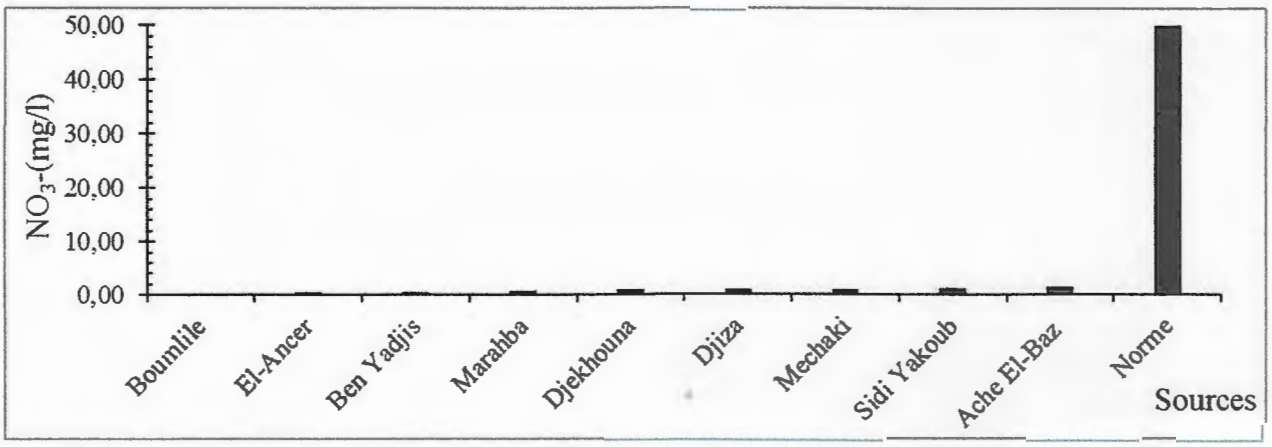


Figure 33 : Variations des nitrates dans les eaux de sources étudiées.

Les nitrates sont des éléments des sels minéraux de l'acide nitrique **(Ramade, 2000).** Au niveau de notre étude, les valeurs en nitrates enregistrées sont très faibles et inférieures à la norme algérienne de potabilité (50 mg/l) **(JORA, 2011).** Une concentration maximale de 1,51 mg/l est enregistrée au niveau de la source d'Ache El-Baz et un minimum de 0,16 mg/l est enregistré au niveau de la source de Boumlile (fig.33). Une corrélation négative entre les nitrates et les chlorures a été enregistrée ($r = -0,52$). Une différence hautement significative a été enregistré entre les valeurs de nitrates de différentes sources étudiées (Test t, p-value = 0, $\alpha = 0.05$).

D'après L'OMS la valeur limite pour les eaux destinées à la consommation est de 50 mg/l cette dernière précise qu'il doit être tenir compte aussi de la concentration en nitrites de telle façon que la somme des rapports des concentrations (en nitrates et nitrites) par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à 1. Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques **(Boucena, 2009)**. Ces faibles concentrations de nitrates ont été enregistrées dans les eaux de sources naturelles **(Boughedda et Bouferoua, 2015)**, certaines eaux de sources de la région de Jijel peuvent contenir d'importantes teneurs de nitrates tel que Beni-Habibi et Taher qui dépasse même la norme de potabilité algérienne **(Meziani et Boukhemkhem, 2013)**.

Les effets des nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque potentiel toxique peuvent

provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons moins de 6 mois **(Savary, 2010 ; Ghazali et Zaid, 2013).**

IV.1.2.2.4. Ammonium (NH_4^+)

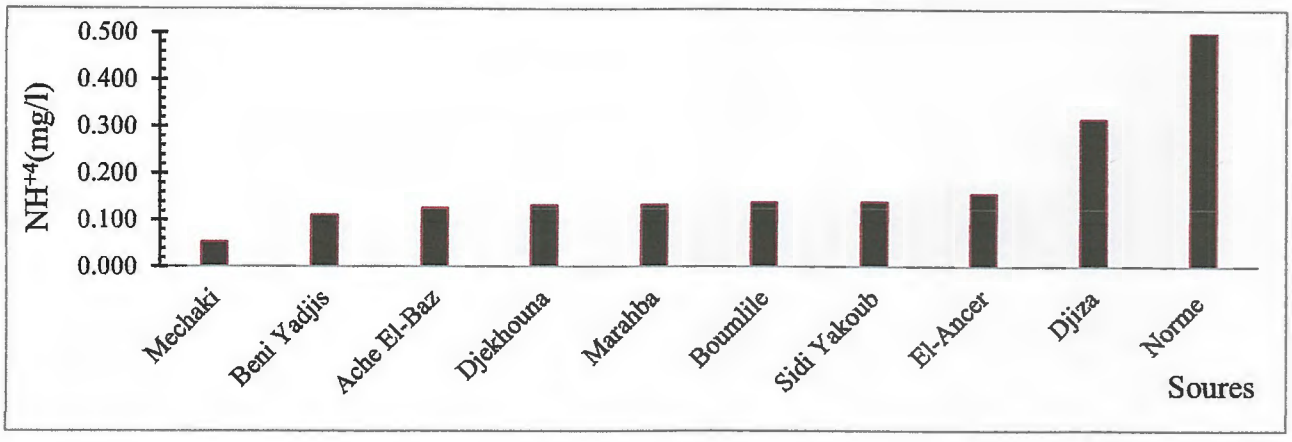


Figure 34 : Variations d'ammonium dans les eaux de sources étudiées.

La figure 34 indique que la concentration d'ammonium dans les eaux des sources étudiées varie d'une source à l'autre dont la valeur minimale enregistrée est au niveau de source d'El Mechaki très loin de toute source de pollution avec 0,052 mg/l et la valeur maximale de 0,316 mg/l au niveau de la source d'El Djiza , cette résultats sont acceptables et ne dépassent pas la norme maximale admissible fixé par le JORA qui est de 0,5 mg/l . Une différence significative entre les valeurs de nitrates des sources étudiées a été enregistrée (Test t, p-value = 0,001, $\alpha = 0,05$).

Selon Ramade (2000) l'ammonium dans l'eau est produit par réaction acido-basique et d'une façon générale de tout acide avec l'ammoniac NH_3. L'ammonium est toxique pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau, c'est un élément indicateur de la pollution **(Sidibe et al. 2011 ; N'Diaye et al, 2013).**

L'azote ammoniacal dans les eaux naturelles peut provenir du lessivage des terres agricoles et des minéraux argileux ainsi que des eaux d'égouts municipaux et les déchets industriels, Sa concentration est généralement faible dans l'eau souterraine puisqu'il s'adsorbe sur les particules du sol et sur l'argile et la présence d'ammonium indique généralement une pollution d'origine organique **(Alahiane et Mounaam, 2009 ; El Ouali Lalami et al, 2010).** Ce qui confirme notre étude où nous avons enregistré que de faibles concentrations au niveau de toutes les sources. Selon **Boughedda et Bouferoua (2015)** de faibles concentrations en ammonium ont été également enregistrées dans les eaux des sources ; Dar-Souan, Bellara, Ain Bouzian, Meghecha, Drader, Dar-

El Oued et Al Aouana. L'absence de l'ammonium dans les eaux de sources est enregistrée au niveau des sources de Beni-Maazouz, Ben-Habibi, Sidi Abdelaziz et Taher (**Meziani et Boukhemkhem, 2013**).

IV.2. Variation des paramètres physicochimiques des trois sources de suivi journalier

IV.2.1. Le débit en fonction de précipitation

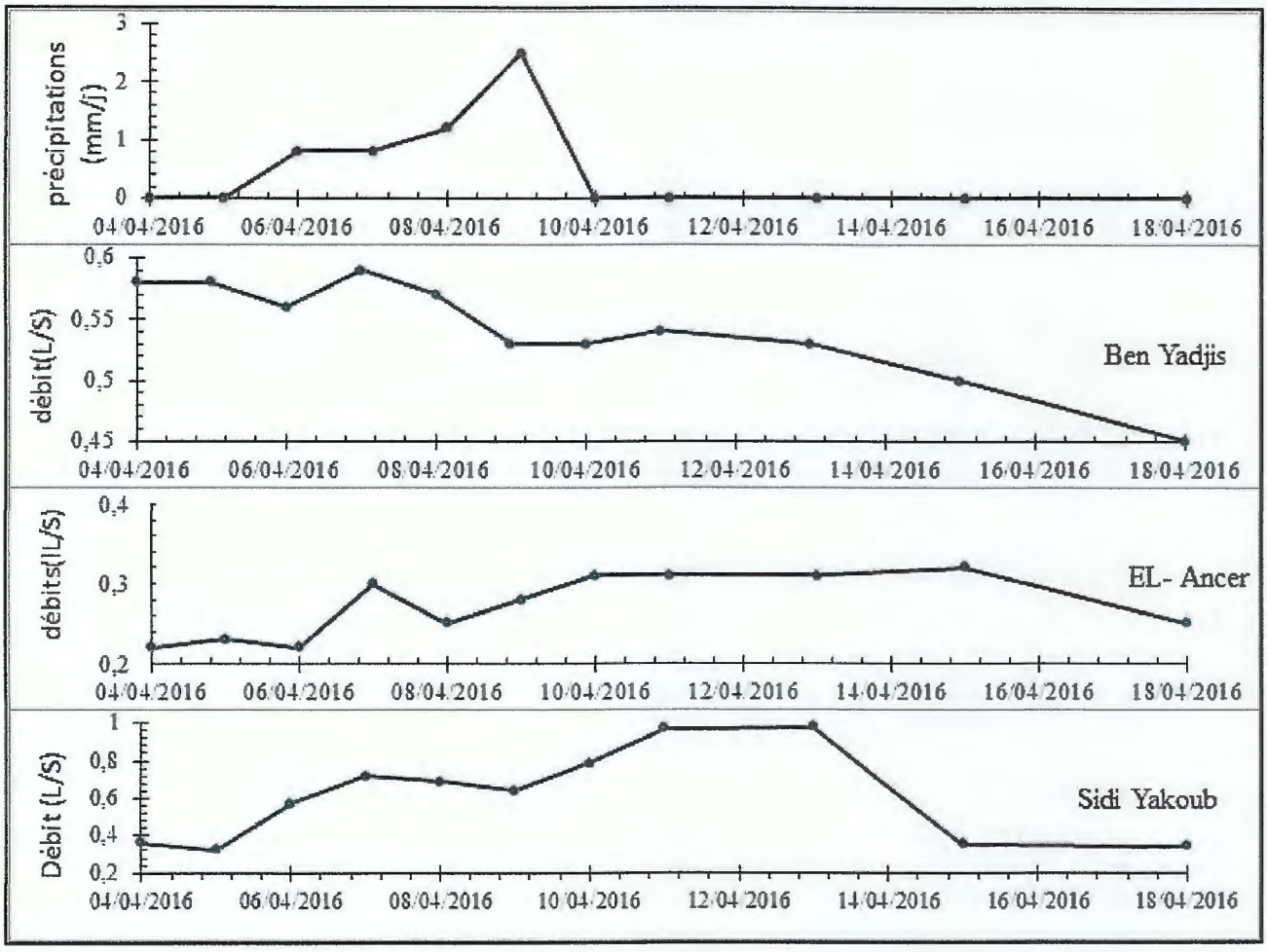


Figure 35 : Variations des débits en fonction des précipitations de trois sources.

La figure 35 indique que le débit de trois sources varie selon la variation de précipitation. Pour la source de Ben Yadjis le débit commence a augmenté à partir du deuxième jour de précipitation pour attendre une valeur maximale de 0,59 l/s au bout du troisième jour de précipitation, Ce dernier connu une diminution graduelle après la cessation des pluies pour attendre la valeur minimale de 0.45 l/s après huit jour à partir de cette cessation.

Pour la source d'El-Ancer nous avons enregistré une augmentation de débit à partir de la deuxième journée de chute de pluie pour attendre 0.3 l/s le troisième jour de précipitation, cette

augmentation continué même après l'arrêt de pluie et atteindre le maximum de débit de 0.32 l/s cinq jour après cet arrêt.

Pour la source de Sidi Yakoub une augmentation de débit est commence immédiatement après la chute de pluie cette augmentation atteindre une valeur maximale de 0,98 l/s le 13/04/2016, le troisième jour après l'arrêt de pluie. Puis nous avons assisté une diminution graduelle de débit pendant deux jours, au-delà de la troisième journée le débit connut une valeur stable de 0.34l/s.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de débit de trois sources étudiées (ANOVA ; F= 16,537 ; P=0,0001).

Les eaux de sources présentent généralement des débits d'écoulement très variables. Dépendant de la hauteur des précipitations, de sa durée et de sa répartition spatiale au niveau du bassin versant **(Aichouri, 2009)**.

IV.2.2. Les variations des paramètres physico-chimiques en fonction des précipitations

IV.2.2.1. la conductivité électrique

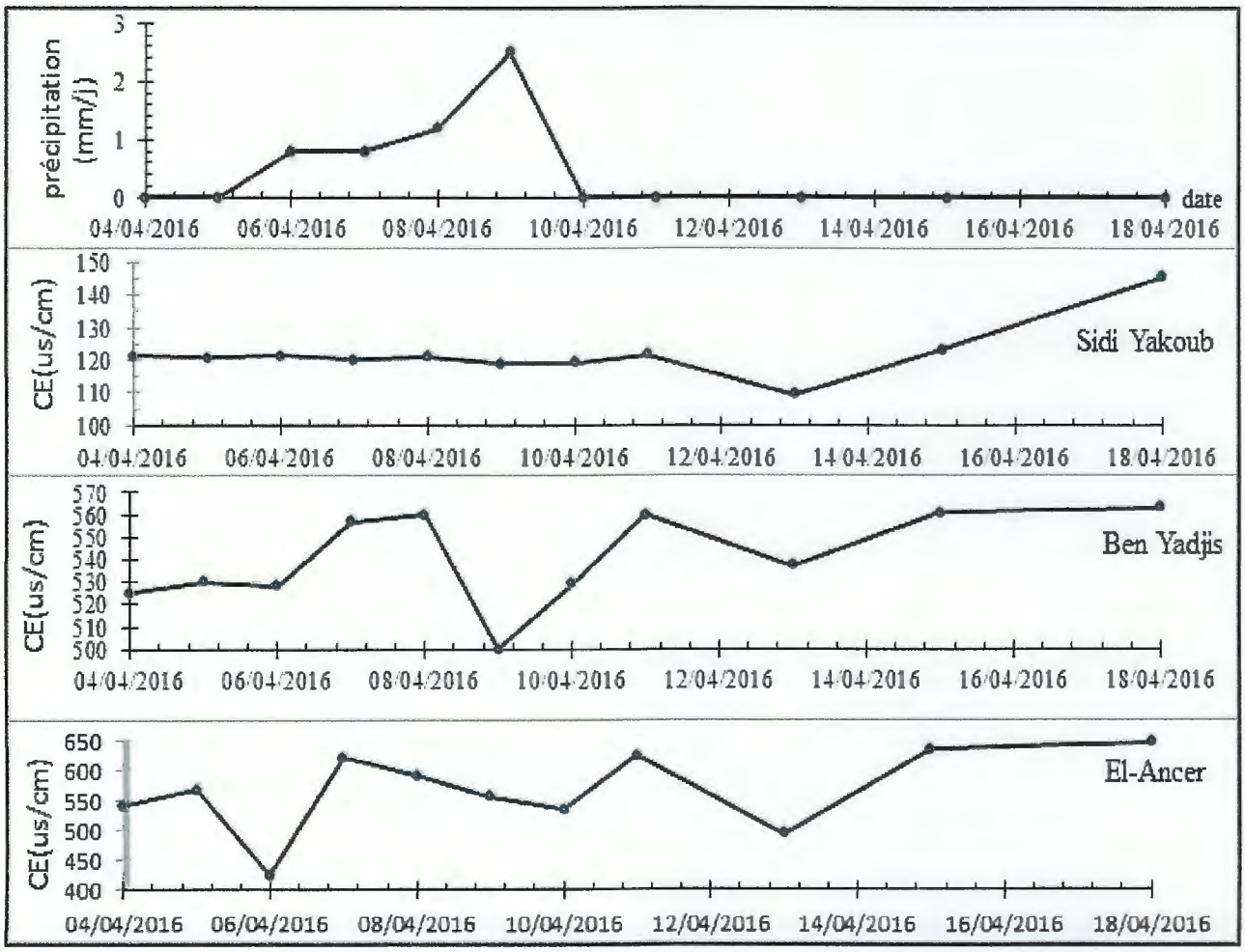


Figure 36 : Variations de conductivité électrique en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 36 montre que l'augmentation de précipitation engendre une diminution de la conductivité électrique de la source de Sidi Yakoub pour atteindre une valeur minimale de 109,5 mg/l le 13/04/2016, quatre jour après l'arrêt de pluie, au-delà de cette date la CE connu une augmentation pour atteindre un maximum 145,5 mg/l le 18/04/2016. Une corrélation négative entre le débit et la conductivité électrique (r= — 0,56) et entre la conductivité électrique et la température (r= — 0,87) a été enregistrée.

L'augmentation de précipitation engendre une diminution de la conductivité électrique des eaux de la source Ben Yadjis la valeur minimale de 500 mg/l de CE est synchronisée avec le pic de pluie pendant le jour plus pluvieux le 09/04/2016.

En ce qui concerne la source d'El-Ancer nous avons enregistré la valeur minimale de la CE pendant le deuxième jour de pluie avec 424 mg/l et la valeur maximale de 645 mg/l le18/04/2016. Une corrélation négative entre la conductivité électrique et le pH (= — 0,81) a été enregistrée.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de conductivité électrique de trois sources suivies (ANOVA ; F= 410,617 ; P=0,0001).

La conductivité électrique diminue à cause de la dilution de sels minéraux. Plus l'eau est riche en sels minéraux, plus la conductivité est élevée **(chine, 2015).**

IV.2.2.2. Totale des solides dissous (TDS)

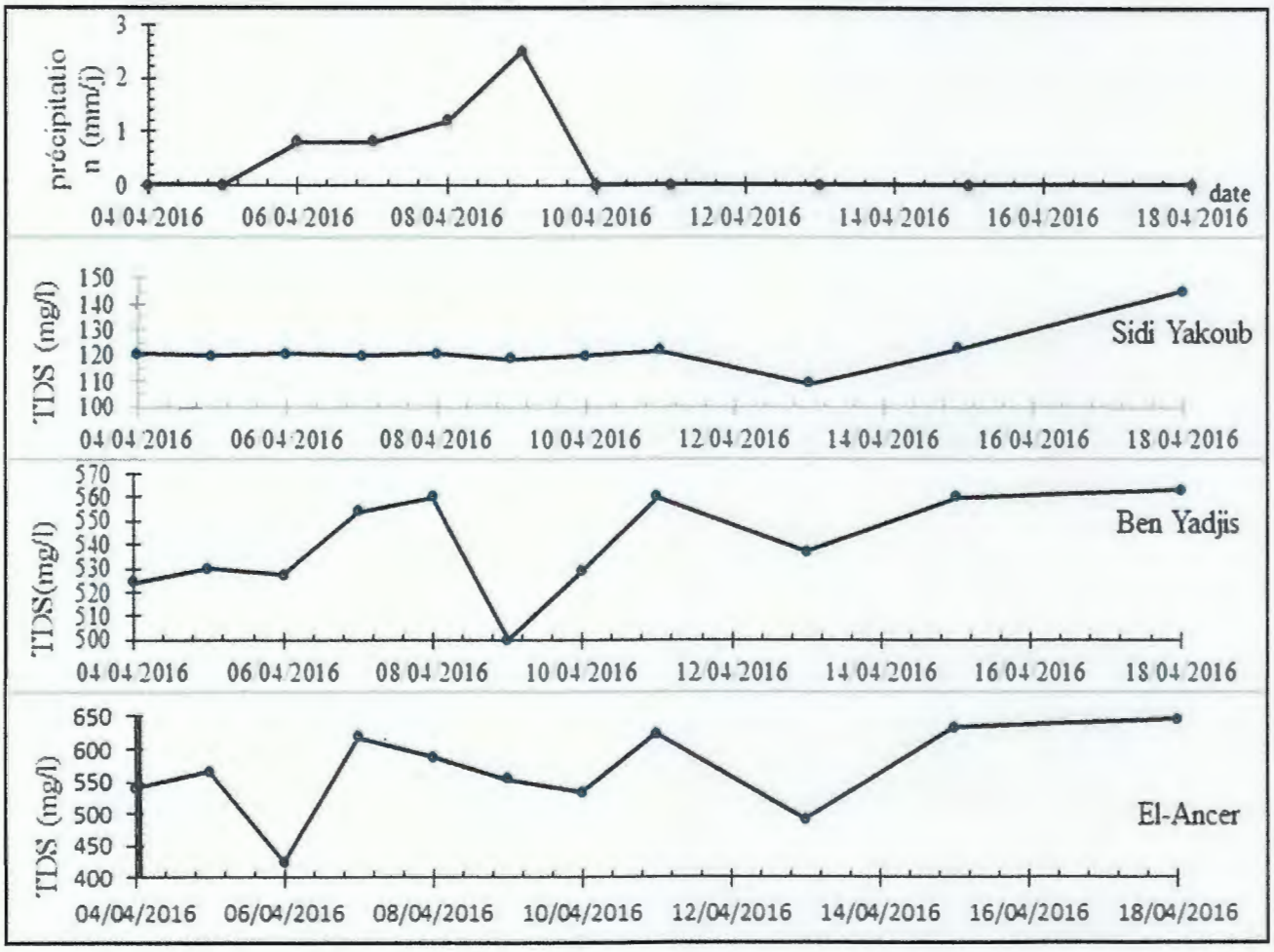


Figure 37 : Variations de TDS en fonction des précipitations des trois sources.

La TDS de trois sources varie en fonction des précipitations (fig.37). Les valeurs de la TDS les plus élevées sont enregistrées pendant les jours les plus pluvieux. En effet, les pluies débutent le 05/04/2016, mais la réponse au niveau de la source de Sidi Yakoub se fait ressentir qu'à partir du quelque jours. Pour les sources de Beni Yadjis et d'El-Ancer les variations suivent de près les fluctuations de la pluviométrie. Pendant les journées pluvieuses une augmentation de la TDS est constatée au niveau de la source de Beni Yadjis avec une valeur maximale de 560 mg/l enregistrée le 08/04/2016.

Pour la source d'El-Ancer une valeur maximale de 645 mg/l est enregistrée le 18/04/2016. Une corrélation positive hautement significative entre TDS et la conductivité électrique (R=1) a été constatée et une corrélation négative entre la TDS et le pH (R= — 0,81) a été également enregistrée.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de TDS de trois sources suivies (ANOVA ; F= 412,570 ; P=0,0001).

IV.2.2.3. La dureté (TH)

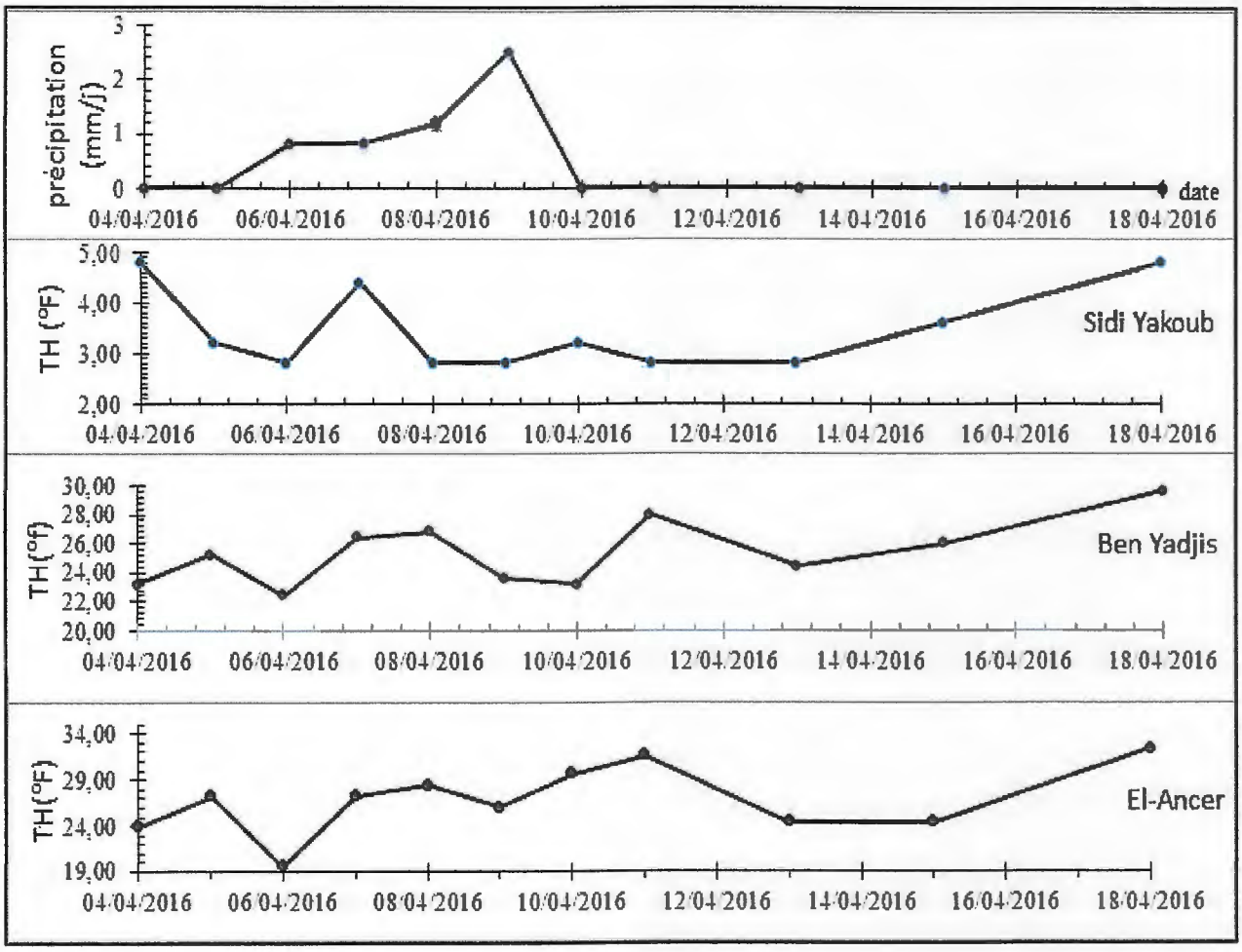


Figure 38 : Variations de la dureté en fonction des précipitations des trois sources.

Les valeurs de la TH varient en fonction des sources et en fonction du temps, elles suivirent de près les fluctuations de la pluviométrie ; augmentent en période sèches et affaiblissent en période humides en raison de dilution, en effet la figure 38 nous montre que l'augmentation des précipitations engendre une diminution de la dureté des trois sources étudiées. Puis nous avons assisté une augmentation de cette dernière en raison de lessivage des sels minéraux. Pour la source de Sidi Yakoub une valeur maximale de la TH de 4,4 F° a été enregistré le 07/04/2016. Des valeurs importantes de la TH ont été enregistrées au niveau des sources de Ben Yadjis avec 26.80 F° et El-Ancer avec 28.40 le 08/04/2016. Une corrélation négative entre la TH et T° (r= — 0,60) et des corrélations positives significatives entre la TH et la CE (r = 0,81) et la TH et la TDS (r = 0,82) ont été enregistrées au niveau de la source de Sidi Yakoub. Des corrélations positives significatives

entre la TH et la CE (r=0,73) et entre la TH et la TDS (r=0,73) ont été enregistrées au niveau de la source d'El-Ancer.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de la TH de trois sources suivies (ANOVA ; F= 290,352; P=0,0001).

IV.2.2.4. Calcium (Ca^{2+})

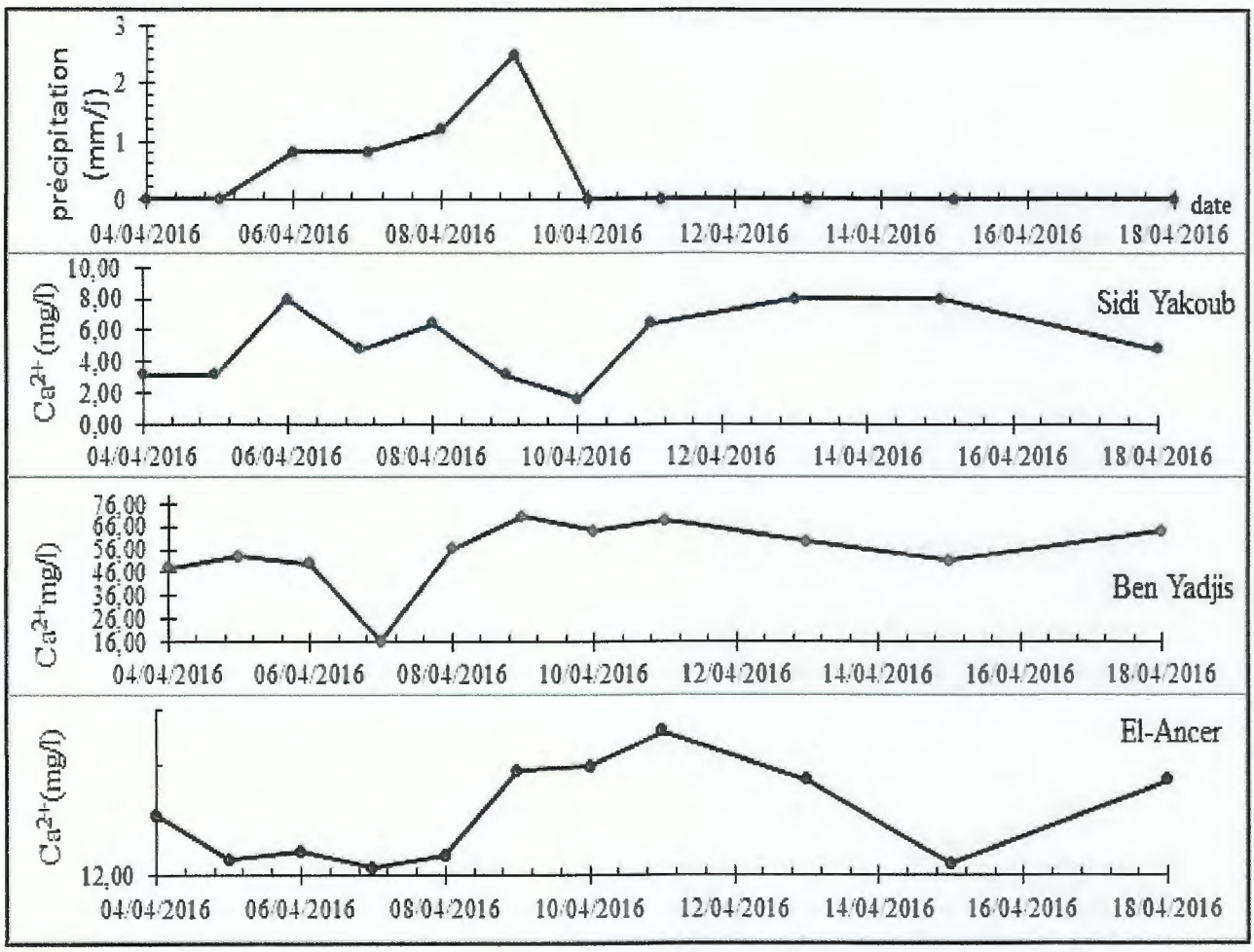


Figure 39 : Variations de calcium en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 39 présente les variations de la teneur des eaux en calcium en fonction des précipitations des trois sources étudiées pendant la période de suivi, ces variations varient en fonction des sources et de période. Pour la source de Sidi Yakoub, une valeur maximale de 8,02 mg/l a été enregistrée pendant la deuxième journée de chute de pluie et la valeur minimale de 1,6 mg/l est enregistré le10/04/2016 immédiatement après l'arrêt de chute des précipitations. Pour la source de Ben Yadjis une valeur minimale de 16.03 mg/l a été enregistrée après le troisième jour de chute des précipitations et un maximum de 70.54 mg/l enregistré le sixième jour de suivi. Une

corrélation négative entre les ions Ca^{2+} et le débit (r= - 0,54) a été enregistrée. En ce qui concerne la source d'El-Ancer les réponses est immédiate, en effet nous avons constaté une nette diminution des ions Ca^{2+} après la troisième journée de chute de pluie. Les teneurs connus une augmentation juste après l'arrêt des précipitations.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de calcium de trois sources suivies (ANOVA ; F= 37,636; P=0,0001).

IV.2.2.5. Magnésium (Mg^{2+})

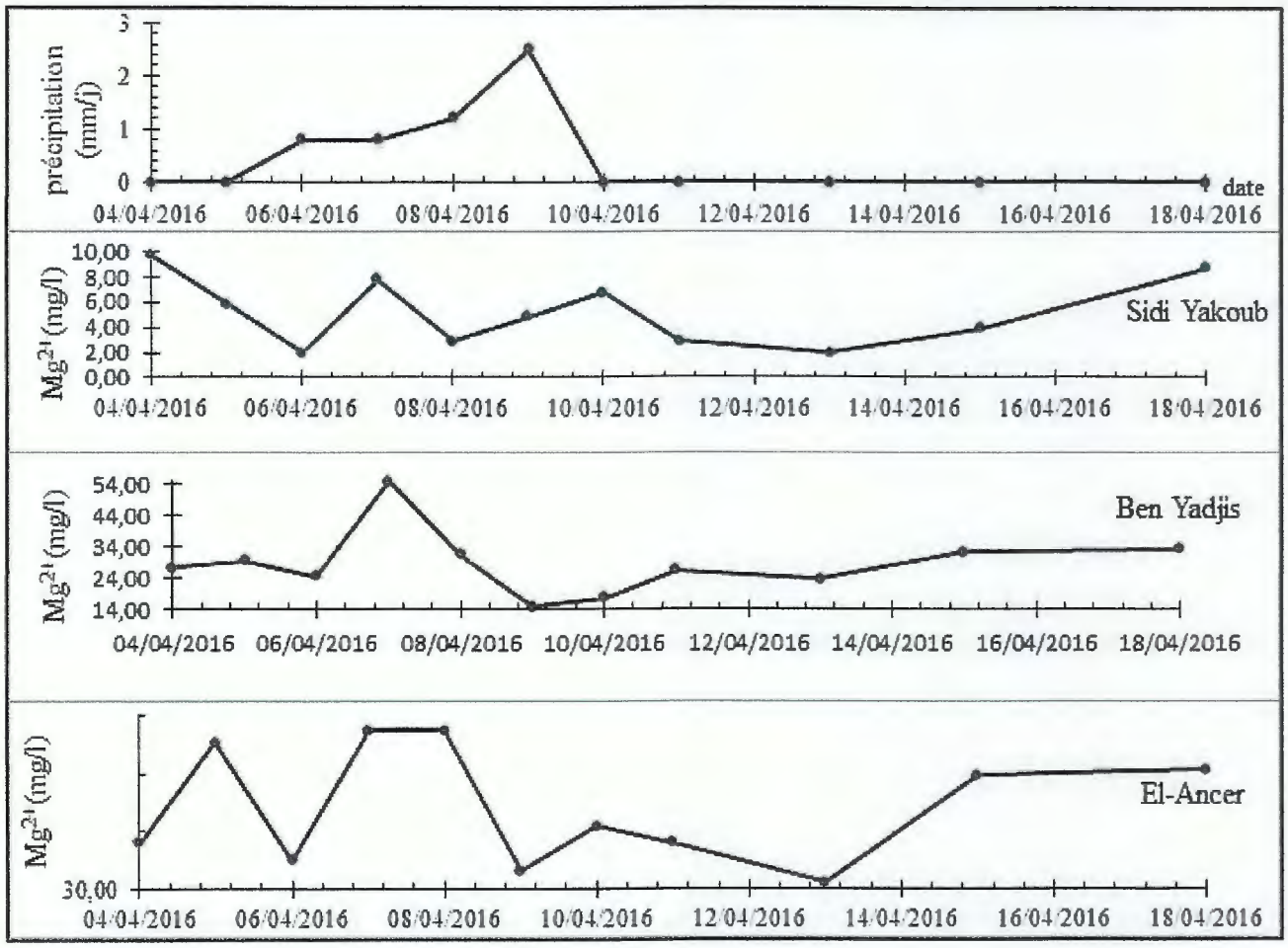


Figure 40 : Variations de magnésium en fonction des précipitations des trois sources

La figure 40 présente les variations de la teneur des eaux en ions magnésium en fonction des précipitations des trois sources étudiées pendant la période de suivi. Pour la source de Sidi Yakoub nous avons enregistré une valeur minimale de 1,94 mg/l après deux jours de chute de pluie. Des corrélations négatives entre les ions Mg^{2+} et le débit (r=–0,51), entre les ions Mg^{2+} et les ions Ca^{2+} (r= — 0,72) ont été enregistrées et une corrélation positive hautement significative entre les ions Mg^{2+} et la TH (r=0,88) a été également enregistrée. Concernent la source de Ben Yadjis une valeur

minimale de 14,58 mg/l a été enregistré le sixième jour de suivi. Des corrélations négatives entre les ions Mg^{2+} et le pH (r=–0,51), entre les ions Mg^{2+} et les ions Ca^{2+} (r=–0,85) ont été enregistrée. Des corrélations positives entre les ions Mg^{2+} et la CE (r=0,65) et entre les ions Mg^{2+} et la TDS (r=0,62) ont été enregistrées.

La source d'El-Ancer présente une valeur minimale de 31,10 mg/l le13/04/2016. Une corrélation négative entre Mg^{2+} et Ca^{2+} (r=–0,63). Une corrélation positive entre Mg^{2+} et CE, TDS (r=0,62).

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de magnésium de trois sources suivies (ANOVA ; F= 58,533 ; P=0,0001).

IV.2.2.6. Chlorures (Cl-).

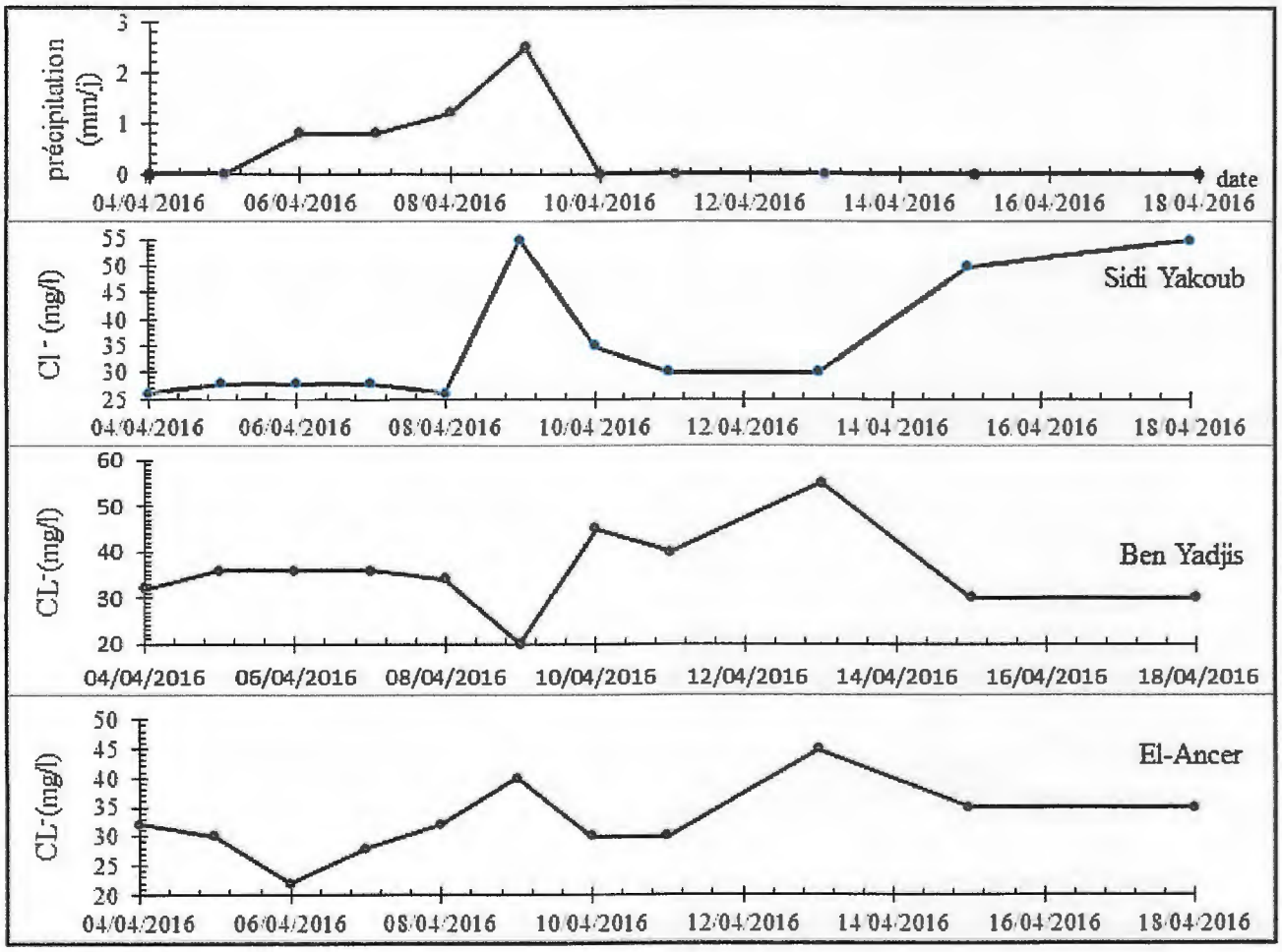


Figure 41 : Variations de chlorures en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 41 présente les variations de la teneur des eaux en chlorures en fonction des précipitations des trois sources étudiées pendant la période de suivi, ces variations varient en

fonction des sources et de période. Pour la source de Sidi Yakoub nous avons enregistré une valeur minimale de 26 mg/l pendant la première journée de suivi et la valeur maximale de 55 mg/l a été enregistré pendante le maximum de précipitation. Une corrélation positive Cl^- entre et CE, TDS (r=0,53). Une valeur minimale de 20 mg/l pendant le sixième jour de suivi a été enregistrée au niveau de la source de Ben Yadjis et la valeur maximale de 55 mg/l a été enregistré le 13/04/2016. Une corrélation négative entre Cl^- et précipitation (r=−0,58). Pour la source d'El-Ancer il a été enregistré une valeur minimale de 22 mg/l le troisième jour de suivi et la valeur maximale de 45mg/l a été enregistré pendant le neuvième jour de suivi. Aucune différence a été enregistrée entre les valeurs de chlorure de trois sources suivies (ANOVA ; F=0,401 ; P=0,673).

IV.2.2.7. Bicarbonates (HCO_3^-)

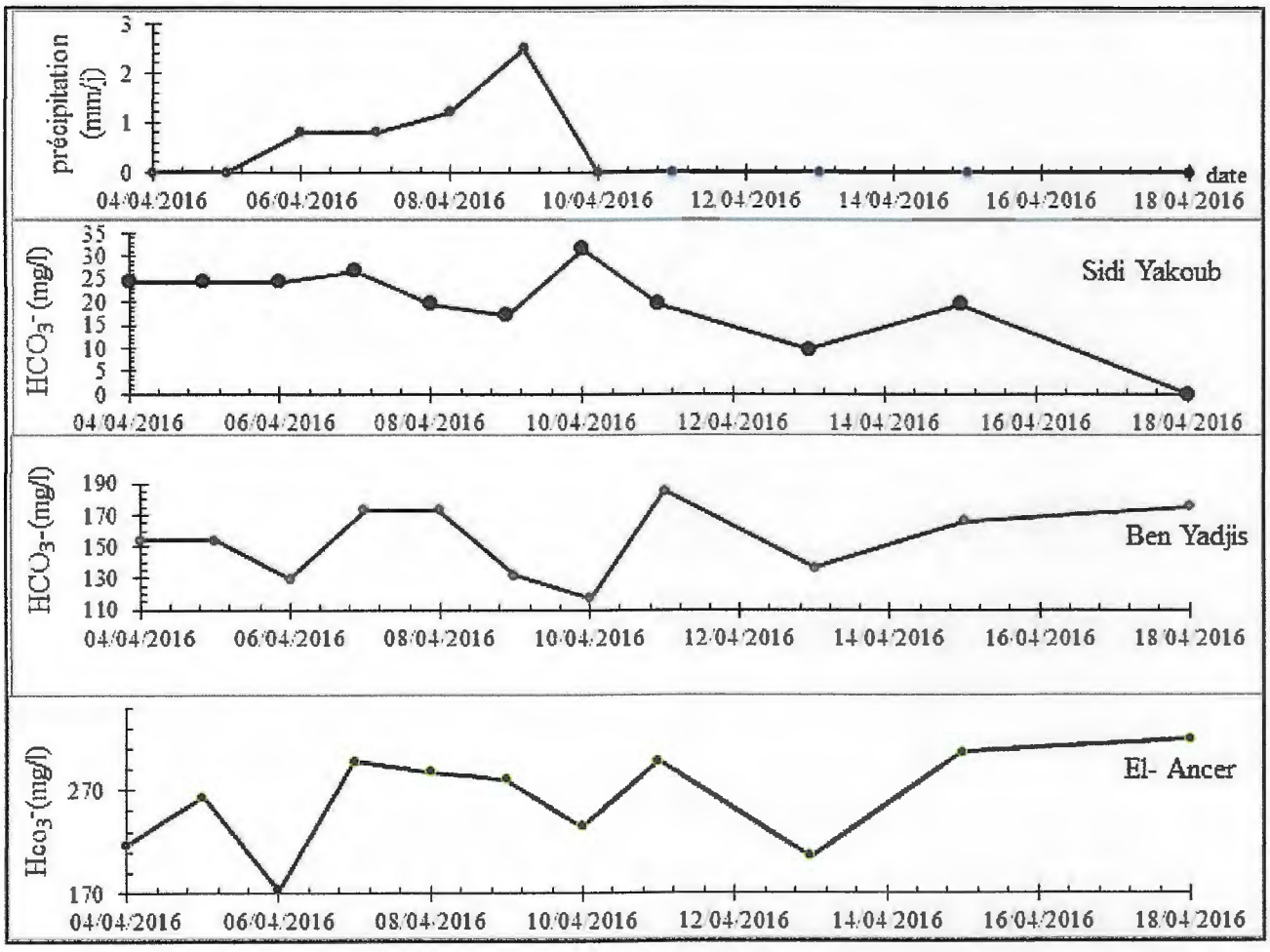


Figure 42 : Variations de bicarbonates en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 42 nous indique que les valeurs de bicarbonates varient en fonction des sources et en fonction du temps. Pour la source de Sidi Yakoub une absence totale de bicarbonates a été enregistrée pendant le dernier jour de suivi et la valeur maximale de 31,72mg/l a été enregistré

le10/04/2016. Une corrélation négative entre HCO_3^- et TDS (r=–0,52), entre les bicarbonates et la TH (r=–0,50) et une corrélation positive entre les bicarbonates et les chlorures (r=0.54) a été enregistrée. Pour la source de Ben Yadjis il a été enregistré une valeur minimale de 117,12 mg/l le 10/04/2016 et la valeur maximale de 185,44 mg/l a été enregistrée le 11/04/2016. Des corrélations positives entre HCO_3^- et la CE (r=0,80), entre HCO_3^- et la TDS (r=0,80), entre HCO_3^- et la TH (r=0,86) et entre HCO_3^- et les ions Mg^{2+}(r=0,65) ont été enregistrées. Une valeur minimale de 173,24 mg/l pendante le deuxième jour de chute de pluie au niveau de la source d'El-Ancer a été enregistré et la valeur maximale de 319,64 mg/l a été enregistrée pendant la dernière journée de suivi. Une corrélation négative entre HCO_3^- et le pH (r=–0,81) a été enregistrées. Des corrélations positive entre HCO_3^- et TH (r=0,71), entre les ions Mg^{2+} et les bicarbonates (r=0,62), entre HCO_3^- et la CE (r=0,96) et entre les bicarbonates et TDS ont été enregistrées. L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de bicarbonates de trois sources suivies (ANOVA ; F= 169,473 ; P=0,0001).

IV.2.2.8. Sulfates (SO_4^{2-})

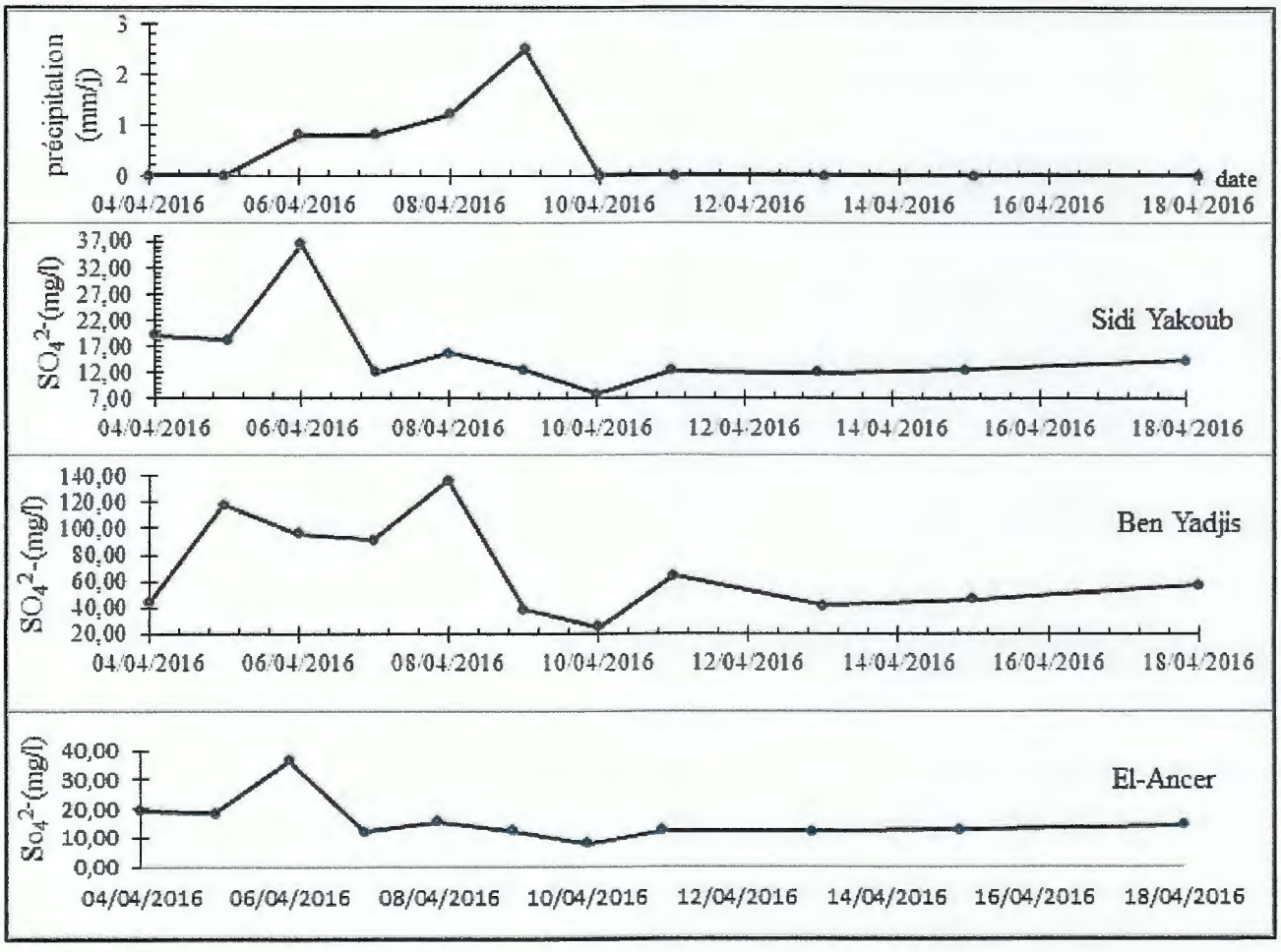


Figure 43 : Variations de sulfates en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 43 montre que l'augmentation de précipitation engendre une augmentation de sulfates des trois sources étudiée. Pour la source de Sidi Yakoub cette augmentation a été enregistrée pendant le deuxième jour de pluie. Pour la source de Ben Yadjis a été enregistrée une valeur maximale de 136,73 mg/l a été enregistré le 08/04/2016. Une corrélation positive entre SO_4^{2-} et le débit (r=0,51) a été enregistrée. En ce qui concerne la source d'El-Ancer une valeur maximale de 36,40 mg/l pendant le troisième jour de suivi. Des corrélations négatives entre SO_4^{2-} et le débit (r=−0,64), entre les ions SO_4^{2-} et les ions Ca^{2+}(r=−0,63), entre SO_4^{2-} et les chlorures, Cl^-(r=−0,52) ont été enregistrées. L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de sulfates de trois sources suivies (ANOVA ; F= 18,722 ; P=0,0001).

IV.2.2.9. Phosphates (PO_4^{3-})

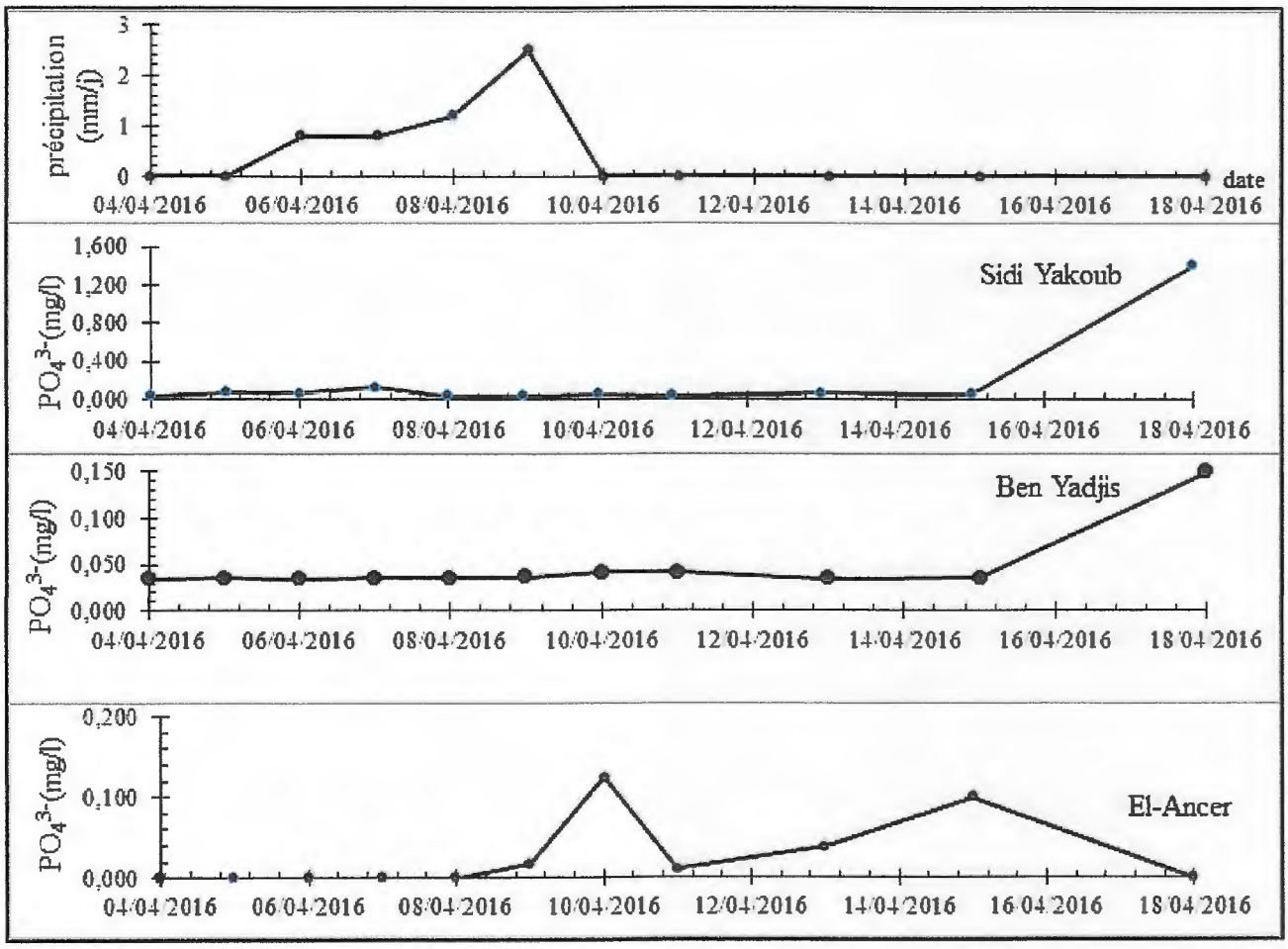


Figure 44 : Variations de phosphates en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 44 présente les variations de la teneur des eaux en phosphates en fonction des précipitations des trois sources étudiées pendant la période de suivi. Ces variations varient en fonction des sources. Les résultats obtenus ne présentent aucune influence des précipitations sur les

teneurs des eaux des sources en phosphates. Une légère augmentation a été enregistrée au niveau de la source d'El-Ancer après cinq jours de chute de pluie. Des corrélations négatives entre PO_4^{3-} et T°C (r=−0,79) et entre les phosphates et les bicarbonates, HCO_3^-(r=−0,74) ont été enregistrées au niveau de la source de Sidi Yakoub. Des corrélations positives entre PO_4^{3-} et la CE, TDS (r=0,90) ont été enregistrées au niveau de la même source.

L'analyse de la variance nous a permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de phosphates de trois sources suivies (ANOVA ; F= 1,247 ; P=0,302).

IV.2.2.10. Nitrates (NO_3^-)

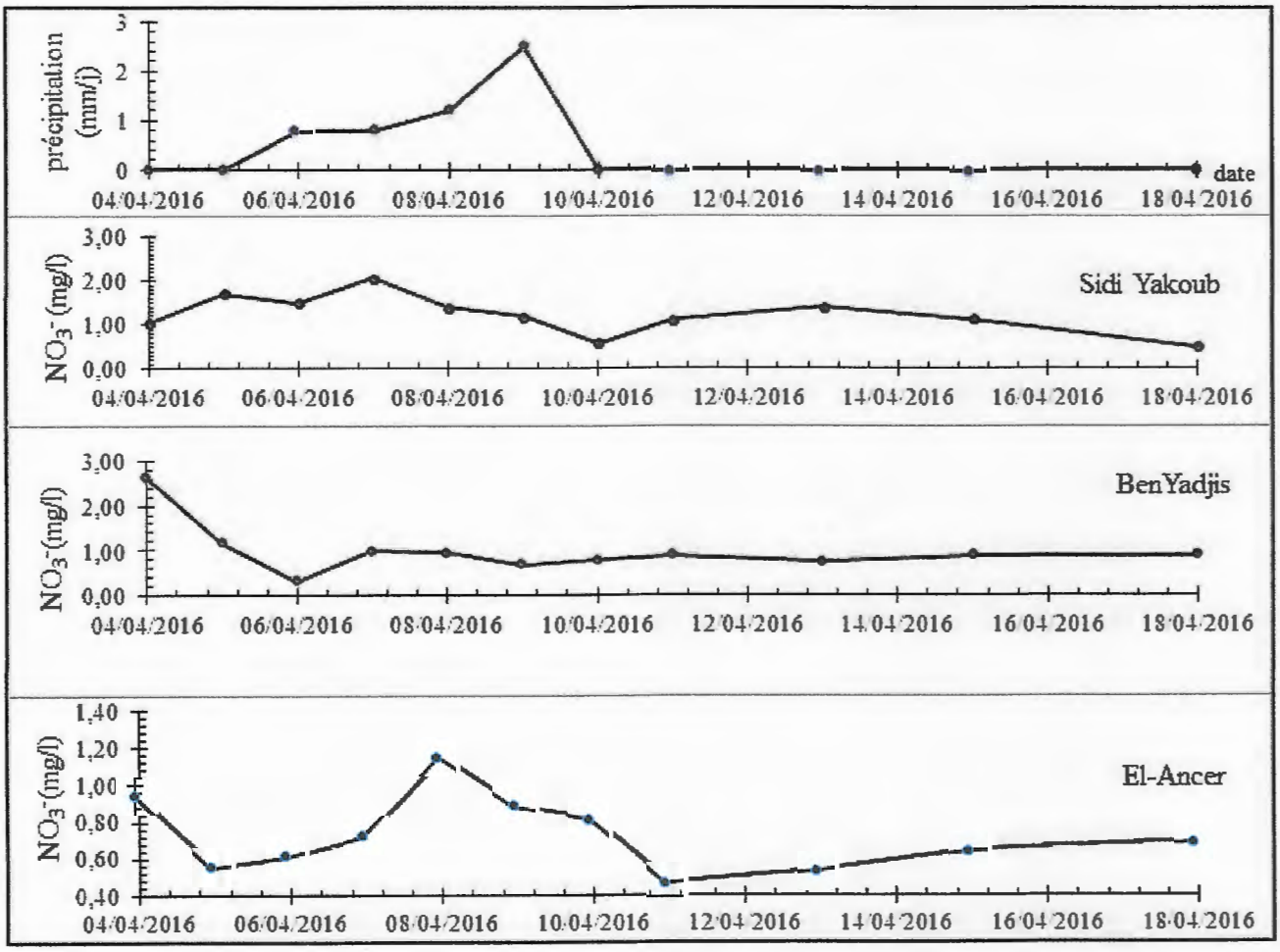


Figure 45 : Variations de nitrates en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 45 nous montre que les sources de Sidi Yakoub et d'El-Ancer ont connus une légère augmentation après chute de pluie. Au contraire, une légère diminution des teneurs des eaux en nitrates été enregistrée au niveau de la source de Ben Yadjis. L'analyse de la variance nous a

permet de constater des différences très hautement significatives entre les valeurs de nitrates de trois sources suivies (ANOVA ; F= 3,582 ; P=0,040).

IV.2.2.11. Ammonium (NH_4^+)

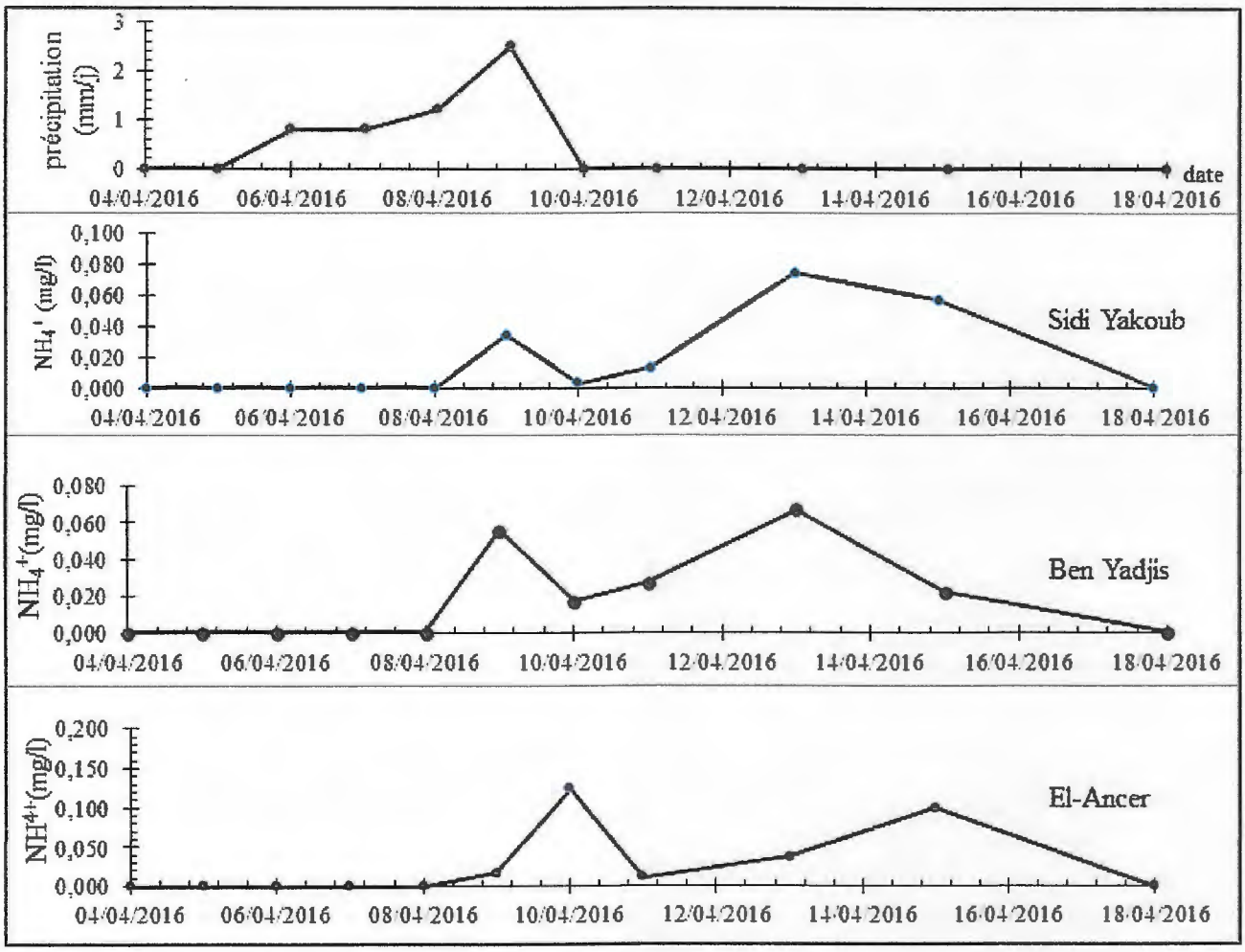


Figure 46 : les variations de l'ammonium en fonction des précipitations des trois sources.

La figure 46 indique que l'ammonium de trois sources varie selon la variation de précipitation. Globalement une augmentation des ions ammonium a été enregistrée au niveau des trois sources. La réaction été un peu tardive, elle ne fait ressortir qu'après quatre jour de chute de précipitation cette augmentation continué même après l'arrêt des précipitations. Il n'y a pas des différences entre les valeurs de la d'ammonium de trois sources suivies (ANOVA ; F=0,304 ; P=0,740). L'ammonium peut être rencontre dans les eaux de pluie (jusqu'à 2 mg/l) **(Savary, 2010)**.

Notons que la température, le pH, la salinité, les teneurs des eaux en fer et en nitrites ne sont pas influencés par les précipitations.

Conclusion générale

L'eau constitue un élément essentiel pour tous les organismes vivants, utilisé pour la consommation comme une eau potable, ainsi que pour l'irrigation, l'industrie, l'énergie, les loisirs, le thermalisme…

La wilaya de Jijel renferme une richesse en matière de sources d'eau naturelle. Ces sources naturelles constituent une source principale d'approvisionnement en eau potable et une fraction importante de la population s'approvisionnent de ces sources.

Au niveau de la wilaya de Jijel, les sources naturelles et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface.

Le présent travail est une contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de certaines sources naturelles qui approvisionnent une large fraction de la population au nord-est du chef-lieu de la wilaya de Jijel.

Au total neuf sources ont fait l'objet de notre étude ; deux sources au niveau de la commune de Texanna (El-Merhaba et Sidi Yakoub), deux sources au niveau de la commune de Ben Yadjis (Ben Yadjis et Boumlil),a qutre sources au niveau de la commune de Djimla (El-Ancer, Djiza, Ache El-Baz et Djkhouna) et une source au niveau de la commune Selma Ben Ziada, il s'agit de la source d'El-Mechaki.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux réalisées au niveau du laboratoire de géni géologie de l'université de Jijel et des laboratoires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie montrent que :

- Les valeurs des paramètres physiques (T, pH, CE, TDS, Eh et la Salinité) et les teneurs en éléments majeurs (TH, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-) répondent aux normes algériennes de potabilité a l'exception de la TDS et de la dureté enregistrée au niveau de la source de Mechaki et la dureté enregistrée au niveau des sources Djiza, Boumlile, Ben Yadjis et El-Ancer qui dépasse la norme algérienne de potabilité.
- Les valeurs des paramètres de pollution (NO_3^-, PO_4^{3-} et NH_4^+) ne dépassent pas les normes de potabilité algérienne à l'exception des concentrations en phosphate au niveau des eaux de la source de Ache El – Baz qui sont fortement élevées et nettement supérieur à la norme algérienne de potabilité.

- Nous avons enregistré une absence totale des nitrites (NO_2^-) et des ions de fer (Fe^{2+}) au niveau des neuf sources étudies et les eaux de ces sources répondent la norme de potabilité algérienne.
- Une augmentation de la dureté, des ions Mg^{2+}, des bicarbonates et des ions sulfates en fonction des précipitations des trois sources suivies (Ben Yadjis, El-Ancer et Sidi Yakoub).
- Une diminution des ions calcium en fonction des précipitations des trois sources suivies.

En fin et comme perspectives :

- Il est recommandé de faire une surveillance périodique de la qualité physico-chimique des eaux de ces sources.
- Elargir cette surveillance aux analyses microbiologiques afin d'éviter la contamination de ces sources pour protéger la santé de la population consommatrice.

Références Bibliographiques

A

Agouzoul S. et Benkirane M., 2015. Évaluation de la qualité des ressources en eau dans la zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique Tensift El Haouz, mémoire de la licence, Université Cadi Ayyad, Maroc pp 77.

Aichouri I., 2009. Contribution à la mise en évidence de l'intrusion marine dans la plaine d'Annaba, mémoire de Magister, Hydrogéologie, université Badji-Mokhtar Annaba. pp 108.

Alahiane L. et Mounaam A., 2009. Alimentation en eau potable du Grand Agadir : Cas de la station de traitement de Sidi Boushab, mémoire de la licence, Université Cadi Ayyad, pp 55.

Amadou H.laouali M. manzola A., 2014. Caractérisation hydro chimique des eaux souterraines de la région de Tahoua (Niger), journal of applied biosciences, 80 : 7161-7172.

Anctil F.Lauzon N.Rousselle J., 2012. Hydrologie (cheminement de l'eau), édition presses internationales polytechnique, No .2 :p2.

ANDI (Agence Nationale de Développement de l'Investissement)., 2015. Wilaya de Jijel, investi in Algéria, pp 24.

Arouya K., 2011. Pollution des eaux, éditions universitaires européennes, p 25-29.

B

Benrabah S., Bousnoubra H., Kherici N., Cote M. 2013. Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est algérien). Rev. Sci. Technol., Synthèse 26: pp. 30-39.

Bliefert C. et perraud R., 2001. Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets 1re édition de Boeck université rue des minimes 39, B- 1000 Bruxelles, pp271-273.

Bonnin J., 1982. Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P: 23-24-

27-32-33.**In Sari H., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar» (Tlemcen), mémoire de master, sciences des aliments,université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen, pp 63.

Bordet J., 2007. L'eau dans son environnement rural, édition Johanet, paris, p317.

Boucenna F., 2009. Cartographies par les différentes méthodes de Vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière Cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (Jijel, nord-est algérien) mémoirede magister, Hydrogéologie environnemental et modélisation, université BADJI MOKHTAR-ANNABA,p114.

Boudjedjou L., 2010. Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel, mémoire de magister, valorisation des ressources végétales, université FARHAT ABBAS – SETIF-, p 155.

Bougheda S. et Boufroua A., (2015). Contribution à l'étude de la qualité des eaux potable de certaines sources naturelle de la wilaya de Jijel. Mémoire de Master, Faculté SNV, Univ. M. S.B.Y-Jijel.

Bougherira N., Hani A., Djabri L., Toumi F. Chaffai H., Haied N. Nechem D., Sedrati N. 2014. Impact of urban and industrial waste water on surface and groundwater, in the region of Annaba (Algérie). Energy Procedia 50, pp. 692-701.

Bouillin., 1971. Géologie de l'est algérien.

Burgot J. L., 2011. Chimie analytique et équilibres ioniques, 2ème Edition Lavoisier, p 123.**In Chine A., 2015.** Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale d'oued Nil (Wilaya de Jijel, Nord-Est Algérien), mémoire de magister, Ecologie et environnement, Université de Jijel, pp126.

C

Chine A., 2015. Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale d'oued Nil (Wilaya de Jijel, Nord-Est Algérien), mémoire de magister, Ecologie et environnement, Université de Jijel, pp126.

D

Debieche T-H ., 2002. Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, thèse Pour obtenir le grade deDocteur de l'université de Franche-Comté, pp199.

Debieche T.H., Mania J. Mudry J. 2003. Species and mobility of phosphorus and nitrogen in a wadi-aquifer relationship. Journal of African Earth Sciences 37. pp. 47-57.

Delga. D., 1955. Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique.

Djellit., 1987. Géologique de la région de Jijel.**In Boucenna F., 2009.** Cartographies par les différentes méthodes de Vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière Cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (Jijel, nord-est algérien) mémoire de magister, Hydrogéologie environnemental et modélisation, université BADJI MOKHTAR-ANNABA,p114.

Duh J.D., Shandas V., Chang H., George L.A. 2008. Rates of urbanization and the resiliency of air and water quality. Science of the total environment, volume 400, Issues 1-3, pp. 238-256.

E

El Ouali Lalami A. Merzouki M. El Hillali O. Maniar S.et Ibnsouda Koraichi S., 2010. Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc : typologie, origine et conséquences, Larhyss Journal, n° 09, pp. 55-72, ISSN 1112-3680.

G

Ghazali D. et Zaid A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Gerri (région de Meknès –Maroc), Larhyss Journal, n° 12, pp 25-36, ISSN 1112-3680.

Grosclaud G., 1999. L'eau tome II usage et polluants, Edition INRA, Paris. p 118.

I

ISO 6058 (F).,1984. Qualité de l'eau : Dosage de calcium : Méthode titrimétrie à l'EDTA.

ISO 6228(F)., 1980. Chemical products for industrial use -- General method for determination of traces of sulphur compounds, as sulphate, by reduction and titrimetry.

ISO 6332 (F)., 1988. Qualité de l'eau : Dosage de fer : Méthode spectrométrique à la phénantroline -1,10.

ISO 6878/1., 1998. Qualité de l'eau : Dosage spectrométrique du phosphore en utilisant molybdate d'ammonium.

ISO 7150/1 (F)., 1984. Qualité de l'eau : Dosage de l'ammonium : Méthode spectrométrique manuelle.

ISO 5667, .1999. Qualité de l'eau – Échantillonnage – Partie 16 : lignes directrices pour les essais biologiques des échantillons (Indice de classement : T90-370).

J

JORA., 2011. Décret exécutif n° 11-219, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations, pp 5-6.

N

N' diaye A.D. Mint Mohamed Salem K.& Kankou.M. O. S. A. O. (2013). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite de fleuve Sénégal. Larhyss Journal, n° 12, pp. 71-83.

Nechad I. Fadil K. Fadil F., 2014. Qualité physicochimique des eaux des sources Ain regrag et ain sidi Bouali dans la région de Séfrou (moyen atlas, Maroc), Larhyss Journal, n°20, pp. 127-146, ISSN 1112-3680.

NF T90-012-1996 . Water quality. Determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection.

NF T 90 – 014-2000. Water quality - Determination of chloride - Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method).

M

Meziani R. et Boukhemkhem F., 2013. Etude de la qualité physico-chimique de l'eau potable de quelques sources naturelles de la wilaya de Jijel 2013. Mémoire de Master, Faculté SNV, Univ. M. S.B.Y-Jijel.

R

RamadeF., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Les polluants de l'environnement à l'homme, Edition International, Paris, p690.

Raoult JP, 1974., Géologie du centre de la chaine numidique (Nord du Constantinois,Algérie), (thèse, Paris). MEM. SOC géol. Fr., Nouvelle série. L III, N°121, 163p.

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer .8éme édition : Dunod, Paris, p1526.

Rodier J. Legube B. Merlet N. et coll., 2009. Analyse de l'eau : 9ème Edition : Dunod, Paris, p1526.

S

Samake H., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.n.s. des eaux de consommation de la ville de Bamako, thèse de Docteur en Pharmacie, Faculté de Médecine, de Pharmacie Et d'onto Stomatologie, université de Bamako, pp 11.

Sari H., 2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar» (Tlemcen), mémoire de master, sciences des aliments, université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen,pp 63.

Savary P., 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau, imprimé par deux – ponts, à Bresson, pp 263.

Sekiou F. et Kellil A., 2014. Caractérisation et classification empirique, graphique et statistique multivariable d'eaux de source embouteillées de l'Algérie, Larhyss Journal, n°20, pp. 225-246, ISSN 1112-3680.

Sidibe M. M'baye B.K. & Lo B., (2011). Suivi de la qualité physicochimique de l'eau potable Distribuée à Nouakchott, Mouritanie. Science Lib, Vol 3, N ° 111204, 1-7.

U

UNICEF., 1999. Manuel sur l'eau. N°2.p 43.

V

Vilagines R., 2000. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Edition: Tec et Doc. Lavoisie**r.In Sari H., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar» (Tlemcen), mémoire de master, sciences des aliments, université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen, pp 63.

Vilagines R., 2010. Eau, environnement et santé publique. 3éme édition, Lavoisier, paris, pp213.

Y

YME., 2011. Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Jijel (PATW) : Evaluation territoriale et diagnostic, Centre national d'études et d'analyses de la population et du développement (CENEAP), pp.299.

Z

Zerrouki A., 2013. Contribution : les eaux embouteillées en Algérie les leçons d'une approche comparative, le soir d'Algérie.

Site Web

[1] :file:///Environnement et Changement climatique Canada /Cycle hydrologique.html

[2] : http://water.usgs.gov/edu/watercyclefrench.html

Annexes

Annexe n°: 01

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination du calcium ($Ca2^{+}$) et du magnésium (Mg^{2+})**	ISO N° 6058 OU NF T90-003

Réactifs :

Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 2H_2O$) : (0,02N ou 0,01M)

EDTA .....3,725 g. après déshydratation à 80°C

Pendant 2 h

H2O distillée .....q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :

NaOH (pastilles) ..... 80 g.

H2O distillée.....q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH = 10,1:

Chlorured'ammonium .....67.5 g.

NH_4OH (25%.....570 ml. .

HCl concentré ..... PH = 10,1

H_2O distillée ....Q.s.P. 1000 ml.

Noir eriochrome T.

Solution étalon de référence(C_aCO_3)=0.01mol/l

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

En introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter

Goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit

Dissous. Eviter un excès d'acide.

Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.

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

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

Mode opératoire

(V_1) Ca^{2+} : Prendre 25 ml d'eau à analyser.

Ajouter 1 ml de NaOH à 2 N.

Ajouter du Murexide.

Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

(V_2) $Ca^{2+}Mg^{2+}$: Prendre 25 ml d'eau à analyser.

Ajouter 1 ml de NH_4OH (10,1).

Ajouter noir eriochrome.

- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Expression des résultats :

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

$$mg/lCa2+ = \frac{V_1 * C_{EDTA} * F * M_{Ca2+}}{P.E} * 1000$$

D'où :

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

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

Mca^{2+} : Masse molaire du calcium en g.

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

F : Facteur

Donc

$$mg/lCa2+ = \frac{V_1 * 0.01 * F * 40.08}{50} * 1000$$

mg/l Ca^{2+} = V1 x F x 16.032

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

$$mg/lMg2+ = \frac{(V_2 - V_1) * C_{EDTA} * F * M_{Mg}2+}{P.E} * 1000$$

D'où :

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

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

C: Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M_{Mg}^{2+} : Masse molaire du Magnésium en g.

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

F: Facteur

Donc

$$mg/lMg2+ = \frac{(V_2 - V_1) * 0.01 * F * 24.3}{50} * 1000$$

Mg/l Mg^{2+} = (V2-V1) x F x 9.72

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination des chlorures (Cl⁻)**	**NF T 90 - 014**

Réactifs :

Solution de nitrate d'argent à 0,01 N:

1,6987 d'AgNO3→1000 ml d'eau distillée

Indicateur coloré $K_2C_rO_4$ à 10 %:

10 g de $K_2C_rO_4$ → Q.S.P 100 ml d'H2Odist.

Solution de chlorures à 71 mg/l:

0.107g de NH_4Cl.....1000ml d'eau distillée.

Mode opératoire

Prendre 5 ml d'eau à analyser,

Ajouter 2 gouttes de $K_2C_rO_4$ (coloration jaunâtre).

Titrer avec Ag NO_3 à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

Expression des résultats

$$F.G: \frac{VAgNO_3 \times NAgNO_3 \times MCl}{PE} = \frac{VAgNO_3 \times 0{,}01 \times 35{,}5 \times F \times 1000}{5}$$

F.S : mg/l Cl- = VAgNO3 x 71 x F.

$VAgNO_3$: Volume d'$AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$NAgNO_3$: Normalité d'$AgNO_3$

MCl^- : masse des chlorures.

F : facteur de correction du titre d'Ag NO3.

PE : prise d'essai

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})**	Méthode Allemande élaborée par laboratoire

Réactifs :

Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium (Na_2SO_4) Peser 1. 479 g de sulfate de sodium (Na_2SO_4), mettre dans une fiole jaugée de 1000 ml et complété jusqu' au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Solution stabilisante

Acide chlorhydrique pur.....60 ml.

Ethanol.....200 ml.

Chlorure de sodium(NaCl).....150 ml.

Glycérol.....100 ml.

L'eau distillée.....Q.S.P.1000 ml.

Solution de chlorure de baryum

Chlorure de baryum..... 150 g.

Acide chlorhydrique..... 5 ml.

L'eau distillée.....Q.S.P.1000 ml.

Matériel : Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers), Spectrophotomètre UV/Visible

Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.

Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.

Ajouter 2 ml de Chlorure de baryum.

Agiter énergiquement pendant 1mn.

Passer ou Spectrophotomètre λ =420 nm.

Expression des résultats

Le résultat et donné directement en mg/l.

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)**	NF T0-036

Réactif :

Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :

Solution d'HCl à 0,1 N :

S d'HCl à 1 N ..... 10 ml.

H2O distillée.....q.s.p 100 ml.

Électrode : Électrode de pH

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser,

Noter son pH puis titrer avec **Réactifs** HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

Expression des résultats

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times MHCO_3^- \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0{,}1 \times 61 \times 1000}{100}$$

F.S : VA1 x 61 = mg/l HCO_3^-

V_A : Volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

$MHCO_3^-$: masse des bicarbonates (HCO_3^-).

P.E:prosed'essai.

LABORATOIRE AGRÉE	**Dosage des nitrites (NO_2^-)**	ISO 5667

Réactifs:

Réactif Mixte :

Sulfanilamide.....40g.

Acide phosphorique..... ...100 ml.

N-1- Naphtyl éthylène diamine.....2g.

H2O distillée.....Q.S.P.1000 ml.

Matériels

Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), Spectrophotomètre UV/Visible.

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser.

Ajouter 1 ml du réactif mixte.

Attendre 10mn.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO2-.

Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

LABORATOIRE AGRÉE	**dosage des nitrates NO_3^- Méthode au salicylate de sodium.**	T90-012

Réactifs :

Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).

0.25 g de salicylate de sodium dans 50ml d'eau distillée.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

15 g de NaOH dans 50 ml d'eau distillée.

H_2SO^4 concentré.

Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH..... 200 g.

Tartrate de sodium et de potassium ..... 30 g.

Eau distillée..... ..... Q s p 500 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 500 ml. Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Matériels: Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), Spectrophotomètre UV/Visible, bain de sable.

Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(Ne pas surcharger ni surchauffer très long temps) laisser refroidir.

Reprendre le résidu avec 2 ml. H2SO4 laisser reposer 10 mn.

Ajouter 15 ml d'eau distillée.

Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**	ISO N°7150

Réactifs

Solution de Dichloroisocyanurique de sodium (Réactif I)

Hydroxyde de sodium.....32g.

Dichloroisocyanurate .....2g.

l'eau distillée.....Q.S.P.1000 ml.

Réactif coloré (Réactif II)

Salicylate de sodium.....130 g

Tricitrate de sodium.....130 g

Nitropruciate de sodium..... 0, 97g

l'eau distillée.....Q.S.P.1000 ml.

Matériels

Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), Spectrophotomètre UV/Visible.

Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser

Ajouter 2 ml du réactif I

Ajouter 2 ml du réactif II

Attendre 1 h

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+.

Effectuer la lecture à 655nm

Expression des résultats

Le résultat et donné directement en mg/l.

LABORATOIRE AGRÉE	**Détermination des phosphates (PO_4^{3-})**	ISO N° 6878

Réactif Mixte:

Heptamolybdate d'ammonium ..... 13 g.

A

Eau distillée ..... 100 ml.

Tartrate d'antimoine ..... 0.35 g.

B

Eau distillée..... 100 ml.

Acide sulfurique pur..... 150 ml

C

Eau distillée..... 150 ml.

(A + B) + C ⟶ 500 ml d'eau distillée.

Acide ascorbique à 10 %:

Acide ascorbique.....10g.

Eau distillée.....100ml.

Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-}

Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}

Matériels

Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), Spectrophotomètre UV/Visible.

Mode opératoire

40 ml d'eau à analyser.

1 ml acide ascorbique

2 ml du réactif mixte.

Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.

Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

Détermination du fer (Fe^{2+})

Réactifs :

Solution d'acide chlorhydriqueà l0%

Hcl .....10 ml.

L'eau distillée.....100 ml.

Solution de peroxodisulfate de potassium à 40 g/l

Proxodisulfate de potassium ($K_2S_2O_8$).....4 g.

L'eau distillée.....100 ml.

Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l

Chlorhydrate d'hydroxylamine.....10 g.

L'eau distillée.....100 ml.

Solution de phénantroline 1,10

Chlorure de phénantroline.....0,5 g.

L'eau distillée.....100 ml.

Solution tampon acétate

D'acétate d'ammonium.....40 g.

L'eau distillée.....100 ml.

Matériel

Spectrophotomètre UV – Visible, Balance analytique de laboratoire, Fiole, pipettes.

Mode opératoire

50 ml d'eau à analyser.

1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélange soigneusement.

2 ml tampon acétate.

2 ml de solution phénantroline et conserver pendant 15 min.

Effectuer la lecture à 510 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

Annexe n° :02

Les Analyses de variation

Débet

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,705	0,353	16,537	< 0,0001

Température

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,444	0,222	0,314	0,733

PH

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,018	0,009	0,140	0,870

Conductivité électrique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	1365708,875	682854,438	410,617	< 0,0001

TDS

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	1364461,152	682230,576	412,570	< 0,0001

Salinité

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,281	0,140	463,000	< 0,0001

La dureté

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	3763,239	1881,619	290,352	< 0,0001

Calcium

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	13580,884	6790,442	37,636	< 0,0001

Magnésium

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	8455,389	4227,694	58,533	< 0,0001

Chlorure

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	68,424	34,212	0,401	0,673

Bicarbonate

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	324571,148	162285,574	169,473	< 0,0001

Sulfate

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	17819,712	8909,856	18,722	< 0,0001

Phosphates

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,139	0,069	1,247	0,302

Nitrate

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	1,404	0,702	3,582	0,040

Ammonium

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,001	0,000	0,304	0,740

Annexe n° : 03

Tableau: Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (Journal Officiel de la République Algérienne N° 18,2011).

paramètres	Unités	valeurs limites
Température	°C	25
Concentration en ions hydrogène	-	≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
TDS	Mg/l	1000
Redox	-	-
Salinité	Mg/l	-
Bicarbonate	Mg/l	-
Dureté	mg/l en CaC03	200
Sulfates	mg/l	400
Chlorures	mg/l	500
Magnésium	mg/l	150
Calcium	mg/l en CaC03	200
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0,2
Fer total	mg/l	0,3
Phosphates	mg/l	0,5
Ammonium	mg/l	0,5

Annaxes n° :04

Les résultats des paramètres physico chimique des neuves sources étudiées.

	T	pH	CE	Eh	TDS	Salinté	TH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	NH_4^+	NO_3^-
Ache El-Baz	13,2	7,55	229	89	229	0	10	32,06	4,86	30	64,66	11,34	9,800	0,125	1,51
Djekhouna	15,25	7,92	252	95	252	0,05	10,8	33,66	5,832	25	46,97	21,11	0,34	0,13	0,9
Djiza	17,2	7,02	540	175	539	0,2	23,6	65,73	17,50	40	113,46	33,58	0,232	0,316	0,95
El-Ancer	18	7,04	638	139	636	0,2	32,4	70,54	35,96	42	141,52	21,46	0,215	0,156	0,49
Boumlile	15,6	7,04	586	150	585	0,2	24,8	64,13	21,38	50	114,68	38,40	0,238	0,136	0,16
Ben Yadjis	15,3	7,31	555	148	557	0,2	26,4	72,14	20,41	42	87,84	45,11	0,198	0,110	0,53
Marahba	12,9	6,7	100,5	205	101	0	5,2	9,62	6,80	20	17,08	9,69	0,296	0,131	0,77
Sidi Yakoub	13,5	6,22	122,8	256	123	0	3,2	4,81	4,86	34	10,98	12,40	0,316	0,137	1,28
Mechaki	13,8	7,21	1153	217	1152	0,5	64	169,94	52,50	35	153,72	131,39	0,035	0,022	0,99

Etude de la qualité physico-chimique des eaux potables de certaines sources naturelles (W. de Jijel)

Présenté par : Boukhezer Safa

Fenineche Hanifa

Encadreur : Mr.Mayache. B

Session : Juin2016

Résumé

La wilaya de Jijel renferme un nombre important de sources naturelles des eaux potables, largement exploités par une large fraction de la population. Neuf sources naturelles des eaux potables situées au sud-est de chef-lieu de la wilaya de Jijel ont fait l'objet de cette étude. Certains paramètres physico-chimiques de l'eau (T, pH, CE, Eh, TDS et la Salinité) ont été mesurés in-situ, les éléments majeurs (TH, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, $SO4^{2-}$, Cl^-), les indicateurs de la pollution urbaine et agricole (NH^{4+}, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}) et Fe^{2+} ont été analysés au laboratoire a l'aide des méthodes volumétriques et par Spectrométrie d'absorption moléculaire.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus montrent que les eaux de ces sources sont globalement de bonne qualité pour la plupart paramètres étudiés. Les teneurs des éléments analysés répondent aux normes de potabilité algérienne de l'eau à l'exception des teneurs des eaux en phosphates enregistrés au niveau de la source d'Ache El–Baz, la teneur de la TDS et de la dureté enregistrés au niveau de la source d'El Mechaki et la dureté enregistrée au niveau des sources Djiza, Boumlile, Ben Yadjis et El-Ancer qui dépasse la norme algérienne de potabilité.

Mots clés : Eaux potables, Eaux de sources, qualité physico-chimie, hydrochimie, Jijel

Abstract

Jijel contains a considerable number of natural sources of drinking water, which are widely exploited by a large fraction of the population. A total, nine natural sources located at the southeast of the main town of Jijel have been the subject of this study. Some physic-chemical parameters of water such as T°, pH, EC, Eh, TDS and Salinity has been measured in-situ, using a multiparameter field, major elements such as water hardness, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-} and Cl^-, indicators of urban and agricultural pollution such as NH^{4+}, NO_2^-, $NO_3^-$and PO_4^{3-} and Fe^{2+} have been analyzed at the laboratory using volumetric methods and spectrometry absorption molecular.

The analysis results obtained show that the water of these sources have generally a good quality for moststudied parameters and the contents of analyzed elements were conformed to the standards of Algerian water potability. Except the phosphates water contents which has recorded at the Ache El-Baz source, the content of the TDS and hardness which have been recorded at the El Mechaki source and the hardness water which have been recorded in the sources of Djiza, Boumlile, Ben Yadjis and El-Ancer which excee the Algerian standard for potability.

Keywords: water resources, hydrodynamic, hydrochemistry, volumetric methods, Jijel

ملخص

تحتوي ولاية جيجل على عدد معتبر من الينابيع المستغلة على مدى واسع من قبل شريحة كبيرة من السكان تسعة ينابيع تقع جنوب شرق مقر الولاية كانت محل دراستنا هذه بعض المعايير اليفزيوكميائية للماء مثل درجة الحرارة،الحموضة، قدرة التأكسد والناقلية الكهربائية تم قياسها حقليا مستعملين جهاز قياس متعدد المعايير حقلي المعايير الكبرى مثل ايونات الكالسيوم، قساوة الماء، محتوى الماء من البيكربونات، الكبريتات و الفوسفات كما تم قياس بعض مؤشرات التلوث الحضرية، الزراعية مثل محتوى الماء من الأمونيوم، النترات، الفوسفات والحديد مخبريا باستعمال الطرق الحجمية و طريقة الامتصاص الذري بينت النتائج المتحصل عليها ان نوعية المياه عموما جيدة وتستجيب للمعايير الجزائرية الخاصة بمياه الشرب باستثناء محتوي مياه عين الباز من الفوسفات المسجل والذي تعدى المعايير كذلك قساوة الماء المسجل على ينابيع المشاكي، الجيزة، بومليل، بن ياجيس و العنصر.

الكلمات المفتاحية: الينابيع، نوعية الماء، المعايير الفيزيوكميائية، الطريقة الحجمية،جيجل.