

Université Mohamed khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique
Référence :...../ 2019

جامعة محمد خيضر- بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع:...../ 2019



Mémoire de Master
Spécialité : Hydraulique
Option : Hydraulique urbaine
Thème :

Etude de la qualité des eaux du barrage de Foum El-Kharza
de la région de Biskra

Présentée par :
MAKAOUI Kheir-eddine

Encadreurs:

Dr. KHERIFI Wahida
Dr.BEKIRI Fedia

Promotion : Juillet 2019

Dédicace

*Après 5 années d'études à la faculté de L'UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE
BISKRA*

*Je vous présente mon mémoire de Master qui ne reflète qu'une partie, parmi d'autres, de ce
que j'ai étudié, dans le domaine de l'hydraulique urbaine.*

Je dédie ce mémoire à :

*Mes parents qui sont les êtres les plus chers à mon cœur, ils m'ont beaucoup aidé ,soutenu
et encouragé durant toutes mes études.*

Ils sont toujours à mes cotés, par leur présence, leur amour et leur affection.

Je remercie bon Dieu de m'avoir donné des parents exemplaires dont je suis fière.

Mes sœurs et mes frères Et toute la famille présence(MAKAOUI ET ADBALAOUI).

*Mes chères copines : Rouchdi , Tidjani , Houssam, Ali, Oussama, said, khalide,
salim, Bokhari, toha, mamar, Djamale, saif, Adim, liad
, Zine, moussa, hago, Hamza, Mostafa, Miar,*

Une Dédicace spéciale à ma chère enseignante

Dr. kherifi wahida

Dr. Bekiri Fedia

Kheiro

REMERCIEMENT

Toute notre parfaite gratitude et remerciement Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance considération particulière que je remercie mes encadreurs Dr. Kherifi Wahida et Bekiri Fedia

Nous remercions le personnel du laboratoire de CASTRA pour son soutien, ses conseils avisés et sa gentillesse pour développer ce projet. Même pour leurs soutiens, leurs conseils judicieux et leurs grandes bienveillances durant l'élaboration de ce projet .

Ainsi j'exprime ma reconnaissance à tous les membres de jury d 'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de cet ouvrage .

Enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Résumé

L'eau ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie doit faire l'objet d'une surveillance attentive et d'un contrôle rigoureux. Les problèmes de pollution des eaux constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. La pollution des eaux de la région du Biskra à un impact cumulatif toxique en agriculture et donc dangereux pour la santé. Une eau polluée pourrait être à l'origine de graves maladies dans cette région d'étude.

La présente étude vise à évaluer et suivre le niveau de pollution du Barrage de Fom El Gherza par la mesure des paramètres physico-chimiques et des métaux lourds, deux campagnes spécifiques d'observation et de surveillance des eaux de surface ont été lancées au Janvier 2019 à Avril 2019. Ces campagnes, qui se poursuivent dans cette période, ont notamment comporté des analyses in situ et au laboratoire sur les principaux paramètres physico-chimiques (T° , pH, Con, Ca, Mg, TAC, Na, K, Cl, SO_4) et des métaux lourds (Pb, Fe, Cu et Zn) susceptibles de caractériser la qualité des eaux de Barrage de Fom El Gherza et des eaux de l'Oued Al Abeid qui alimente le barrage et ainsi que au niveau du canal (La sortie du barrage).

L'étude est menée dans le but d'estimer et d'évaluer la qualité des eaux de trois milieux de la région d'étude par l'évolution spatio-temporelle des paramètres des sels et métaux lourds et de trouver les corrélations qui peuvent exister entre certains paramètres. Le traitement des résultats va aussi nous permettre de classer les sites et déterminer leurs faciès chimique ainsi que évaluer l'état de la qualité des eaux en vue d'un usage agricole.

Mots-clés: Pollution des eaux, qualité des eaux, Eau de barrage, usage agricole, la région du Biskra.

ملخص:

تحتاج الموارد المياه الطبيعية التي يجب المحافظة عليها وتطويرها إلى مراقبة دقيقة. وان مشاكل تلوث المياه تشكل خطرا متزايدا بالنسبة للإنسان. يعتبر تلوث المياه في منطقة بسكرة له تأثير سام تراكمي في الزراعة، وبالتالي فهو خطير على الصحة. يمكن أن تكون المياه الملوثة مصدر الأمراض الخطيرة في هذه المنطقة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم ورصد مستوى تلوث سد فم الغرزة من خلال قياس تركيز شوارد الفيزيائية و الكيميائية والمعادن الثقيلة ، وبالتالي تم أخذ عينات مختلفة لمراقبة المياه السطحية ورصدها في الفترة من جانفي 2019 إلى أفريل 2019. وشملت هذه العينات تحليلات على مستوى الموقع والمخبر للمعايير الفيزيائية والكيميائية الرئيسية لهذه المياه (T°, pH, Con,) والمعادن الثقيلة (Ca, Mg, TAC, Na, K, Cl, SO₄ و Zn و Cu و Fe و Pb) والتي من خلالها يمكننا أن نميز نوعية المياه لسد فم الغرزة ومياه واد الأبيض التي تغذي السد وكذلك على مستوى القناة (مخرج السد).

والهدف من هذه الدراسة هو تقدير وتقييم نوعية المياه لثلاثة البيئات في منطقة بسكرة من خلال التغير المكاني والزمني للأملاح ومعايير المعادن الثقيلة وكذلك لإيجاد العلاقة التي قد توجد بين الأملاح والمعادن بين العينات. وأيضا هذه الدراسة يمكن أن تسمح لنا بمعالجة النتائج وذلك لتصنيف المواقع وتحديد نوعية الكيميائية للمياه وكذلك تقييم حالة نوعية هذه مياه للاستعمال الزراعي.

الكلمات المفتاحية: تلوث المياه ، جودة المياه ، سد المياه ، الاستعمال الزراعي ، منطقة بسكرة.

Sommaire

Résumé.....1

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

I. 1. Introduction.....2

I.2.Cadre general de la zone d'étude.....2

I.2.1. Situation géographique.....2

I.2.2. Situation administratif.....3

I.2.3. Le relief.....4

I.2.4. Situation topographie et le sol.....5

I.2.5. Situation géologique.....6

I.2.6. Situation hydro climatologique.....7

I.2.6.1.Temperature.....7

I.2.6.2.La Precipitation.....8

I.2.6.3.Les Vents.....10

I.2.6.4.Humidité relative.....11

I.2.7.Situation hydrographique.....12

I.2.8. Situation hydrogéologique.....13

I.2.9. Situation socio-économique.....15

I.2.9.1. Population.....15

I.2.9.2.Agriculture.....15

I.2.9.3.Tourisme et culture.....15

I.4.Conclusion.....16

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II. 1. Introduction.....17

II.2. L'approvisionnement en eau potable dans la région de Biskra.....17

II.2.1. Ressources en eaux souterraines.....17

II.2.2. Ressources en eaux superficielles.....18

Sommaire

II.2.2.1. Les différents bassins versant dans la région de Biskra.....	19
II.2.2.2. Potentiel des eaux de surface.....	20
II.2.3. Barrage Foum El Gherza.....	21
II.2.3.1.Situation de barrage.....	21
II.2.3.2.But de la construction du barrage.....	21
II.2.3.3.Caractéristiques du barrage.....	22
II.2.4. Barrage fontaine de ghazel.....	22
II.2.4.1. Caractéristiques hydrologiques.....	23
II.2.4.2. Hydrologie du bassin versant.....	23
II.2.5. Etat de la fourniture de réseau d'eau potable et d'assainissement.....	24
II.3. Les caractéristiques qualitatives d'une eau potable.....	24
II.3.1.1. Les caractéristiques organoleptiques.....	24
II.3.1.2.Les caractéristiques microbiologiques.....	25
II.3.1.3.Les substances toxiques.....	25
II.4. La pollution de l'eau.....	26
II.4.1. les différents types des pollutions de l'eau.....	26
II.4.1.1.Pollution physique.....	26
II.4.1.2.Pollution physico-chimique.....	26
II.4.1.3.Pollution microbiologique.....	27
II.4.2. Différents origines de la pollution des eaux	27
II.4.2.1. Origine domestique	27
II.4.2.2. Origine agricole.....	27
II.4.2.3. Origine industrielle.....	28
II.4.2.4. L'origine naturelle.....	29
II.4.3. Impact de la pollution des eaux.....	29
II.4.3.1. Impact de la pollution sur l'écosystème.....	29
II.4.3.2. Impact de la pollution sur la santé.....	29
II.5. Les différents types de maladies liées à l'eau.....	29
II.5.1. Les maladies hydrique.....	29
II.5.2. Les maladies aquatique.....	30
II.5.3.Les risques liés aux composés chimiques.....	30
II.6. Les MTH dans la wilaya de Biskra.....	30
II.6.1. Etude de l'évolution annuelle des MTH dans la wilaya de Biskra.....	31
II.6.1.1. Etude de l'évolution annuelle de la fièvre typhoïde.....	31
II.6.1.2. Etude de l'évolution annuelle de la Dysenterie.....	32
II.6.1.3. Etude de l'évolution annuelle de l'Hépatite « A ».....	32

Sommaire

II.6.2. Etude de l'évolution mensuelle des MTH dans la wilaya de Biskra.....	33
II.6.2.1. Etude de l'évolution mensuelle de la fièvre typhoïde.....	33
II.6.2.2. Etude de l'évolution mensuelle de la Dysenterie.....	33
II.6.1.3. Etude de l'évolution mensuelle de l'Hépatite « A ».....	34
II.7. Conclusion.....	34

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.1. Introduction.....	35
III.2. Echantillonnage des eaux.....	35
III.2.1. Mode d'échantillonnage.....	35
III.2.1.1. Choix de station de prélèvement et carte d'inventaire.....	35
III.2.1.2. Période d'échantillonnage.....	36
III.3. Techniques expérimentales.....	36
III.3.1. Lieu d'analyse des échantillons.....	36
III.3.2. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux.....	37
III.3.3. Techniques d'analyse des métaux lourds dans les eaux.....	41
III.3.2.1. Préparation de l'échantillonnage.....	41
III.3.2.2. Réparation de la solution mère de Fer ,plombe , Zinc et cuivre à 1mg/l.....	41
III.4. Méthodes de traitement des données.....	43
III.4.1. Traitement des données par Excel.....	43
III.4.2. Traitement des données par diagramme.....	43
III.4.3. Analyses statistique par le logiciel XL Stat.....	44
III.5. Conclusion.....	45

Chapitre IV: Présentation et interprétation des résultats concernant les eaux du barrage Foum El-Kharza

IV. Introduction.....	46
IV. Caractérisations physico-chimiques et métaux lourd des eaux de la région d'étude	46
IV.1. Volume d'eau de barrage.....	46
IV.2. Variabilité spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques.....	47

Sommaire

IV.2.1. Les valeurs du pH	47
IV.2.2. Température.....	47
IV.2.3. Conductivité électrique.....	48
IV.2.4. Les valeurs de calcium.....	49
IV.3.1.5. Les valeurs de magnésium	49
IV.2.6. Les valeurs des TAC	50
IV.2.7. Les valeurs de chlorure	51
IV.2.8. Les valeurs de potassium.....	52
IV.2.9. Les valeurs de sodium.....	52
IV.3.1.10. Les valeurs de sulfate.....	53
IV.3. 2. Etude de l'évolution spatiale des paramètres des métaux lourds.....	54
IV.3. 2.1. Variation de Fer	54
IV.3.2 .2. Variation de Zinc	54
IV.3.2. 3. Variation de plombe	55
IV.3.2. 4. Variation du cuivre.....	55
IV.4. Facies chimiques des eaux de la zone d'étude	56
IV.4.1. Représentation graphique des facies chimique des eaux par le diagramme de Piper.....	56
IV.4.2. Représentation graphique par le diagramme de Schoeler Berkloff.....	58
IV.4.3. Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Riverside	60
IV.3. Analyse statistique des données des eaux de la région d'étude.....	63
IV.3.1. Méthode de traitement des données des eaux de la région d'étude.....	63
IV.3.2. Analyse en composante principale des eaux de la région d'étude.....	63
IV.3.2.1. Projection des variables sur le plan factoriel (F1, F2).....	64
IV.3.2.2. Projection des individus sur le plan factoriel (F1, F2).....	65
IV.6. Conclusion	66
 Conclusion Générale :	 67
 Références bibliographiques.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Annexe.....	

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est à l'origine de la vie sur terre. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants et a façonné, depuis longtemps, notre environnement et directement influencé le mode de vie des hommes. **(Lynda CHELLI et Nabila DJOUHRI,2013).**

L'eau ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie doit faire l'objet d'une surveillance attentive et d'un contrôle rigoureux. **(H.M.DJELLOULI, 2005).**

En Algérie, comme partout dans le monde, les activités domestiques, agricoles, et industrielles rejettent dans l'environnement et rendent les eaux superficielles très vulnérables au phénomène de la pollution. **(FRIOUA,2014).** Une eau polluée pourrait être à l'origine de graves maladies à l'exemple des dysenteries, la fièvre typhoïde, l'hépatite du type A ...etc. **(Kherifi .w , 2017).**

Dans la wilaya de Biskra, les eaux superficie constituent la première source pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation et ces ressources sont parfois exploitées d'une manière irrationnelle**(Fattou,2017).** En contrepartie, la demande en eau est sans cesse croissante. Les contraintes importantes liées à la ressource en eau proviennent surtout d'une gestion actuelle avec diverses lacunes.

La structure de ce mémoire sera construite en partant de différentes données collectées auprès des services concernés mais qui ont fait néanmoins l'objet d'une synthèse. Bien que ponctuelles ou souvent non exhaustives, les études antérieures sur le même thème peuvent également servir de base à la compréhension de l'état des lieux de cette région, donc dans cette étude nous avons présenté la situation géographique, les caractéristiques géologique et hydrogéologique ainsi que l'aspect socio-économique, de la région d'étude.

La présente étude vise à évaluer et étudier l'évolution annuelle et mensuelle des MTH dans la wilaya de Biskra durant une période d'étude de 16 ans (2000 à 2015).Ainsi que suivre le niveau de pollution de Barrage de Foug El Gherza, deux campagnes spécifiques d'observation et de surveillance des eaux de surface ont été lancées au Janvier 2019 à Avril 2019. Ces campagnes, qui se poursuivent dans cette période, ont notamment comporté des analyses in situ et au laboratoire sur les principaux paramètres physico-chimiques (T°, pH, Ca, Mg , TAC ...etc.) et des métaux lourds (Pb,Fe,Cu et Zn) susceptibles de caractériser la qualité des eaux de Barrage de Foug El Gherza et des eaux de l'Oued Al Abiod qui alimente le barrage et ainsi que au niveau du canal (La sortie du barrage))

Cette étude est une contribution pour déterminer et évaluer les variances spatiales et temporelles de ces paramètres et de trouver les corrélations qui peuvent exister entre certains paramètres. Le traitement des résultats va aussi nous permettre de classer les sites et déterminer leurs faciès chimique ainsi que évaluer l'état de la qualité des eaux de la région d'étude en vue d'un usage agricole.

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

I. 1. Introduction

La région de Biskra constitue une des zones les plus franches de transition entre les domaines atlasiques montagneux et plissés du Nord (Algérie méditerranéenne) et les étendues plates et désertiques du Sahara septentrional au Sud (Algérie Saharienne). (Fatoume .2017)

Deux domaines très contrastés, tant du point de vue géomorphologique que géologique, sont séparés par l'accident Sud atlasique ou flexure Saharienne des anciens auteurs.

Elle est formée d'un ensemble de bassin et (ou) sous bassin aligné presque parallèlement Nord-Sud. (Fatoume .2017)

La partie Nord de la région se présente sous la forme d'une chaîne, grossièrement, orientée Nord-Est-Sud-Ouest : l'atlas Saharien qui inscrit dans son prolongement oriental le massif de l'Aurès culminant à 2328 m; le relief est de type jurassien et se présente sous la forme de plis courts et espacés, tantôt creusés par de profondes combes de flanc, tantôt festonnés de chevrons sous l'effet de l'attaque du ruissellement (CHEBBAH ,2007).

Ce chapitre consiste à analyser et à évaluer la situation du milieu physique et identifier ses différentes composantes (Topographie, Climat, Hydrologie, Hydrogéologie et Géologie...), ainsi que les potentialités humaines et économiques de la wilaya de Biskra qui peuvent constituer un facteur aggravant de la pollution à long terme.

I.2.Cadre général de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

La somptueuse wilaya de Biskra constitue un trait d'union phare entre le nord, le sud, et l'ouest du fait de sa situation de cote sud-est de l'Algérie. (Figure 01)

La wilaya est située au sud - est de l'Algérie aux portes du Sahara. Avec une altitude de 112 m au niveau de la mer. Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

Le Chef lieu de la wilaya est située à 400 km au Sud-est de la capitale, Alger.

La wilaya s'étend sur une superficie de 21671 km².

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

La wilaya de Biskra est limitée :

- au nord par la wilaya de BATNA,
- au nord-est par la wilaya de KHENCHELA,
- au nord-ouest par la wilaya de M'SILA,
- au sud-ouest par la wilaya de DJELFA,
- au sud par EL OUED. (ANDI,2013)

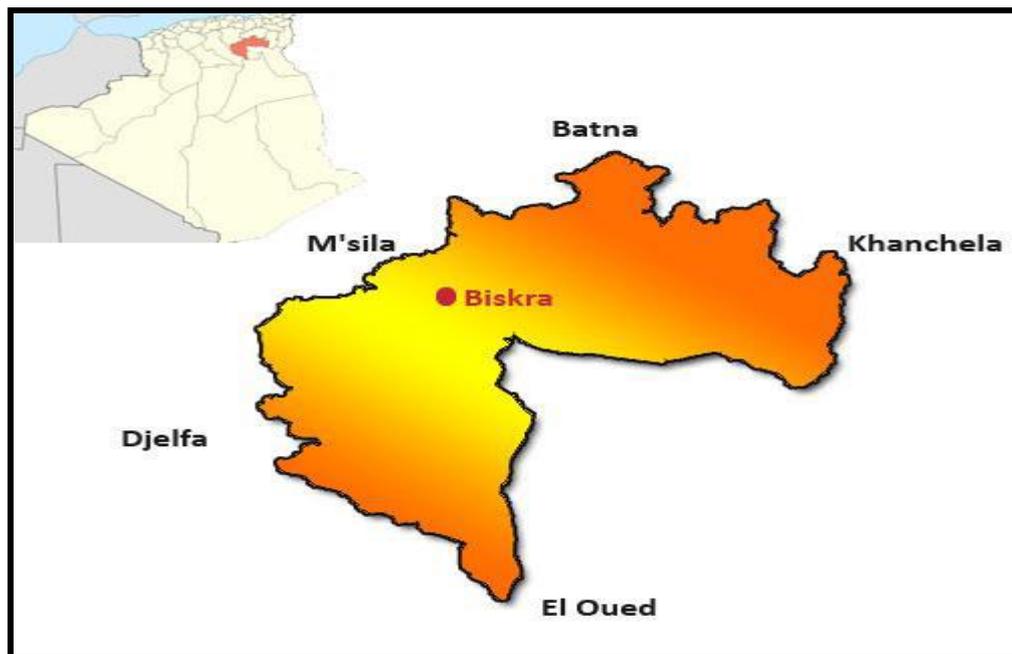


Figure 01 : Carte de situation géographique de la ville de Biskra (ANDI ,2013)

I.2.2. Situation administratif

Biskra a été classée "Wilaya" lors de la division administrative de 1974, qui était alors composée de 22 municipalités et de six (6) départements. Après la division administrative de 1984 a été divisée en deux parties: wilaya El Oued qui a été formé par l'annexion des districts de El Oued et El Maghaier , et wilaya Biskra qui compte 33 municipalités et quatre (4) départements, à savoir Ouled Djellal, Sidi okba, Tolga, Foughala, ourlel, sidi Khaled, M'chounech, El Kantara,Zeribet El-Oued et Djemorah(A.N.A.T,2009;M.D.W.B,2016).Elles sont divisées comme suit :

- ✚ Biskra : Biskra_El Hadjeb ;
- ✚ Djamourah : Diamourah_Branisse ;
- ✚ El-Kantara : El-Kantara_ Aïn Zaatout ;
- ✚ M'Chounech : M' Chounech ;

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

- ✚ Sidi-Okba : Sidi-Okba _ Chetma _ El Haouch_ Ain Naga
- ✚ Zeribet El-Oued : Zeibet El-Oued_ El Mizaraa_ Fl Feidh_ Khenguet Sidi Nadn ;
- ✚ Ourlel : Ourlel-Laous Ouache_ Mekhadma_ M'Lili
- ✚ Tolga : Tolga- Bouchagroune- Bordj Bea Azzour- Lichana _Doucen ;
- ✚ Ouled-Djellal : Ouled-Djellal Ech Chaiba El Daoussen
- ✚ Sidi-Khaled Sidi Khaled Berbes Ras El Miaad ;
- ✚ Foughala :. Foughala-El Ghous ;
- ✚ El Outaya : El Outaya (sou figure 02). (A.N.D.I, 2013; ANIRF)



Figure 02 : situation administratif de la Wilaya de Biskra (M,D,W,B;2016)

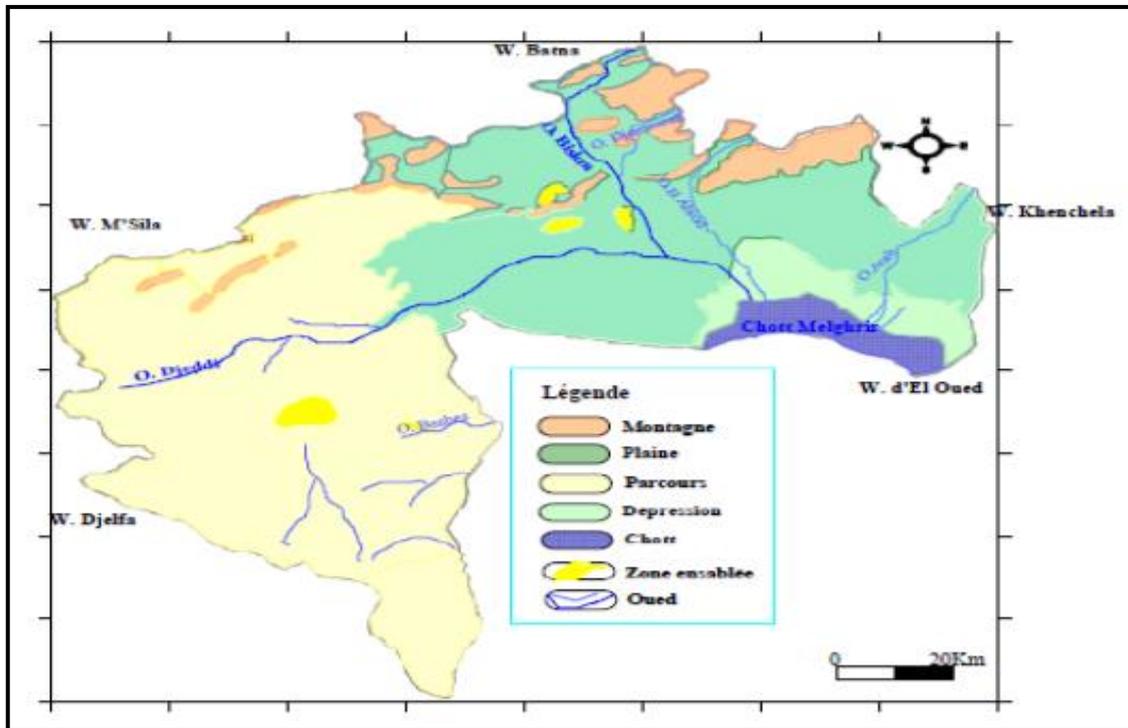
1.2.3. Le relief

La région de Biskra est une zone de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Le Nord de cette région est caractérisé par un relief assez élevé et accidenté, alors que, le sud est dominé par des plateaux et des plaines. D'une façon générale, ce relief peut être réparti en 4 grandes zones:

- ❖ Zone Montagneuse : située au nord (El kantara, Djamoura, M'chounche) et dont le point culminant apparaît dans le Djebel Takyiout (1942m).
- ❖ Zone des plateaux : située à l'ouest et s'étend du nord au sud et englobe les daïras de Ouled Djallal, Sidi khaled et une partie de Tolga.
- ❖ Zone des plaines : s'étend sur l'axe Eloutaya- Sidi okba- Zeribet El Oued et Doucen.

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

- ❖ Zone des dépressions : située dans la partie sud-est de la région de Biskra (Chott-Melhrir).(Figure 03) (A.N.A.T,2006)



I.2.4. Situation topographie et le sol

L'étude morpho-analytique des sols de la région de Biskra montre l'existence de plusieurs types. Les études de (Khachai,2001 ;A.N.A.T,2003) ont noté que trois classes pédologiques :

- Les sols calci-magnésiques sont les plus répondus, ils se caractérisent par leur richesse en carbonates de calcium, en magnésium ou en sulfate de calcium et avec une structure bien développée. Ces sols se localisent dans le sud et l'est de la wilaya.
- Les chaines montagneuses du nord sont dominées par des sols peu évolués et peu-fertiles et qui représente la deuxième classe.
- Les sols au niveau des plaines sont argileux- sodiques (plaine d'El outaya) ou halomorphes (Ain Naga et M'ziraa) (Figure 04).

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

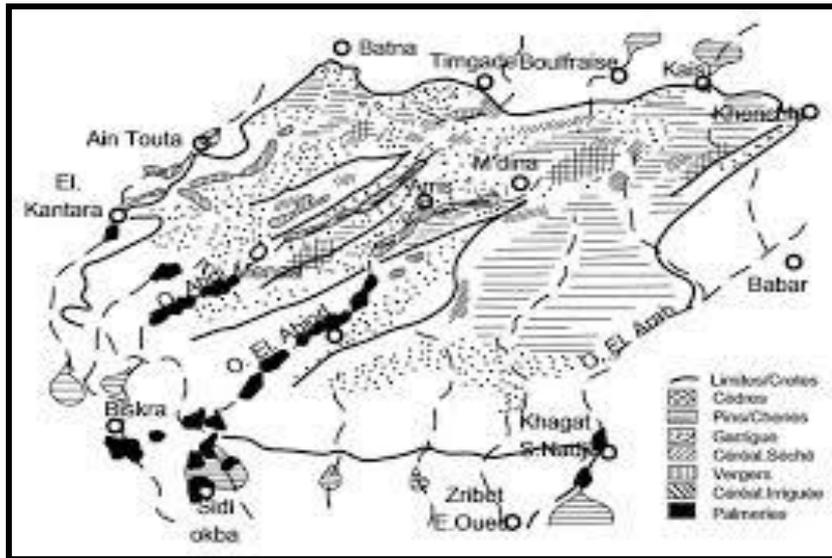


Figure 04 : carte topographie et sol de la Wilaya de Biskra (ANRH,2008)

I.2.5. Situation géologique

Les terrains de cette région sont d'origine sédimentaire ancienne ou récente. La stratigraphie fait ressortir les éléments suivants :

- Sédiments fréquemment rencontrés sont : le trias, le jurassique et le continental intercalaire.
- Quaternaire ancien à base de cailloutis.
- Terrains à dominante calcaire, dolomies marnes, argiles, sables, grés et sel gemme. (Figure 05) (ANAT, 2009;A.N.D.I;2013).

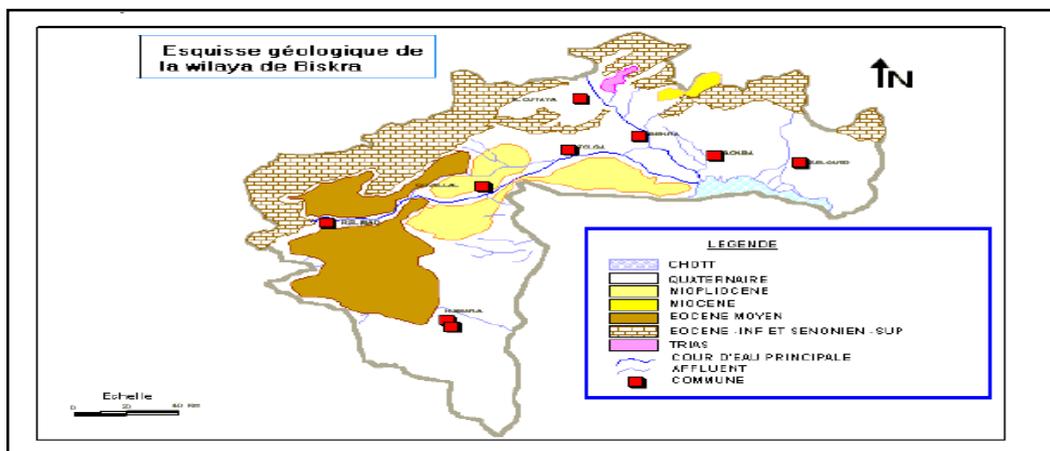


Figure 05: Esquisse géologique de la région de Biskra (ANAT;2003)

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

I.2.6. Situation Hydro climatologique

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et sec (**Ozenda, 1991**).

Les paramètres climatiques jouent un rôle considérable pour la disponibilité de la ressource d'eau dans les zones arides. Le renouvellement de cette ressource soit superficielle ou bien souterraine dépend des précipitations qui sont influencées par d'autres facteurs climatiques.

I.2.6.1. Température

Le régime thermique moyennes annuelles et mensuelles par leurs variations influencent les phénomènes biologiques, tel que l'évaporation et la transpiration. Elles conditionnent le déficit ou l'excédent, qu'il soit annuel ou saisonnier (**Sedrati, 2011**).

Les valeurs des températures mensuelles (maximales, minimales et moyennes) de la région d'étude durant l'année 2016 présentent dans le tableau suivant :

Tableau 01: La température moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra 10ans durant de (2007 à2017) Source (**ONM Biskra, 2016**)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T° max °C	18,1	19,1	23,2	27,6	32,6	37,8	41,3	40,3	35,1	29,4	22,6	18,1	28,8
T° min °C	6,9	9,9	11,4	15,2	19,9	24,7	28,2	27,9	23,6	18,4	14,4	9,4	17,5
T° moy °C	12,6	13,5	17,3	20,8	26,2	31,2	34,8	34,1	29	23,9	17,3	12,8	22,8

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

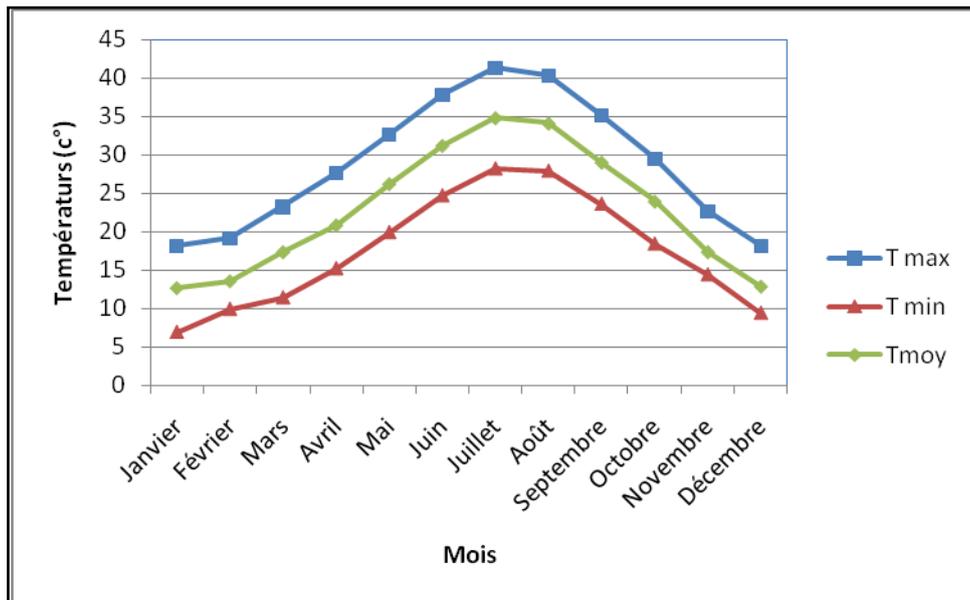


Figure 06 : Evolution mensuelle de la température moyenne à la station de Biskra durant de (2007 à 2017)

La lecture du tableau permet de constater que la saison chaude s'étend du mois de Mai au mois d'Octobre (T° moy °C en gras). Au cours de cette période, les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle 22,8 °C, et pour la saison froide du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, les températures sont inférieures à la température moyenne annuelle. cela permet de diviser l'année en deux périodes: une période froide et une période chaude, et met en évidence la succession des deux périodes.

La figure 06 présente les températures moyennes annuelles, moyenne des maxima et moyenne des minima par mois, durant l'année 2017. A l'allure de ce graphe on peut constater une variation progressive des températures au cours des mois de l'année durant l'année 2017 caractérisée par des températures maximale moyennes mensuelles qui dépassent 34,8°C enregistrée au mois de Juillet (mois le plus chaud) et par des moyennes mensuelles inférieures à 20°C enregistrée du mois de Octobre au moi de Mai.

1.2.6.2.La précipitation

Compte tenu des taux de précipitations des 20 dernières années, la région de Biskra marque un tau de précipitation de 0 à 200 mm, à l'exception des zones de montagnes et des années pluvieuses.

Cependant, le tau de précipitation n'est pas un indicateur fort du climat de la région car la quantité et l'importance de la chute de ces pluies sont très importantes. 60 à 70% de la quantité de pluie peut être confinée à la saison froide et tomber sous la forme de fortes pluies en une inondation provoquant une érosion des sols et des dommages à l'agriculture.

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

La quantité de pluie qui tombe dans la région d'étude est enregistrée dans les 20 ans présents dans la figure suivante :

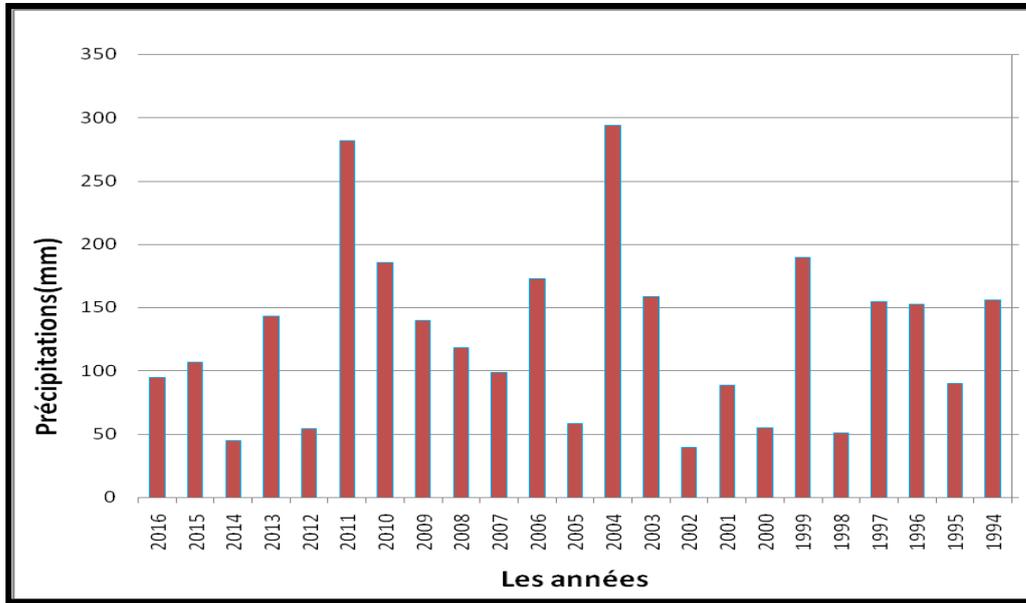


Figure 07: Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra en **20 ans (2016)**

Les précipitations suivantes ont été enregistrées en 2016, elles sont estimées par 95.1 mm. C'est une bonne somme si l'on compare avec l'année précédente où elle avait atteint 143,5 mm. Notons que la plus grande quantité de précipitations connue de l'état a atteint 294,1 mm en 2004. (M.D.W.B, 2016;A.D.E).

Tableau 02: La précipitation moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Précipitations (mm)	11,04	14,65	16,46	13,95	12,02	6,71	2,53	3,62	20,18	27,35	9,69	8,95	147,15

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

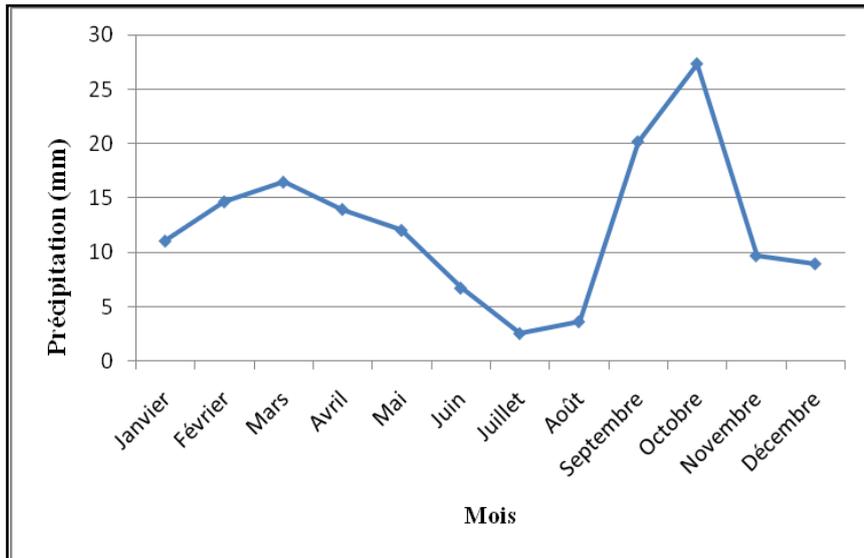


Figure 08: Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra durant de (2007 à 2017)

La représentation graphique sur la figure 08, montre que pendant la saison froide la vitesse moyenne mensuelle maximale de vent atteint 27,35 mm durant le mois de Juillet. Pendant la saison chaude, Précipitations s'affaiblit, elle atteint 2,53 mm durant le mois de juillet.

I.2.6.3. Les vents

Le vent est un facteur météorologique non négligeable, Il est le plus caractéristique du climat. Il est caractérisé par sa vitesse et sa direction (Chabour, 2006). Les moyennes mensuelles de vitesse de vent sont reportées dans le tableau 03 suivant :

Tableau 03: La vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à 2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vitesse du vent (m/s)	6,16	7,72	8,81	9,28	13,08	13,97	13,9	10,58	9,55	8,87	8,48	8,1	9,9

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

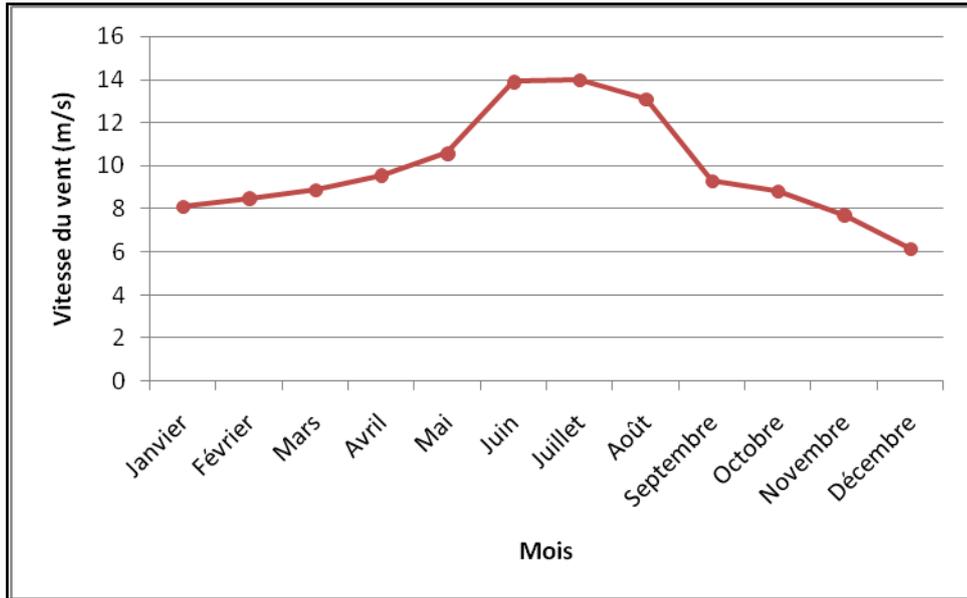


Figure 09: La vitesse moyenne mensuelle du vent Station de Biskra durant de (2007 à2017)

La représentation graphique sur la figure 09, montre que pendant la saison froide la vitesse moyenne mensuelle maximale de vent atteint 13,97 m/s durant le mois de Juillet. Pendant la saison chaude, la vitesse des vents s'affaiblit, elle atteint 6,16 m/s durant le mois de Janvier.

1.2.6.4. Humidité relative

L'humidité relative ou degré hygrométrique est la mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

Selon la station météorologique de l'ONM Biskra, l'humidité relative moyennée l'air durant l'année (2007 à2017) est rapportée dans le tableau 04 suivant :

Tableau 04 : L'humidité relative de l'air moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à2017)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avar	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Humidité relative (%)	58,7	53,28	49,32	40,88	32,07	27,33	30,03	34,3	41,71	45,15	48,79	57,24	43,23

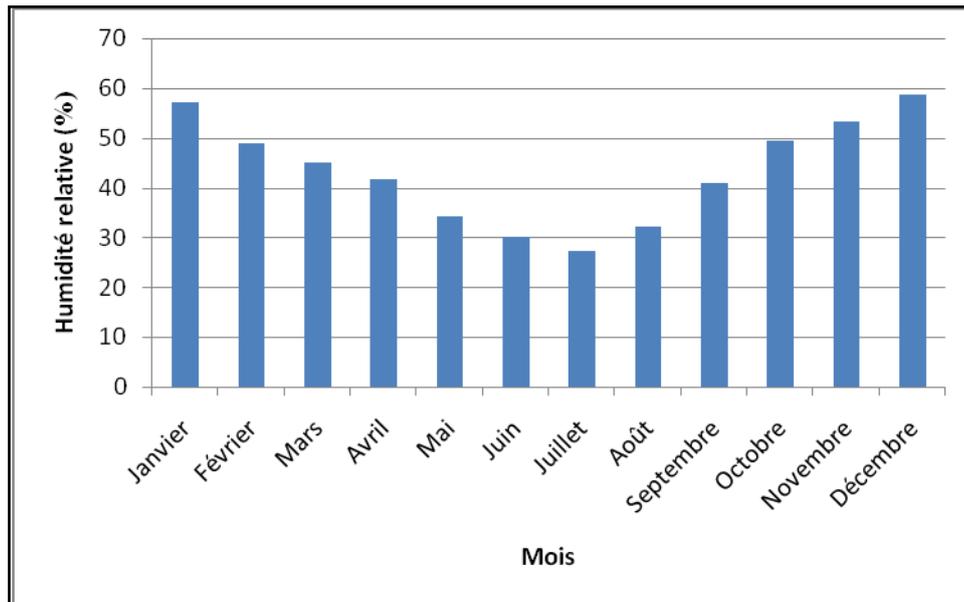


Figure 10: Moyennes mensuelles de l'humidité relative durant de (2007 à2017)

Le tableau 04 montre que l'humidité relative mensuelle moyenne en 2016 oscille entre 57,24% en février et 30,03% en juillet. Les mois les plus froids sont novembre, décembre, janvier et février, avec des taux d'humidité allant de 48,79% à 58,7%. L'humidité relative est également traduite à la Figure 10.

I.2.7.Situation Hydrographique

La forme du bassin donne une indication sur le comportement des écoulements et des débits en période de crue, divers effluents et les Oueds d'eau temporaires à écoulement principal sillonnent la région et se déversent dans la dépression du Chott Melrhir. Les plus importants sont Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El-Arab et Oued El-Abiod (**BOUAMMAR, 2010**).

- Oued Djeddi (T'oued le plus important du bassin) présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 9130 Km², il constitue un collecteur des eaux de ruissellement d'une superficie importante du flanc Sud de l'Atlas Saharien.
- Oued Biskra, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'afilient qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-Ouest de l'Aurès. Cet Oued a formé une vallée alluviale qui recèle une importante nappe d'inféro-flux actuellement exploitée.
- Oued El Arab prend sa source des monts qui constituent la partie Orientale des Aurès et se jette dans la zone dépressionnaire du chott Melghir (**ANRH, 2008**).

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

- Oued El Abiod : Il est équipé d'un barrage au niveau de Foum El Gherza. Il prend sa source à une altitude de 1900 m et se jette dans le Chott Melghir. Il couvre une superficie de 1200 Km².

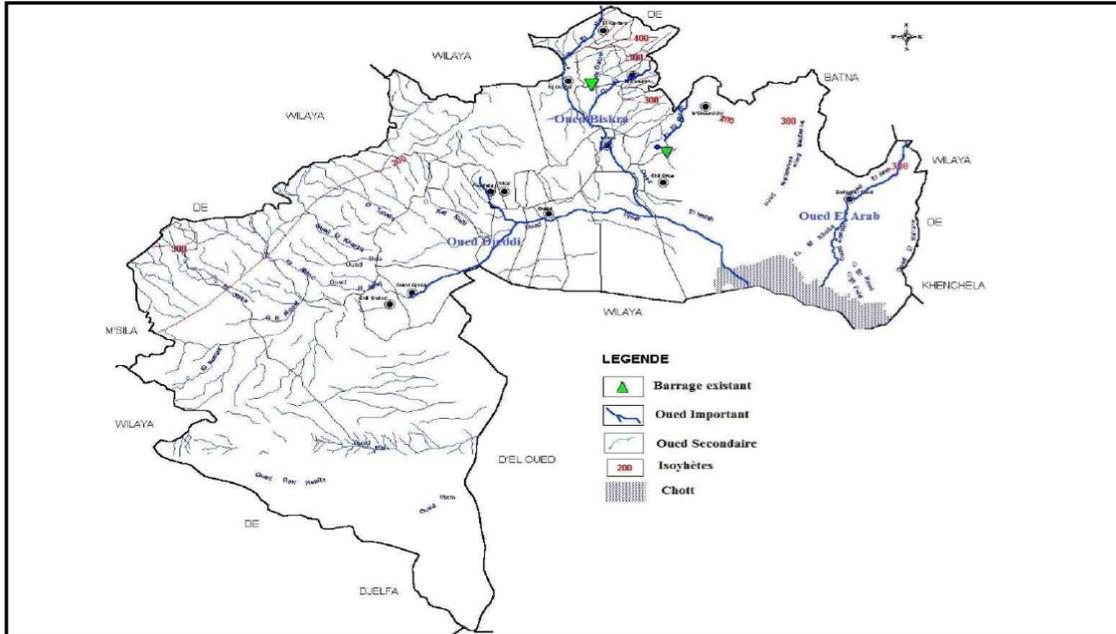


Figure 11: Carte du réseau hydrographique de wilaya de Biskra (ANRH,2008)

I.2.8. Situation Hydrogéologique

La détermination des caractéristiques hydrogéologiques est une opération indispensable pour la connaissance et l'identification des aquifères. Cependant, elle reste tributaire de l'existence et de la disponibilité de l'information. .

La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères:

a) La nappe phréatique

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. Elle est sollicitée dans la ville de Biskra et utilisée pour l'alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05 L /s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones. (SDRE, 2010).

b) La nappe des sables

L'aquifère est Constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. La profondeur de cette nappe varie de 100m à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s. (SDRE, 2010).

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'une profonde désignée sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profonde qui est la nappe du Mio-Pliocène, connue dans cette région.

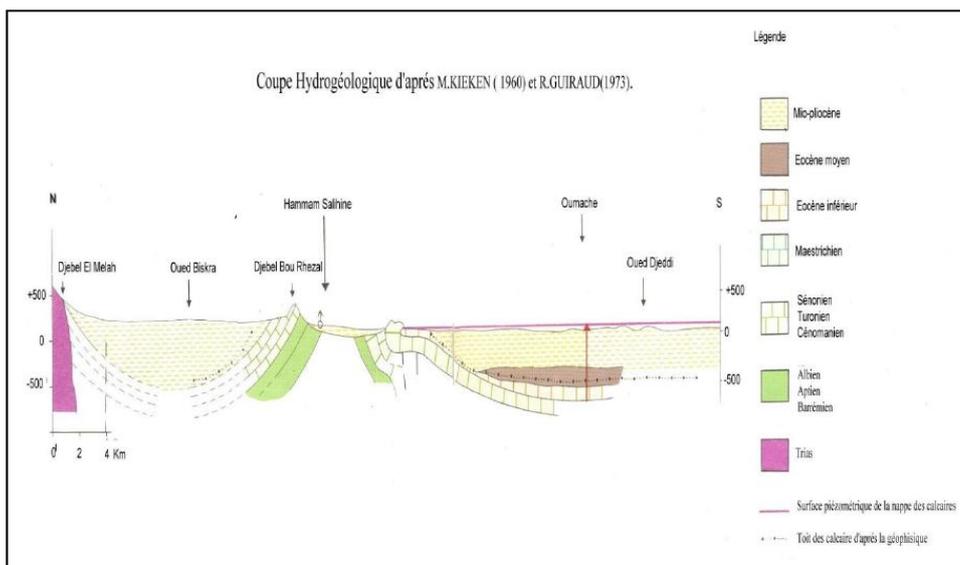
c) La nappe des calcaires

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua. (SDRE, 2010).

Au Nord et au Nord Est de la wilaya de Biskra, cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien, d'une profondeur comprise entre 200m et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau. (SDRE, 2010).

d) Le Continental Intercalaire

C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grés et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très couteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60 °c. (SDRE, 2010). Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydro thermales qui sont les sources de Hammamet Dessalines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya. (Chabour, 2006).



CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

I.2.9. Situation socio-économique

I.2.9.1. Population

La population totale de la wilaya est estimée à 889205 habitants en 2016, qui présente une densité moyenne de 41 habitants par Km² :

✚ 45 453487 habitants présents les hommes.

✚ 43 435718 habitants présents les femmes.

Répartition de la population entre zones urbaines et rurales:

✚ 543749 résidents urbains ou 61,15%.

✚ 345456 sont concentrés dans les zones rurales ou 38,85%.(ANDI,2013;D.P.AT,2016).

I.2.9.2.Agriculture

Biskra est l'un des pays leaders dans le domaine de l'agriculture, grâce à son climat favorable, riche en eaux souterraines et en sols arables, qui lui confère l'avantage d'être le leader en termes de variété et de qualité des produits agricoles.

La superficie agricole totale est estimée à 1652 751 hectares, soit environ 76,84% de la superficie totale de l'État. La superficie propice à l'agriculture est estimée à 473 185 hectares, soit 8,62% de la superficie agricole, dont 109 500 ha de terres irriguées représentant 59,04% de la superficie des terres arables .Le processus d'irrigation dépend principalement des eaux souterraines, ce qui entraîne des coûts élevés. (ANDI,2013)

La principale richesse agricole de l'état est constituée de palmiers, situés pour la plupart dans la région occidentale de Zab (districts de Tolga, Foughala, Ourlel).

Quant à la production totale des dattes est estimée à 4077881 Qantar et la part de Diglat Nour à 2650841 Qantar, soit 65%.(MDWB, 2016)

La partie orientale de l'état (les districts de Sidi Okba, Zeribet El-Oued) est caractérisée par des grandes cultures (haricots, pastèque ...). En plus des produits de saison, certains arbres fruitiers (abricots, pommes, olives ...).(ANDI,2013;D.P.AT,2016)

I.2.9.3.Tourisme et Culture

Biskra est un lieu touristique et culturel réputé depuis l'Antiquité, une zone de transit du Nord au Sud par sa magnifique porte de Qantara, à la situation géographique distinguée et à la richesse de son histoire et de la diversité de ses civilisations. Traversée de la région, en plus des qualifications touristiques qui en sont riches, qu'elles soient naturelles ou mises à jour par l'homme, incarnent une importante histoire humaine et de la civilisation.

CHAPITRE I : CADRE GENERAL DE LA REGION DU BISKRA

L'harmonie et l'harmonie de tout ce patrimoine historique s'étendent au cours de longues périodes historiques avec l'environnement naturel riche de la région et diverses manifestations naturelles de la population qui en fait un pôle touristique important et un baïser pour les touristes nationaux et internationaux. (ANDI,2013;D.P.AT,2016)

I.4.Conclusion

La Wilaya de Biskra est située au Sud –Est de l'Algérie aux portes du Sahara. Elle s'étend au Sud – Est jusqu'à la zone de Chott Melghir et au Sud-Ouest jusqu'au commencement du grand Erg oriental.

L'étude de la situation hydroclimatique montre que le mois le plus froid est Janvier et le mois le plus chaud est Juillet. La température moyenne annuelle de durant l'année (2007/2017) est de (22,8°C). La précipitation moyenne annuelle est de 132,7 mm. Le minimum est de 35,2 mm enregistré en 2002, le maximum de la pluviosité a été observé en 2004 avec 279.7 mm. La fréquence de vitesse des vents pendant la période (2007/2017) atteint son maximum en hiver (Juin) avec 13,97 m/s, par contre le minimum des vents est enregistré en(Janvier) avec 6,16 m/s. La vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 9,9 m/s.

Sur le plan hydrogéologique, le grand bassin du Sahara Septentrional englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. La région de Biskra est caractérisée par la présence de trois niveaux aquifères du complexe terminal. La nappe des sables du Miopliocène est constituée essentiellement par une alternance de sables, de graviers et des argiles. Elle est fortement exploitée, surtout dans la zone de Biskra, par un nombre très important de forages destinés essentiellement à l'irrigation des terres agricoles. La nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et Sénonien est constituée essentiellement de calcaire de l'Eocène inférieur du Sénonien Supérieur et du Turonien. La nappe du Continentale Intercalaire présente un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien.

Le système économique local de l'ensemble de la région d'étude est moyen développé, les atouts dont elle dispose tels que l'agriculture et le tourisme sont mobilisés pour des activités informelles. Ces activités sont également en accroissement et influent sur la qualité par les rejets d'eau usées.

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II. 1. Introduction

L'existence de l'être humain et de son environnement dépend de la présence de l'eau. La géosphère, l'atmosphère et la biosphère sont en étroite relation avec l'eau. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat et transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre (**Bhatia et Falkenmark, 1992**). Selon cette vision, nous allons essayer de donner une indication générale de l'état des ressources en eau dans la région de Biskra et d'examiner brièvement les principaux problèmes: qualité, pollution et santé.

II.2. L'approvisionnement en eau potable dans la région de Biskra

La wilaya de Biskra comprend trois grands sous bassins, la vallée d'Oued Djeddi, la cuvette d'El Outaya et la plaine de Biskra. Le potentiel total de la wilaya avoisine 2113.86 Hm³/an dont 2042,43 Hm³/an, soit 96,6 % des potentialités proviennent des forages et puits (**ANRH, 2010**).

II.2.1. Ressources en eaux souterraines

La wilaya de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères et sont respectivement :

- ✚ Nappe phréatique du Quaternaire.
- ✚ Nappe des sables du Mio-pliocène.
- ✚ Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien.
- ✚ Nappe des grès du continental Intercalaire (**HADDOUD, 2013**).

Les eaux souterraines représentent l'unique ressource en eau potable dans toute la région de Biskra. La mobilisation de ces eaux se fait généralement au moyen de forages peu profonds. La ville de Biskra est approvisionnée à partir de deux principaux champs captant ainsi que par un nombre important de forages à l'intérieur de la ville.

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

La wilaya de Biskra totalise 11440 points d'eau, dont 7865 forages, 3575 puits et 6 sources. Le volume d'eau souterraine mobilisé est de 1124 Hm³. (M.D.W.B.2016). La répartition des volumes par usages est représentée dans la figure 13.

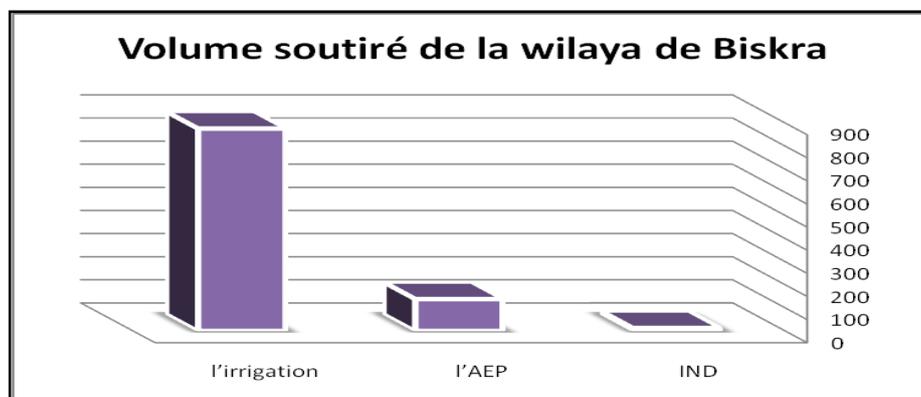


Figure 13: Volume soutiré de la wilaya de Biskra Source (ADE, 2016)

La wilaya de Biskra se caractérise par une forte exploitation avec un volume totale de 1146 Hm³ dont :

- ✚ 875 Hm³ est pour l'irrigation.
- ✚ 137 Hm³ est pour l'AEP.
- ✚ 12 Hm³ est pour L'industrie (DDHB, 2016).

II.2.2. Ressources en eaux superficielles

Les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Les ressources en eau de surface sont présentes dans la région d'étude et sont alimentées essentiellement par les principaux Oueds, à savoir : Oued Djeddi, Oued Biskra, Oued El Arab, Oued El Abiod etc..., qui se caractérisent par un écoulement intermittent. Lors des crues, ces Oueds se jettent dans le Chott Melrhir.

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir , le chott reçoit les eaux des principaux Oueds : Oued El Arab , Oued Biskra, Oued El Haguef, Oueds El Abiod, et Oued Djeddi avec ses 6 affluents (Haddoud, 2013).

Le bassin versant de Chott Melrhir est l'un des 17 bassins versants hydrologiques classés par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H.).

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

confluence des deux oueds : M'zi et Messad. Sur son passage, il reçoit plusieurs oueds provenant du flanc sud de l'Atlas saharien (ABHS, 2012).

b) Bassin versant d'Oued Biskra

Plus à l'Est l'Oued le plus important après Oued Djedi est sans conteste, Oued Biskra. Son bassin versant couvre une superficie de 2947 Km². Il collecte des effluents issus des massifs des Aurès, notamment, Oued Branis et Oued El Hai. Il prend sa source dans les massifs des Aurès à une altitude qui dépasse les 2000 m. Oued Biskra possède localement un écoulement pérenne soutenu par les apports des sources qui sourdent à l'amont et les pompages. Il traverse la ville de Biskra pour se déverser dans Chott Melrhir. Il alimentait autrefois l'oasis de Biskra grâce aux crues relativement fréquentes en hiver (ABHS, 2012).

c) Bassin versant d'Oued L'Abiod

Il est équipé d'un barrage au niveau de Foum El Gherza. Il prend sa source à une altitude de 1900 m et se jette dans le Chott Melrhir. Il couvre une superficie de 1200 Km² (ABHS, 2012).

II.2.2.2. Potentiel des eaux de surface

Les barrages sont d'une importance stratégique pour une région donnée, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution régulière et planifiée de la ressource. La wilaya de Biskra possède d'appréciables potentialités en eau de surface, malgré sa position dans une zone semi-aride et à la porte du Sud. Du petit nombre de barrages existants au Sud, 03 sont au niveau du bassin de Chott Melrhir, à savoir : barrage de Foum El Gherza, barrage des fontaines de gazelles et celui de Babar, implantés respectivement aux sections d'Oued El Abiod, Oued El Hai et Oued El Arab (aval) (ABHS, 2005).

Dans la région de Biskra, Deux grands barrages en exploitation, en l'occurrence celui de Foum El Gherza (Sidi Okba) et Fontaine des Gazelles (El Ouataya), dont la mise en eau a été faite en 2000 (PDARE, 2011).

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.2.3. Barrage Foum El Gherza

Le barrage de Foum El Gherza, haut de 65 mètres, est le premier grand ouvrage établi en zone saharienne en Algérie (Gousskov, 1952). Il est inscrit au registre mondial des grands barrages. Il a été réalisé durant la période 1948 -1950 à l'exutoire d'Oued Abiod qui draine un bassin versant d'environ 1300 Km². Déjà en projet depuis 1920, le barrage Foum El Gherza est mis en eau en 1950, vidé en 1951 suite à une avarie du système de prise d'eau. Remis en eau, il s'avère non étanche.

Cet ouvrage d'art de deuxième génération (période 1945-1963) a permis à la région de Sidi Okba de garder sa vocation économique basée sur l'agriculture durant un demi-siècle, du fait qu'il a aidé à contrer la sécheresse qui a sévit dans la région durant plusieurs années. Ce barrage a permis en outre l'extension des palmeraies.

II.2.3.1.Situation de barrage

Le barrage Foum-El-Gherza est situé à 18 km à l'Est de Biskra au versant Sud des Aurès dans la wilaya de Biskra, à 11 km de la ville de Sidi Okba. L'image Google Earth ci-dessous montre la forme canal du lac de la retenue de Foum El Gherza.

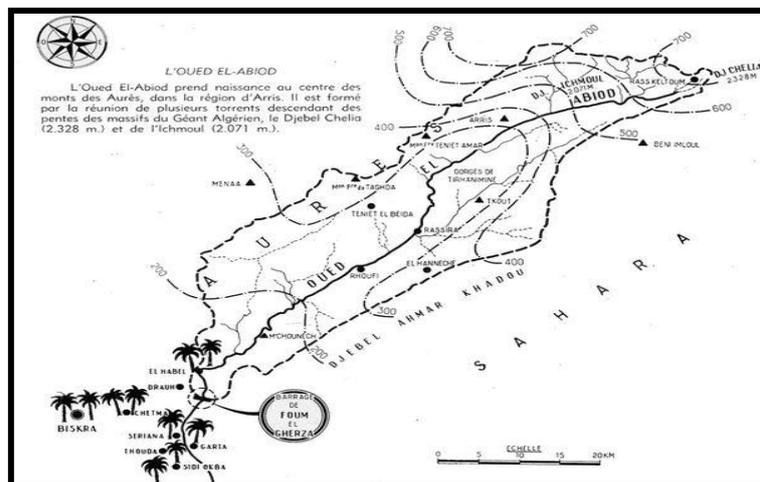


Figure 15 : Plan d'ensemble et situation du barrage de Foum El Gherza (Adapté de Gousskov, 1952).

II.2.3.2.But de la construction du barrage

Cet aménagement a pour principaux buts, la régularisation du régime de l'Oued Abiod durant les crues et l'irrigation des palmeraies de Sidi Okba, Seriana, Thouda, et Garta.

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

D'autres cultures sont aussi concernées mais en second lieu : les céréales, le maraichage et les arbres fruitiers. Le barrage devait accessoirement fournir de l'électricité à Biskra.

II.2.3.3. Caractéristiques du barrage

Les principales caractéristique sont les suivantes :

a) Caractéristiques hydrologiques :

Tableau 05 : Caractéristiques hydrologiques du barrage de la de Foum El Gherza

Oued	EL-Abiod
Crues Historiques	10 Octobre 1966 - 29 Mars 2004 - 29-31 Octobre 2011
Capacité initiale	47,00 hm ³
Capacité d'après dernier	12,904 hm ³ levé (Juillet 2007)
Apport moyen annuel	21,30 hm ³ /an
Envasement	0,80 hm ³ /an
Surface du bassin versant	1 300 km ²

b) Caractéristiques techniques

- ✚ Type : voute avec culée rive gauche
- ✚ Altitude de la retenue maximale : 198.1 m
- ✚ Surface de la retenue au maximum : 3.09 km²
- ✚ Capacité totale du réservoir: 43.00 hm³
- ✚ Hauteur maximale de barrage au-dessus du thalweg : 73 m
- ✚ Hauteur de la crête de barrage au dessus de crête du déversoir : 4.35 m
- ✚ Côte retenue normale (R.N) : 198,90 m
- ✚ Longueur : 188 m

II.2.4. Barrage fontaine de ghazel

Le barrage est un ouvrage construit sur cours d'eau. Il peut être destiné à usage multiples (irrigation, hydroélectricité, alimentation en eau domestique et industrielle, la protection contre les crues, les loisirs et à un moindre degré, l'élevage de poissons, la navigation...)

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

(Tebbi, 2014), ou il peut être destiné à usage unique pour l'irrigation (**Lecornu, 1998**) comme le cas du barrage de la Fontaine des Gazelles qui est une retenue d'eau destinée à l'irrigation des régions du Nord de la ville de Biskra. Ces régions se caractérisent par la prédominance de l'activité agricole. Le déversement non contrôlé directe d'une charge polluante composée de déchets solides et liquides par les populations riveraines de l'Oued El Hai, qui alimente le barrage de la Fontaine des Gazelles, peut affecter l'écosystème et ses eaux destinées à l'irrigation

II.2.4.1. Caractéristiques hydrologiques

Tableau 06 : Caractéristiques hydrologiques du barrage de la Fontaine des Gazelles

Oued	EL-Haie
Crues Historiques	1986 année de construction 2000 année de mise en eau
Capacité initiale	55.500 hm ³
Capacité d'après dernier	54.74 hm ³ levé (2004)
Apport moyen annuel	20.60 hm ³ /an
Envasement	0,30 hm ³ /an
Surface du bassin versant	1 660 km ²

II.2.4.2. Hydrologie du bassin versant

Le Barrage s'alimente par plusieurs oueds, le plus important est l'Oued El Haie. Ce dernier prend naissance sur les flancs du Sud des Aurès. Oued El Haie à son tour prend sa naissance à la confluence des deux oueds : oued Fedhala issue du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) .(**Boumesseneh, 2007 ; Boudjema, 2015**)

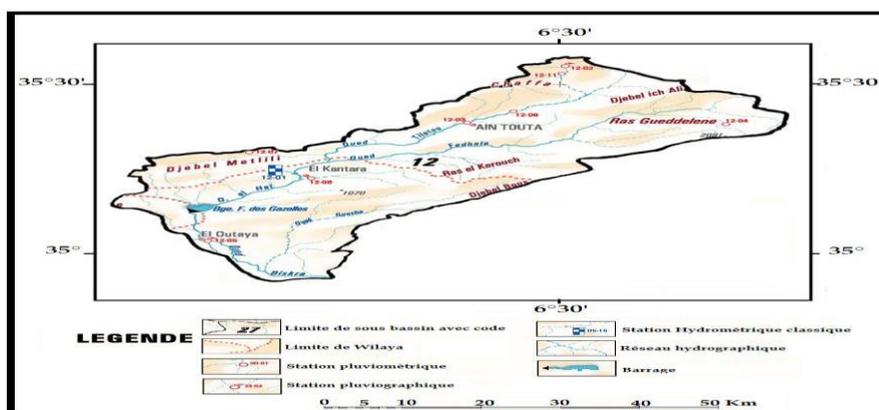


Figure 16: Carte du réseau hydrographique du sous-bassin versant de l'Outaya (extrait de la carte du réseau hydrologique et de la surveillance de la qualité des eaux (**ANRH, 2005**))

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA



Figure 17: Barrage fontaine des Gazelles(ANBT)

II.2.5. Etat de la fourniture de réseau d'eau potable et d'assainissement:

La plupart des zones de l'état ont été connectées au réseau d'eau potable, avec un taux de raccordement en 2016 de 94%. La distribution quotidienne d'eau par habitant est de 220 litres / jour, le principal problème de l'eau étant la salinité de l'eau potable de 2 g/l pour les régions méridionales de l'état (Biskra, Al-Hawach, Zeribet Al-Ouadi, Ain Al-Naga).

En ce qui concerne le réseau de désinfection, la longueur du réseau était de 1730 km, avec un taux de liaison de 95%.

Il convient de rappeler que l'état, en plus des stations de traitement de l'eau de Biskra et de Jalal, ont récemment bénéficié d'une autre station à Sidi Khaled, qui ne disposait pas auparavant d'une station de traitement des eaux usées. Toutes les eaux usées étaient rejetées dans les Oueds sans traitement, ce qui pourrait causer une grave pollution de l'environnement. (ANDI, 2013);(D.P.AT, 2016); (A.D.E).

II.3. Les caractéristiques qualitatives d'une eau potable

II.3.1.1. Les caractéristiques organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de l'odeur, de la couleur et de la transparence de l'eau. Il n'ont pas de signification sanitaire mais la dégradation de l'une de ces caractéristiques peut signaler une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations. L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne présenter ni saveur ni odeur désagréables.(MERZOUG,2015)

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.3.1.2. Les caractéristiques microbiologiques

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau naturelle sont de trois types : des germes typiquement aquatiques, des germes telluriques, et des germes de contamination humaine ou animale.

- ✚ Les germes typiquement aquatiques sont des algues microscopiques et des bactéries. Les bactéries appartiennent le plus souvent aux genres *Vibrion*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, mais aussi d'autres genres, à moins d'intérêt, tels que *Spirillum*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus*, *Garllionella* ...etc. (Bactéries de la corrosion poussant mal sur les milieux de culture ordinaires). Les germes aquatiques sont présents dans les nappes et peuvent contaminer les réseaux d'adduction.
- ✚ Les germes telluriques rencontrés dans l'eau sont des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) ou appartenant aux germes *Streptomyces* et quelques fois les spores fongiques.

Ils sont présents parfois dans les nappes et peuvent aussi contaminer les réseaux en mauvais états.

- ✚ Les germes de pollution humaine ou animale sont souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale, il s'agit d'Entérobactéries (*Escherichia*, Coliformes, *Salmonella*, *Shigella*) de *Streptocoques fécaux*, de *Clostridium perfringens*, de *Vibrio cholerae* (GUIRAUD, 1998)

II.3.1.3. Les substances toxiques

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée des deux catégories :

- ✚ organique (hydrocarbures, pesticides, détergents...).
- ✚ minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...)

Pour une eau de bonne qualité microbiologique utilisée à l'AEP, nous devons avoir zéro bactérie/100 ml (MERZOUG, 2015).

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.4. La pollution de l'eau

La pollution est définie comme l'introduction par l'homme directement ou indirectement, dans le milieu aquatique des substances ou d'énergie, provoquant des effets nuisibles aux ressources biologiques. Dans le cas le plus générale la pollution dont l'effluent est le Vecteur qui sera Constitué de :

- ✚ Matières dissoutes organiques ou minérales biodégradables ou non pouvant être toxiques ou inhibitrices pour la flore et la faune du milieu récepteur.
 - ✚ Matières colloïdales ou émulsionnés (graisses, huiles, etc.).
 - ✚ Matières ou suspensions plus ou moins décantées, minérales ou organiques.
- (BOUKERROUCHA Aicha ,2011)**

II.4.1. les différents types des pollutions de l'eau

II.4.1.1. Pollution physique

Elle Est celle qui résulte de l'entraînement en suspension d'éléments minéraux menus sable fin, argiles, lors de pluies violentes ou de crues abondantes et la température, le PH et la Turbidité. **(LABBACI Kheireddine et GHARBI Chaker 2017)**

II.4.1.2. Pollution physico-chimique

La pollution chimique est probablement la plus fréquente, très largement répandue et très diverse. Il s'agit d'abord de contaminations par des composés inorganiques, par exemple :

- ✚ Sodium, impliqué à haute dose dans l'hypertension artérielle et chlorures provenant des rejets d'activité minière ou d'infiltration d'eau de mer.
- ✚ Nitrates (provenant des activités agricoles) non toxiques en eux-mêmes aux concentrations habituellement rencontrées, pouvant être réduits en nitrites, qui vont se lier à l'hémoglobine dans les globules rouges et provoquer des troubles plus ou moins lourds de conséquence en raison d'un défaut d'oxygénation des tissus. Par ailleurs, ils peuvent devenir éventuellement précurseurs de nitrosamines cancérigènes.
- ✚ Phosphates (issus des activités agricoles et des rejets urbains), participant au processus d'eutrophisation, phénomène aux conséquences environnementales (développements d'algues) et sanitaires (par libération de toxines algales).

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

- ✚ Métaux lourds (plomb, mercure, cadmium) d'origine industrielle ou artisanale, a cumulables dans les sédiments en certains points fluviaux ou littoraux, (D.D.A.S.S. – D.R.A.S.S., 2000).

II.4.1.3. Pollution microbiologique

Introduit dans l'eau des micro-organismes, dont certains sont des germes pathogènes (virus, bactéries). (D.D.A.S.S. – D.R.A.S.S., 2000).

II.4.2. Différents origines de la pollution des eaux :

II.4.2.1. Origine domestique :

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères) (Bouraoui S et al , 2017). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette, et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains (REJSEK, 2002).



Figure 18: pollution d'eau d'Origine domestique (Biskra ; 2019)

II.4.2.2. Origine agricole

L'agriculture est une source de pollution des eaux, elle apporte les engrais et les pesticides.

- ✚ La concentration des élevages donne un excédent de déjections animales ; celles-ci s'évacuent dans les cours d'eau et les nappes souterraines ; elles constituent une source de pollution bactériologique.

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

- ✚ Les engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux.
- ✚ Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques. **(Rico, 2000).**



Figure 19: Pollution d'eau d'Origine agricole

II.4.2.3. Origine industrielle

Dans l'industrie, l'eau a une grande importance et les volumes utilisés sont considérables, cela constitue un volume d'eaux résiduaires très important, leur composition est extrêmement variable. On distingue trois grands groupes :

- ✚ Eaux à caractère minéral dominant : Ces rejets sont chargés en matière solide en suspension et en sels dissous.
- ✚ Eaux à caractère organique dominant : C'est surtout le cas des résidus d'industrie agroalimentaire (abattoirs, élevage, etc.).
- ✚ Eaux à caractéristiques mixtes : Ce sont des eaux qui contiennent un ou plusieurs constituants plus ou moins facilement biodégradables mais qui constituent des milieux inhibés par d'autres constituants. **(BOUKERROUCHA Aïcha, 2011).**



Figure 20: pollution d'eau d'Origine industrielle

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.4.2.4. L'origine naturelle

La contamination de source naturelle est ponctuelle puisqu'elle est liée au contexte géologique. En fonction du contexte minéralogique, nous pouvons retrouver des problèmes de fluor, de fer, de manganèse, de carbonates de calcium, de sulfates, de salinité, d'arsenic, de baryum, de plomb, de cuivre, de zinc, de sélénium, d'uranium et d'autres métaux présents naturellement dans les eaux souterraines. Dans notre région d'étude, les problèmes prédominants sont la salinité et la fluorose. (**BOUKERROUCHA Aicha ,2011**).

II.4.3. Impact de la pollution des eaux

II.4.3.1. Impact de la pollution sur l'écosystème

Ils dépendent du type de pollution, de l'agent polluant, des victimes et de leur état général (âge, sexe, état de santé) .On admet généralement que les impacts sont beaucoup plus graves en milieu côtier. Les écosystèmes peuvent être complètement déséquilibrés à la suite de la disparition des espèces sensibles et de la prolifération des espèces les plus résistantes (**Meinck F 1977**).

II.4.3.2. Impact de la pollution sur la santé

L'impact de la pollution des eaux sur la santé est très important. L'eau polluée cause des maladies hydriques très graves tels que le choléra, la typhoïde, dysenterie, l'hépatite A. La pollution des eaux a un impact cumulatif toxique en agriculture. . Ils manifestent leur nocivité qu'après un temps assez long (**Benzinia 2003**). L'eau potable peut transmettre des virus, bactéries, parasites et des contaminants chimiques, qui menacent la santé humaine par ingestion.

II.5. Les différents types de maladies liées à l'eau

II.5.1. Les maladies hydrique

Il s'agit en premier lieu des « maladies hydriques » qui sont provoquées par l'eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Elles comprennent entre autres le choléra, la typhoïde, la polio, la méningite, l'hépatite A et E, et la diarrhée.

La raison principale de cette situation catastrophique est la pauvreté , le nombre de population ne disposent pas d'eau potable, les aménagements indispensables aux traitements des eaux usées et à la fabrication de l'eau potable étant trop coûteux, ni même des soins que ces affections nécessitent, les infrastructures médicales n'étant pas suffisantes. Cependant,

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

avec de simples mesures d'hygiène, la plupart de ces morts pourrait déjà être évitée.
(sololiya.fr)

II.5.2. Les maladies aquatique

Elles sont transmises par des organismes aquatiques qui passent une partie de leur vie dans l'eau et une autre en tant que parasite. Ces maladies sont causées par toute une variété de vers. Ces vers infectent les organismes humains et, sans forcément être mortels, diminuent fortement les capacités physiques. La plus connue de ces maladies est la schistosomiase, appelée aussi bilharziasis.

On distingue enfin les maladies véhiculées par les moustiques et les mouches tsé-tsé qui infestent certaines zones aquatiques. Parmi ces maladies, on trouve la fièvre jaune, la dengue (dont la forme la plus virulente déclenche des hémorragies graves voire mortelles), la maladie du sommeil, la filariose et le paludisme (malaria). Cette dernière provoque à elle seule, chaque année, plus de 1 million de décès et cause 300 millions de cas de maladies aiguës. 90% des victimes qui décèdent du paludisme se situent dans l'Afrique sub-saharienne.
(sololiya.fr)

II.5.3. Les risques liés aux composés chimiques

L'eau de la nature est d'autant moins potable aujourd'hui. Elle est de plus en plus polluée par des substances rejetées par les sociétés humaines. Or cette pollution est parfois telle que même la qualité de l'eau traitée s'en ressent, il n'est pas rare qu'une affaire éclate au sujet d'eaux du robinet qui ne respectant pas les normes de sécurité sanitaire.

Certaines substances, comme les métaux lourds, ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être la cause de maladies graves, même si la teneur dans l'eau est faible. Ingerées en grande quantité lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques (www.sololiya.fr).

II.6. Les MTH dans la wilaya de Biskra

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes ou qui sont liées au cycle de l'eau.

La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relative à l'eau est devenue

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

de plus en plus vaste, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence de certaines déjà connues. Les maladies à transmission hydrique (MTH), on toujours sévi à l'état endémique en Algérie. Des données sont disponibles en Algérie dans quelques wilayas pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène (qui incluent la fièvre typhoïde, Dysenterie et l'Hépatite de type a).(LABBACI Kheireddine et GHARBI Chaker 2017)

II.6.1. Etude de l'évolution annuelle des MTH dans la wilaya de Biskra

II.6.1.1. Etude de l'évolution annuelle de la fièvre typhoïde

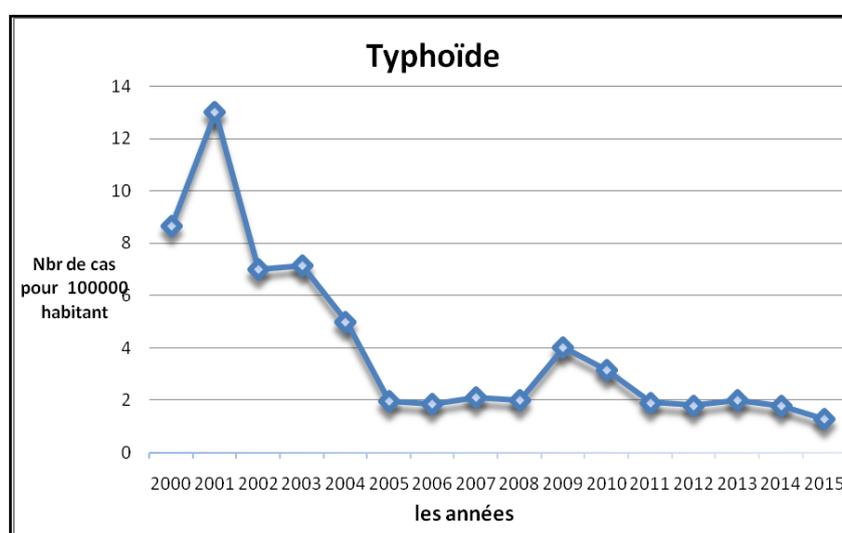


Figure 21: Evolution annuelle de la fièvre typhoïde (2000-2015)(source. INSP)

La représentation graphique de l'évolution mensuelle de la fièvre typhoïde durant la période d'étude (2000-2015) montre une diminution notable du nombre de personnes infectées par cette maladie pendant les années (2001 à 2015) qui atteint 1.5 cas pour 100.000 habitants en 2015.

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.6.1.2. Etude de l'évolution annuelle de la Dysenterie

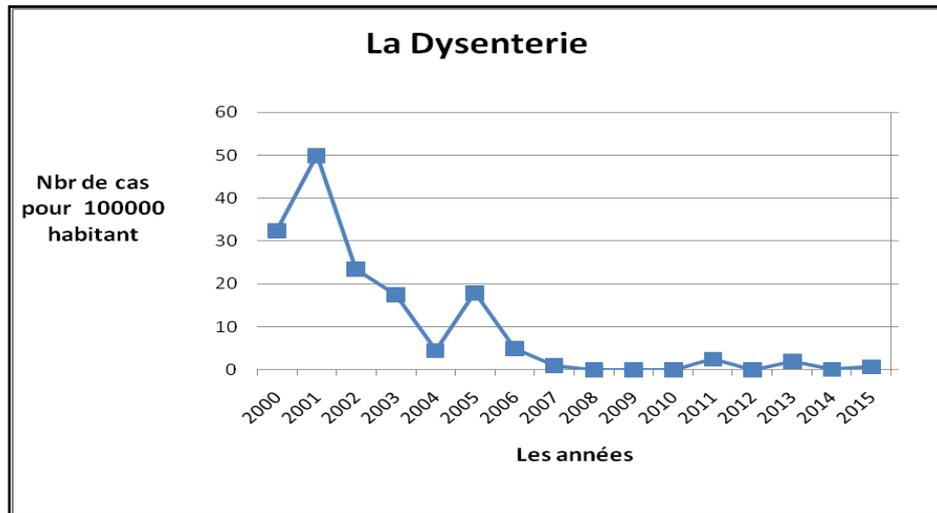


Figure 22: Evolution annuelle de la Dysenterie (2000-2015)(Source. INSP)

La représentation graphique de l'évolution mensuelle de la Dysenterie durant la période d'étude (2000-2015) montre une augmentation du nombre des personnes infectées par cette maladie en 2001, supérieur à 50 cas pour 100.000 habitant et une diminution pendant les années (2002 à 2015) qui atteint 1 cas pour 100.000 habitant en 2015.

II.6.1.3. Etude de l'évolution annuelle de l'Hépatite « A »

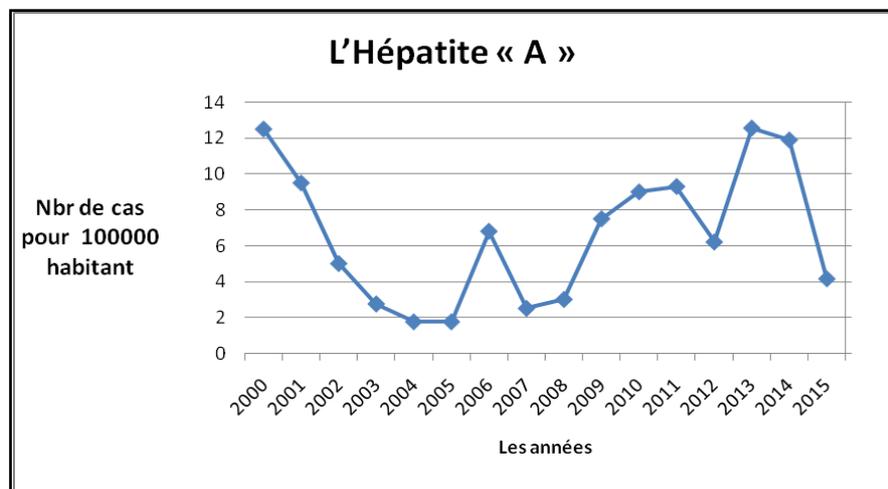


Figure 23: Evolution annuelle l'Hépatite « A » (2000-2015) (Source. INSP)

Le graphe représente l'évolution mensuelle de l'Hépatite « A » durant la période d'étude (2000-2015) et montre que le nombre des malades pendant les années (2000 – 2015) est instable, une diminution qui atteint 2 cas pour 100.000 habitant en 2005 et augmentation pendant les années (2006 à 2014).

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

II.6.2. Etude de l'évolution mensuelle des MTH dans la wilaya de Biskra

II.6.2.1. Etude de l'évolution mensuelle de la fièvre typhoïde

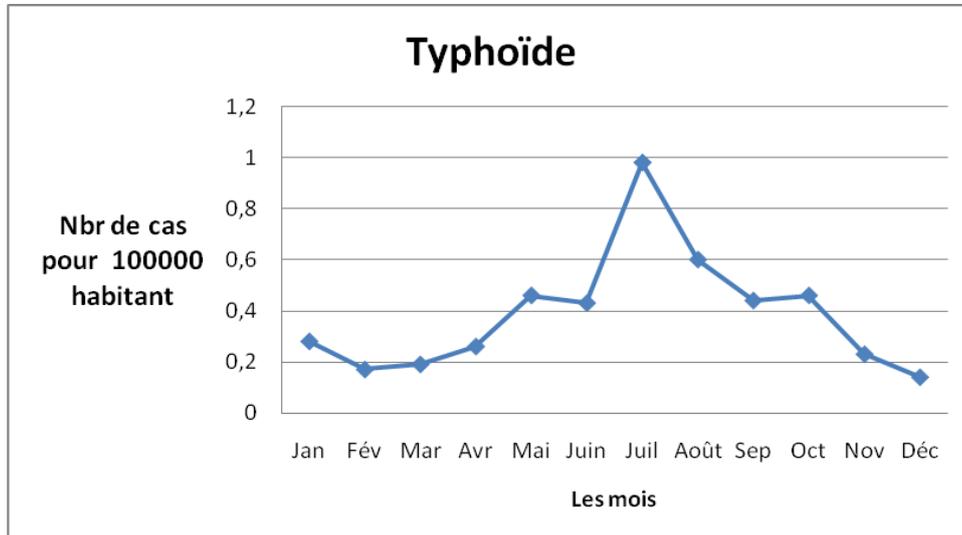


Figure 24: Evolution mensuelle de la Fièvre typhoïde (2000-2015)(Source. INSP)

Le graphe représente l'évolution mensuelle de la fièvre typhoïde durant la période d'étude (2000-2015) qui montre une diminution du nombre des malades dans la période hivernale qui atteint 0.2 cas pour 100.000 habitants dans le mois de Février, par contre durant la période estivale on remarque une augmentation supérieure à 1 cas pour 100.000 habitants dans le mois de Juillet.

II.6.2.2. Etude de l'évolution mensuelle de la Dysenterie

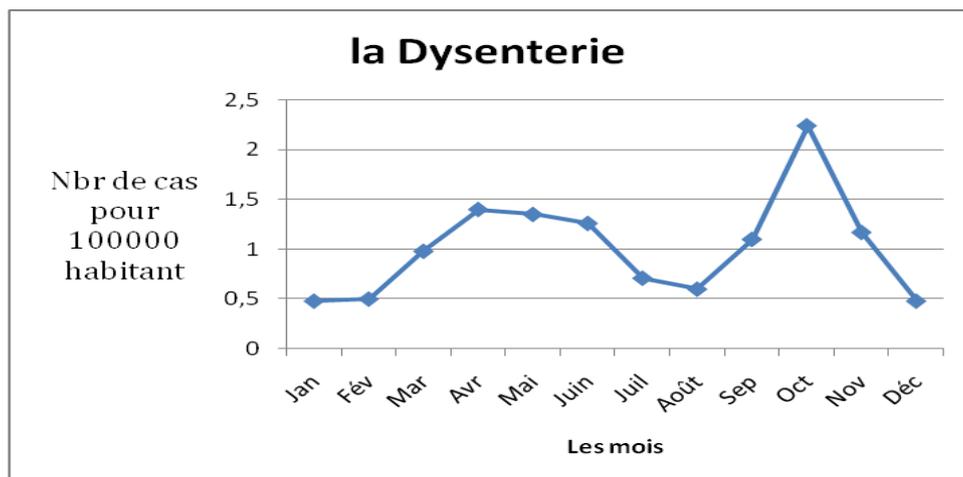


Figure 25: Evolution mensuelle de la Dysenterie (2000-2015)(Source. INSP)

CHAPITRE II: LES PROBLEMES DE SANTE LIES A LA POLLUTION DE L'EAU DANS LA REGION DE BISKRA

La représentation graphique de l'évolution mensuelle de la Dysenterie durant la période d'étude (2000-2015) montre une diminution du nombre des personnes infectées par cette maladie dans la période hivernal dans le mois de janvier qui atteint 0.5 cas pour 100.000 habitant mais pendant la période estival on remarque une augmentation dans le mois d'octobre, supérieur à 2 cas pour 100.000 habitant .

II.6.1.3. Etude de l'évolution mensuelle de l'Hépatite « A »

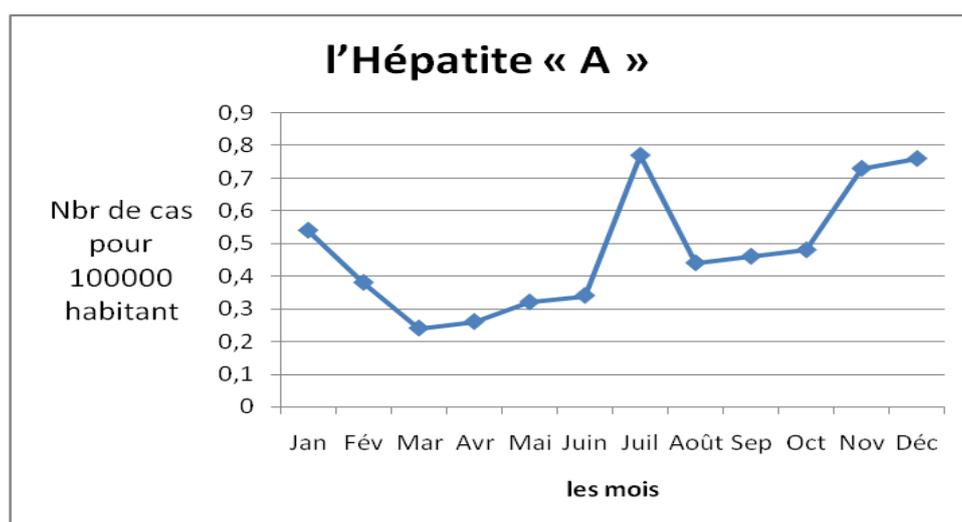


Figure 26: Evolution mensuelle de l'Hépatite « A » (2000-2015) (Source. INSP)

Le graphe représente l'évolution mensuelle de l'Hépatite « A » durant la période d'étude (2000-2015) qui montre une diminution du nombre du malades dans la période hivernal qui atteint 0.3 cas pour 100.000 habitant dans le mois de Mars, et une augmentation pendant la période hestival supérieur à 0.7 cas pour 100.000 habitant dans le mois de Juillet.

II.7. Conclusion

La pollution des eaux a un impact cumulatif toxique en agriculture et donc dangereux pour la santé. La contamination de l'eau par l'activité humaine est une des causes principales des maladies hydriques à l'exemple des dysenteries, la fièvre typhoïde, l'hépatite « A » dans cette région d'étude. On peut conclure d'après nos résultats, que l'évolution annuelle des différents des MTH de la région de Biskra indique une diminution notable de ce type de maladies depuis une décennie (16 années). Cependant, nos résultats statistiques de l'évolution mensuelle de ces maladies hydriques (la typhoïde, la dysenterie, l'hépatite « A ») durant la période d'étude (2000-2015) montre que ces maladies augmentent dans la période estivale par rapport à la période hivernal.

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.1. Introduction

L'échantillonnage est primordial et délicat car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement (Kherifi W.2016).

Des analyses in situ ont porté sur les principaux paramètres physico-chimiques et des métaux lourds susceptibles de caractériser la qualité des eaux du barrage en amont et en aval. Ainsi que de déterminer la répartition quantitative des éléments majeurs. La surveillance de la qualité de ces eaux est effectuée par différentes méthodes de traitement classiques et par l'outil informatique.

III.2. Echantillonnage des eaux

III.2.1. Mode d'échantillonnage

III.2.1.1. Choix de station de prélèvement et carte d'inventaire

Sept (08) points de prélèvement ont été échantillonnés, choisis en fonction de l'urbanisation du bassin versant. Les échantillons d'eau ont été pris dans les eaux du barrage de Foug El Gherza ainsi que au niveau de l'eau de l'Oued Al Abiod qui alimente le barrage et aussi au niveau du canal (La sortie du Barrage). (Figure 27). Les prélèvements sont habituellement faits dans les eaux peu profondes de la zone du littoral. On avance dans l'eau à la hauteur des chevilles et on étend le bras pour prendre l'échantillon à environ 30 cm sous la surface de l'eau. Les coordonnées des différents points de prélèvement sont prises par un Global Positioning System (GPS) (Tableau 07).

Tableau 07 : Différents points d'échantillonnage avec dénomination et coordonnées(2019)

N° de station de prélèvement	Nom de les points de prélèvement	Coordonnées Nord	Coordonnées Est
1	Oued el abiod---m'choneche	N"14.46'57°34	E"23.60'0 °6
2	Oued el abiod—el habel	N"39.35'53°34	E"10.16'55°5
3	Dans le barrage H :23m	N"57.33'51°34	E"31.70'55°5
4	Dans le barrage H :25m	N"45.58'51°34	E"23.77'55°5
5	Dans le barrage H :26m	N"19.14'51°34	E"27.69'55°5
6	Dans le barrage H :24m	N"12.97'51°34	E"27.40'55°5
7	Dans le barrage H :20m	N"8.16'51°34	E"29.07'55°5

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

8	CANAL de barrage	N°4.31'51°34	E°9.78'55°5
---	------------------	--------------	-------------

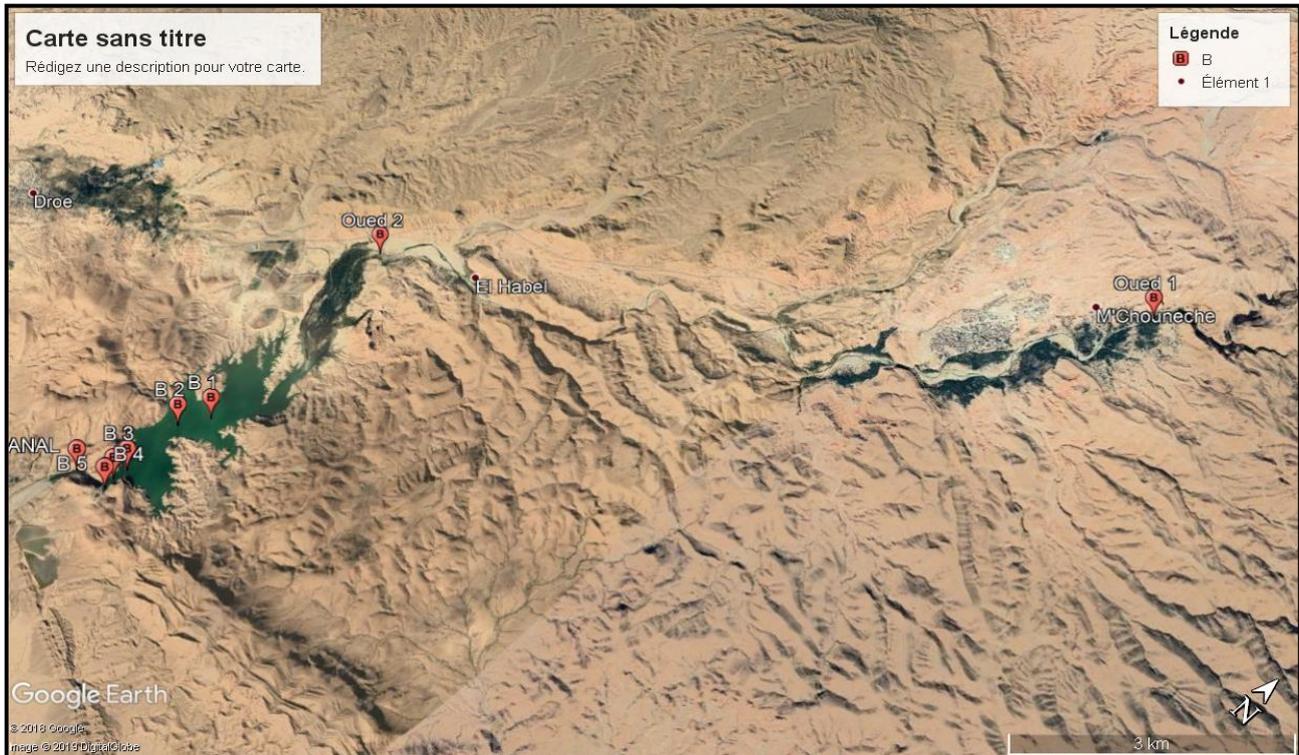


Figure 27 : Vue satellitaire de sites ciblés pour l'échantillonnage (2019)

III.2.1.2. Période d'échantillonnage

Pour l'étude et le suivi de la variation spatio-temporelle de la composition physico-chimique des eaux de barrage de la région d'étude, la composition des eaux est plus ou moins variable selon les journées, les mois et les saisons.

Afin d'apprécier l'impact des effluents urbains et agricole sur ces eaux de surface (Oueds et barrage), deux campagnes de mesures ont été réalisées à une fréquence temporelle durant l'année (2019) (Janvier et Avril).

III.3. Techniques expérimentales

III.3.1. Lieu d'analyse des échantillons

Pour réaliser les analyses physico-chimiques et les métaux lourds, nous avons mis à notre disposition le laboratoire central du Centre De Recherche Scientifique Et Technique Sur Les Régions Aride (CRSTRA) de Biskra.

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.3.2. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux

Les analyses des différentes caractéristiques physico-chimiques des eaux que nous avons étudiées ont été effectuées au sein du laboratoire central du Centre De Recherche Scientifique Et Technique Sur Les Régions Aride (CRSTRA) de Biskra selon les méthodes standard d'évaluation de qualité décrites par Tardat-Henry (1984) et Rodier et al (2009):

- ❖ **Le pH, la conductivité, la température, la salinité et l'oxygène dissout :** ont été mesurées à l'aide d'un multi paramètre de type Multi 3430 SET K.



Figure 28: WTW-Lab.-pH-Portable_meters fonction de mesure pour la mesure portable sur le terrain et pendant le fonctionnement(2019)

- ❖ **Titre alcalimétrique complet (T.A.C) :** L'échantillon d'eau à analyser est additionné de quelques gouttes (2 à 3) de méthylorange puis titré à l'aide d'acide sulfurique jusqu'au virage au jaune orange. Le TAC est exprimé en milliéquivalents par litre ou en degrés français.

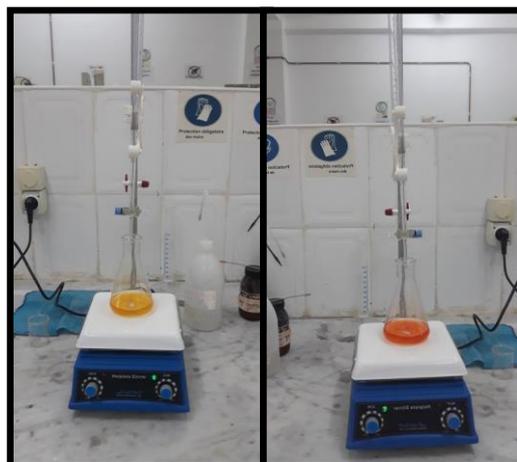


Figure 29: Calibrer Titre alcalimétrique complet (T.A.C) dans un laboratoire(2019)

- ❖ **Titre hydrométrique (TH) :** La dureté totale ou hydrométrique (TH) est la somme des concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} . Le mode opératoire consiste à prélever 100 ml d'eau à

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

analyser, ajouter 5 ml de solution tampon (pH = 10) et quelques gouttes d'indicateur coloré (noir d'urochrome T). Enfin, verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu vert, ce volume versé correspond à la dureté totale (en Figure 30).



Figure 30: Calibrer Titre hydrométrique (TH) dans un laboratoire (2019)

- ❖ **Dureté calcique:** Pour déterminer la dureté calcique, on emploie le plus souvent une variante de la méthode complexométrique. On utilise l'EDTA en présence de NaOH, et cela à un pH = 12, l'indicateur coloré est la murenidé. La dureté magnésienne est déduite par différence, dureté totale et dureté calcique.
- ❖ **Dosage des chlorures :** Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) en présences de chromate de potassium (KCrO_4) jusqu'à apparition d'une coloration rouge brique, c'est le principe de la méthode de Mohr.
- ❖ **Dosage des sulfates :** Pour déterminer la teneur de SO_4^{2-} dans les échantillons d'eau, nous avons opté pour la méthode Céphalométrique, par utilisation d'un Spectrophotomètre DR 5000 (HACH) à une longueur d'onde de 600 nm pour une suspension obtenue par réaction des sulfates avec le chlorure de baryum.

Tableau 08: La courbe d'étalonnage pour la mesure des sulfates

C (meqg/l)	1	2	3	4	5
Absorbance	0.049	0.139	0.183	0.247	0.338

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

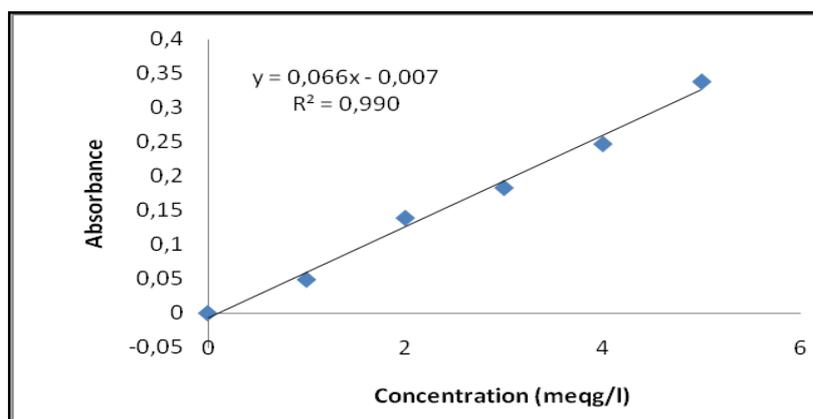


Figure 31: Courbe d'étalonnage des sulfates (2019)



Figure 32: Spectrophotometer et mode d'emploi(2019)

❖ Dosage du sodium et du potassium

Les ions Na^+ et K^+ sont dosés par photométrie d'émission de flamme (JENWAY PFP7). Afin d'effectuer le dosage du sodium, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution mère de NaCl à 1000 mg de Na^+ /l. Les résultats du tableau 10 et de la figure 14 présentent un exemple des lectures servant à l'étalonnage pour le dosage du sodium.

Tableau 09 : La courbe d'étalonnage pour la mesure du sodium.

Na^+ (mg/l)	0	20	40	60	80	100
Lecture	0	31	53	71	85	100

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

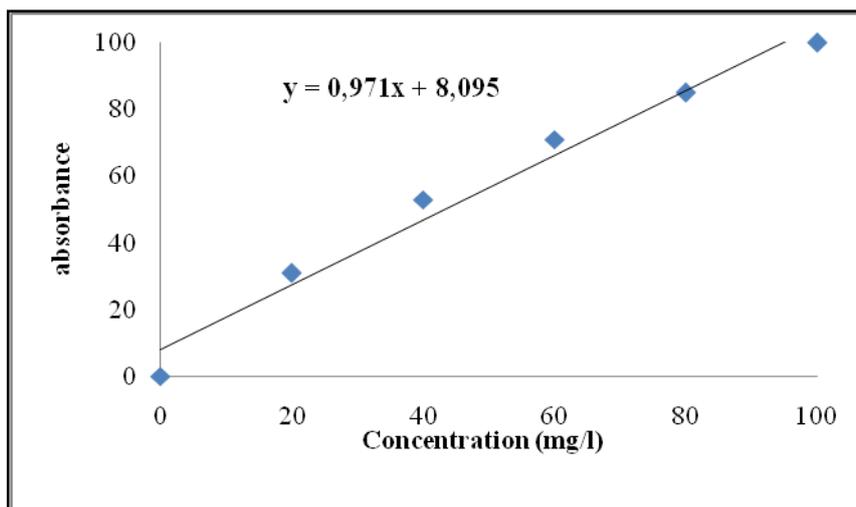


Figure 33 : Courbe d'étalonnage du sodium(2019)

Pour le dosage du potassium, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution mère de KCl à 1000 mg de K⁺/l. Les résultats du tableau 11 et de la figure 15 présentent un exemple des lectures servant à l'étalonnage pour le dosage du potassium.

Tableau 10 : La courbe d'étalonnage pour la mesure du potassium.

K ⁺ (mg/l)	0	20	40	60	80	100
Lecture	0	62	106	143	174	200

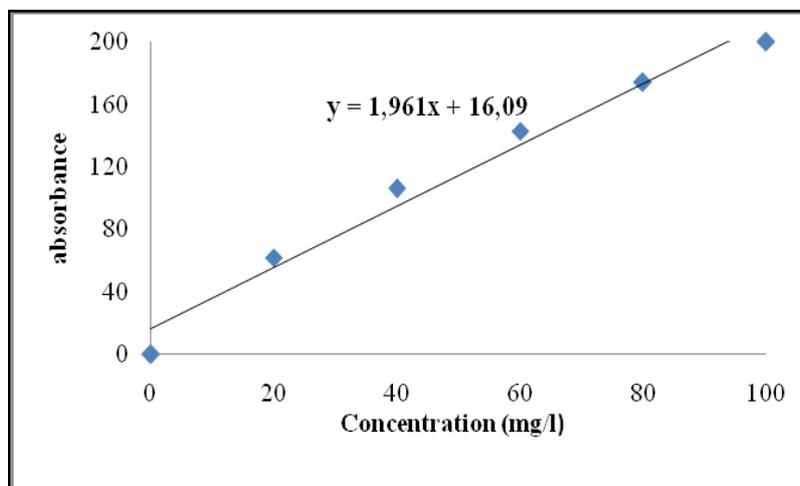


Figure 34 : Courbe d'étalonnage du potassium.(2019)

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES



Figure 35 : Photomètre de flamme industriel PFP7 – Jenway et mode d’emploi (2019)

III.3.3. Techniques d’analyse des métaux lourds dans les eaux

III.3.3.1. Préparation de l’échantillonnage

Dans cette étape, on utilise l’eau désionisée pour diluer les solutions. D'autre part et afin de stabiliser les ions présents dans le milieu, on utilise l’acide nitrique HNO_3 69% et du triton X de qualité analytique pour les traces de métaux.

le protocole à suivre est le suivant:

- 1) Remplir la fiole avec l’eau désionisée jusqu’au trait de jauge .
- 2) Prélever 2 ml de l’eau désionisée avec la pipette jaugée.
- 3) Mesurer et introduire 1 ml d’acide nitrique et 1 ml de triton X dans la fiole et agiter pour bien homogénéiser.

III.3.3.2. Réparation de la solution mère de Fer ,plombe , Zinc et cuivre à 1mg/l

Il s’agit de faire une préparation un volume $V_2 = 100$ ml d'une solution fille de chaque élément à $C_2=1$ mg/l à partir d’une solution mère de chaque élément à $C_1=1000$ mg/l (Parkin Elmer pure iot : 7439-89-6)

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES



Figure 36 :PinAAcle 900T Atomic Absorption Spectrometer(2019)

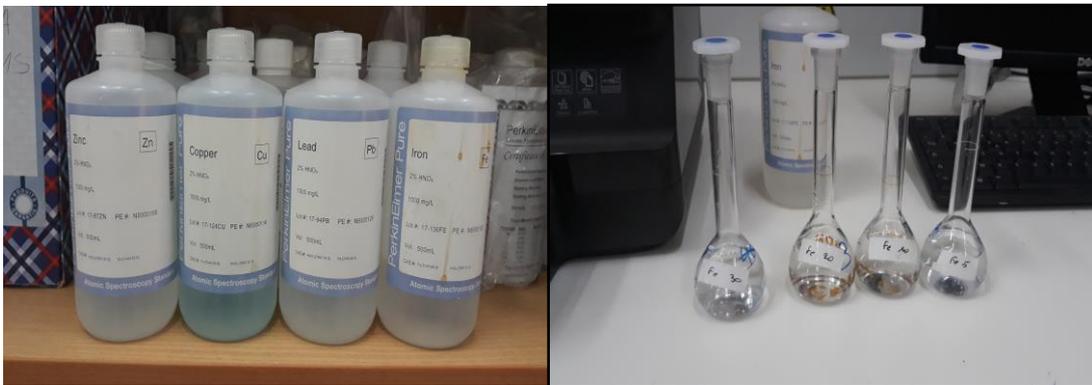


Figure 37 : les solution mères et préparation de solution du Pb, Fe ,Zn et Cu.(2019)

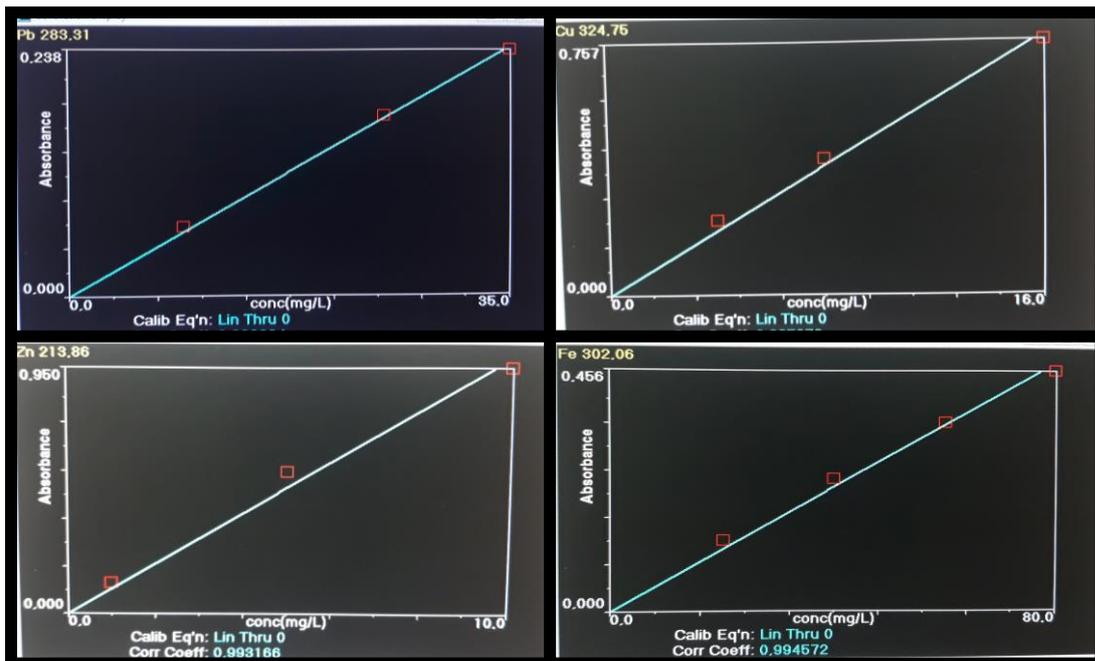


Figure 38 : les courbe d'étalonnage du Pb, Fe ,Zn et Cu.(2019)

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.4. Méthodes de traitement des données

Le traitement des données des eaux superficielles de la région d'étude nous a permis d'apprécier leur qualité chimique.

L'évaluation de la qualité des eaux et de l'évolution des paramètres physico-chimiques nous a obligé à utiliser des méthodes de traitement classiques et d'application de logiciels adéquats.

III.4.1. Traitement des données par Excel

En général, la qualité des eaux est déterminée selon des critères quantitatifs et qualitatifs tels que, par exemple, la présence en quantités suffisantes de certains nutriments, la teneur en oxygène, le pH, la température ou encore, la présence des métaux lourds. De ce fait il devient impératif de déterminer les caractérisations physico-chimiques et les métaux lourds des eaux de la région d'étude avec les normes.

III.4.2. Traitement des données par diagramme

Les résultats des analyses chimiques des sels exprimés sous la forme ionique, peuvent être portés sur des diagrammes qui permettent de comparer les eaux entre elles, et de les classer en familles chimiques (**Hani Bourbia, 2011**), c'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau (**Vayana Dominique, 2009**) qui permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau et la qualité des eaux des affluant en vus d'usage agricole. Les représentations les plus utilisées sont :

- Le diagramme en losange ou diagramme de Piper ;
- Le diagramme semi-logarithmique Schoëller-Berkaloff ;
- Le diagramme de Riverside ;

Pour pouvoir analyser ces données et en ressortir le plus d'information en peu de temps, il a fallu utiliser des outils et méthodes efficaces et rapides. Le principal outil utilise est le logiciel DIAGRAMMES (figure 43) crée par Roland SIMLER du Laboratoire d'Hydrogeologie d'Avignon. C'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau. Ces fonctions sont variées et complètes, en voici quelques unes: Piper, Schoeller-Berkalov, Korjinski, Stiff, Riverside Wilcox.

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

Toutes les fonctionnalités n'ont pas été utilisées, mais ce logiciel s'avère être simple d'utilisation. De ce fait les diagrammes de Piper, Schoeller et de Riverside ont été établis grâce à ce logiciel (figure 39).

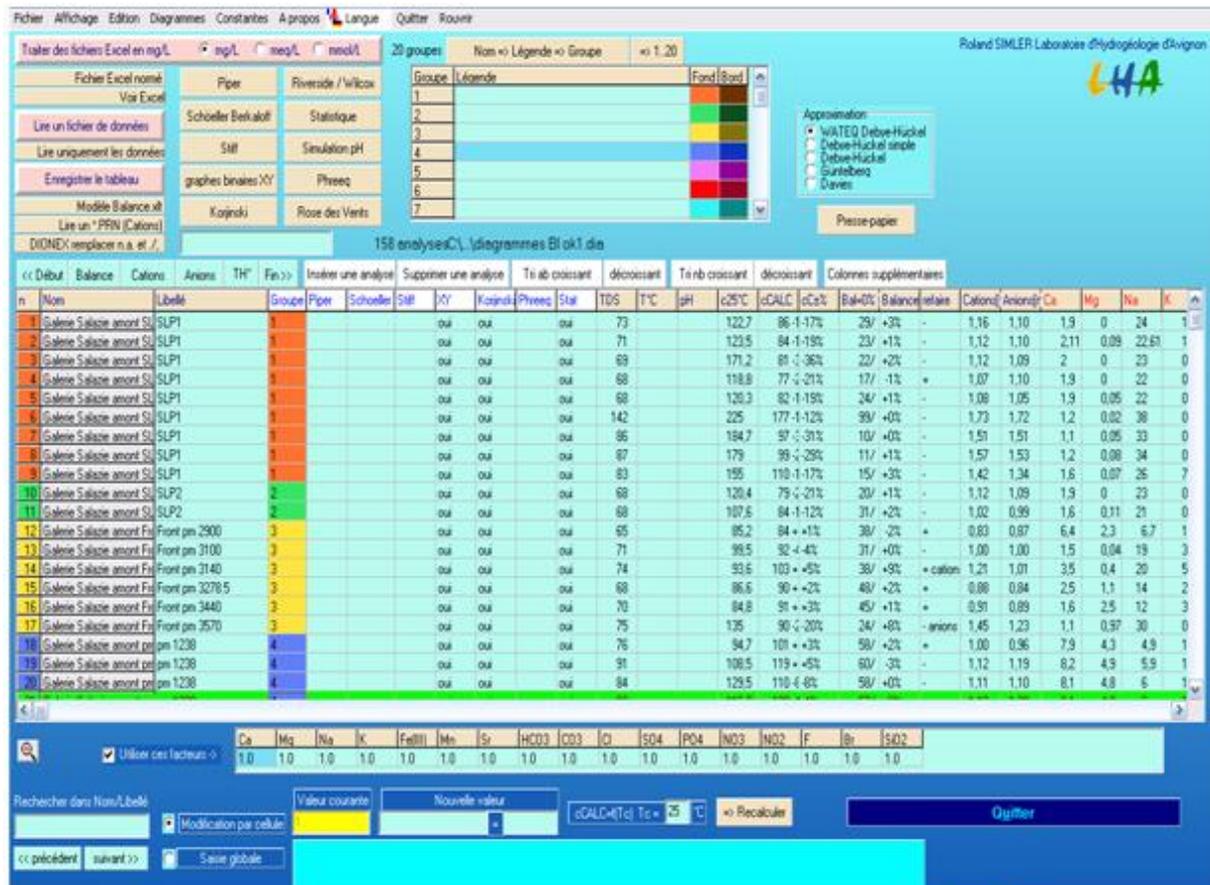


Figure 39: Interface de commande du logiciel DIAGRAMME

III.4.3. Analyses statistique par le logiciel XL Stat

Devant le nombre important de mesures, nous avons utilisé un moyen statistique de traitement de données qui est l'Analyse en Composante Principale (ACP). L'ACP est un outil d'analyse de données qui permet d'expliquer la structure des corrélations ou des covariances en utilisant des combinaisons linéaires des données originelles. Les variables dans notre étude sont les paramètres physico-chimiques et les métaux lourds de la qualité des eaux de la région d'étude. Son utilisation permet de réduire et d'interpréter les données sur un espace réduit (Lagarde, 1995 ; Maliki, 2000). L'ACP a pour objectif de présenter, sous une forme graphique le maximum de l'information contenue dans une table de données, basées sur le principe de double projection sur les axes factoriels. Le logiciel utilisé pour cette étude est XL STAT.

CHAPITRE III: PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES

III.5. Conclusion

Le quatrième chapitre présente le mode d'échantillonnage et les techniques expérimentales réalisées durant les deux périodes (Février et avril). Des analyses physico-chimiques et des métaux lourds ont été effectués dans les eaux du barrage, Oued et canal (entrée et sortie) in situ et au laboratoire (CRSTRA) par différentes méthodes de dosage ou par les catalogues de l'appareillage utilisé.

L'étude de la qualité de ces eaux est traitée par des outils informatiques représentés par les logiciels d'hydrochimie et statistique «Excel, DIAGRAM, XL Stat».

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV. Introduction

Les eaux de la zone d'étude (Oued Al Abiod, Le Barrage de Foum El Gherza, le canal) sont utilisées pour l'irrigation, ce qui se traduit par un déplacement du polluant d'un milieu à un autre. De ce fait il devient impératif de déterminer la qualité de ces eaux selon des critères quantitatifs et qualitatifs, connaître le faciès chimique des eaux de la zone d'étude afin d'estimer et d'apprécier la nature de ces eaux et de classer les eaux qui sont utilisées en irrigation.

IV. Caractérisations physico-chimiques et métaux lourds des eaux de la région d'étude

Les organismes aquatiques dépendent pour leur croissance et leur reproduction de la qualité des eaux dans lesquelles ils vivent. En général, la qualité des eaux est déterminée selon des critères quantitatifs et qualitatifs tels que, par exemple, la présence en quantités suffisantes de certains nutriments, la teneur en oxygène, le pH, la température ou encore, la présence des indicateurs des métaux lourds (Pb, Cu, Zn et Fe).

IV.1. Volume d'eau de barrage

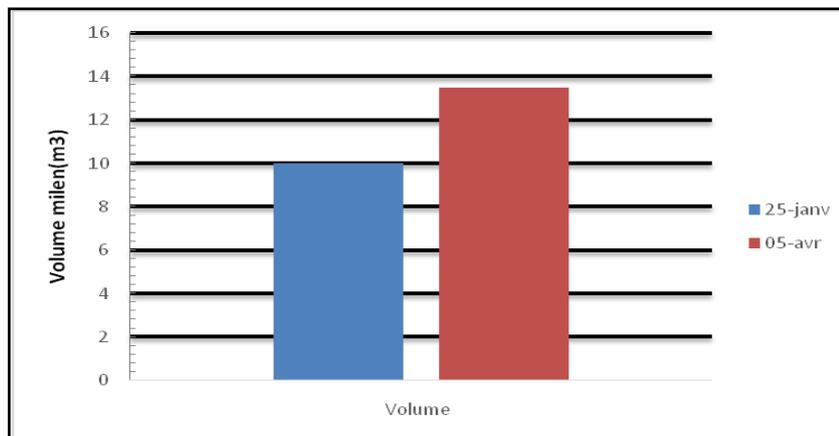
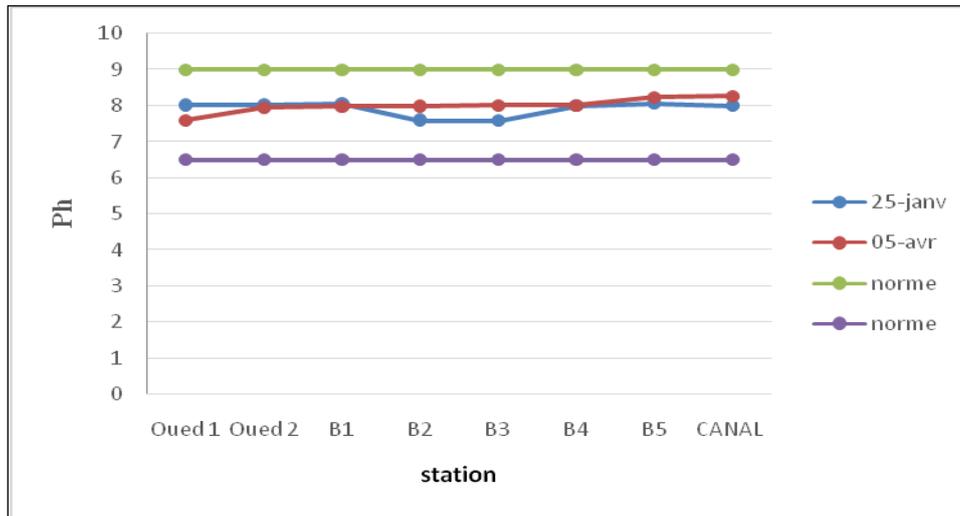


Figure 40: Volume d'eau dans le barrage de Foum El Gherza de la région d'étude (Période de début et la fin de la période hivernal) (2019)

La figure 40 présente le volume d'eau dans le barrage de Foum El Gherza durant la période hivernale. Cependant au début de la période hivernal, le volume d'eau atteint 10 mille m^3 qui présente la période des basses eaux. De la même façon que la pluviométrie relativement importante dans cette saison a certainement influencé les valeurs du volume et donc le débit (Condaminés M, 2012). Donc cette valeur augmente immédiatement à la fin de période jusqu'à 13.5 mille m^3 qui présente la période des hautes eaux.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.2. Variabilité spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques



IV.2.1. Les valeurs du pH

Figure 41: Evolution du pH des eaux de la région d'étude(2019)

Les graphiques des valeurs de pH (Min et Max) de l'eau (Figure 41) varient de 7,59 à 8,27 au cours de l'étude. Ces valeurs restent dans les règles de l'OMS (pH 6,5 à 8,5). Il est clair que le pH diminue également lorsque la teneur en matière organique est élevée lorsque l'évaporation est importante (Meybeck et al., 1996) et augmente pendant les périodes de diminution des eaux. Le pH de la région d'étude (Oued, Barrage, canal) varie de 7,59 à 8,27 et ces valeurs sont inférieures à la norme pour une utilisation de l'irrigation (pH 5 à 9).

IV.2.2. Température

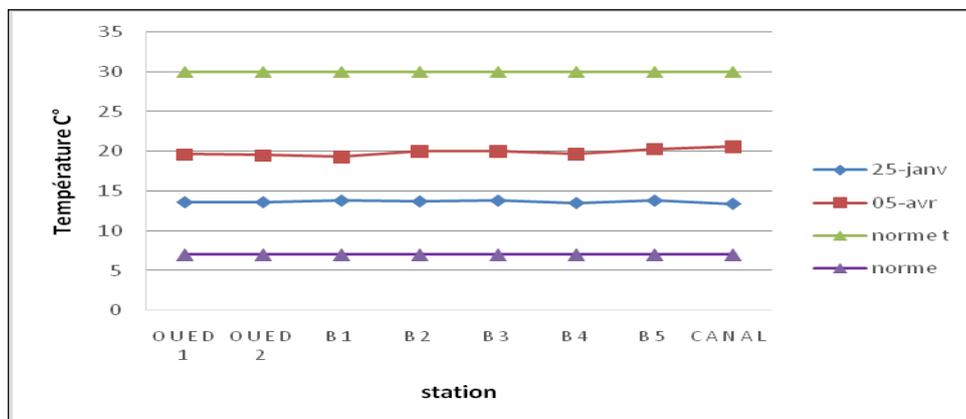


Figure 42: Evolution de la température des eaux de la région d'étude (2019).

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

La température de l'eau est un facteur important dans les différents milieux, car elle interagit avec toutes les interactions physiques, chimiques et biologiques (Chapman et al., 1996).

La représentation graphique présente la variation saisonnière qui montre que la température ne diffère pas significativement d'une station à l'autre dans les différents milieux (Oued, Barrage, Canal) pour les deux périodes d'étude. (Figure 42). Notez que l'eau dans les différents milieux ne dépasse pas les normes (7 et 30 C°).

IV.2.3. Conductivité électrique

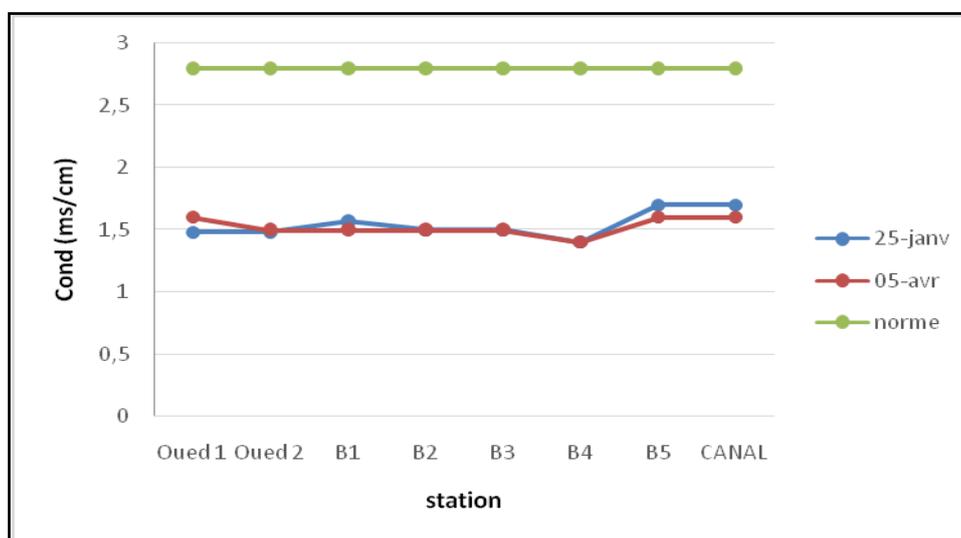


Figure 43: Evolution de la conductivité électrique des eaux de la région d'étude (2019)

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (**kherifi.2016**).

La représentation graphique (Figure 43) présente l'évolution spatiotemporelle des teneurs de conductivité au niveau des eaux dans les différents milieux (Oued, Barrage, canal) qui montre une variation légère d'une station à l'autre avec un minimum de 1,4 ms/cm et un maximum de 1,7 ms/cm dans la période des basses eaux. Et avec un minimum de 1,4 ms/cm et un maximum de 1,6 ms/cm dans la période des hautes eaux. Ces valeurs ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau potabilité (2,8 ms/cm).

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.2.4. Les valeurs de calcium

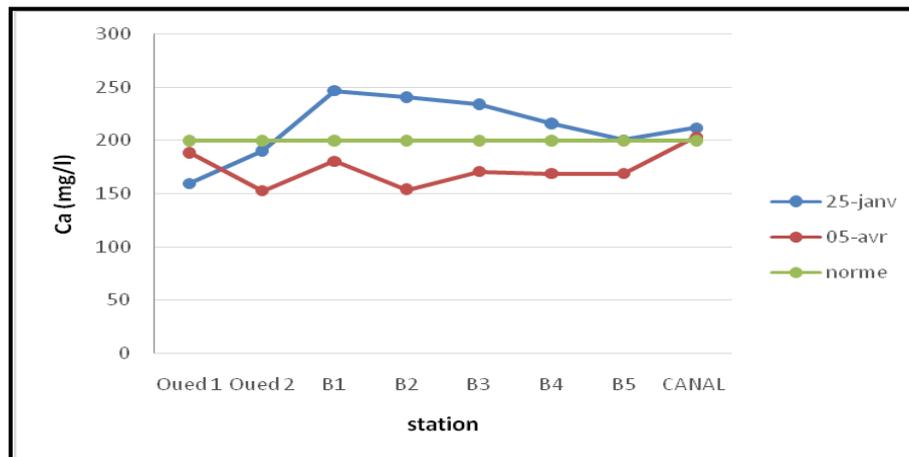
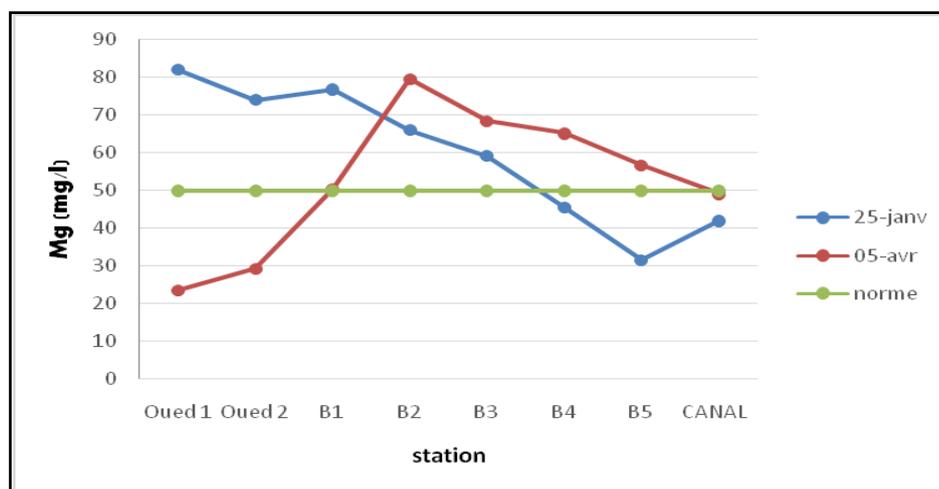


Figure 44: Evolution des teneurs calcium des eaux de la région d'étude (2019)

La représentation graphique (Figure 44) présente les variations des taux de calcium au niveau de l'eau dans les deux périodes d'étude. Dans les eaux du barrage et du canal, les valeurs de calcium présentent des valeurs peu importantes pendant la période des basses eaux (début de l'hiver), qui dépassent la norme de l'OMS (200 mg/l) par un maximum est de 246.67 mg/l où on assiste à une diminution du volume d'eau. Cependant, la représentation graphique indique que les valeurs de calcium dans la période des hautes eaux (la fin de la période de l'hiver) dans les eaux de différents milieux (Oued, Brage, canal) présentent un maximum est de 197 mg/l qui ne dépasse pas la norme de l'OMS de l'eau potable. Ceci s'explique que l'apport d'eau de pluie et le ruissellement peut jouer un rôle de dégradant la pollution par le fait de la dilution.

IV.2.5. Les valeurs de magnésium



CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

Figure 45: Evolution des teneurs de magnésium des eaux de la région d'étude (2019)

À titre de représentation graphique (Figure 45), on remarque une diminution des valeurs de magnésium dans la période des hautes eaux par rapport à la période des basses eaux au niveau de trajet Oued vers la station B5 par un maximum est de 30 mg / l et un maximum est de 82 mg / l , cette diminution de magnésium révèle une dilution au niveau du barrage qui est dépassent la valeur standard de l'OMS de l'eau potabilité (50 mg / l).

IV.2.6. Les valeurs des TAC

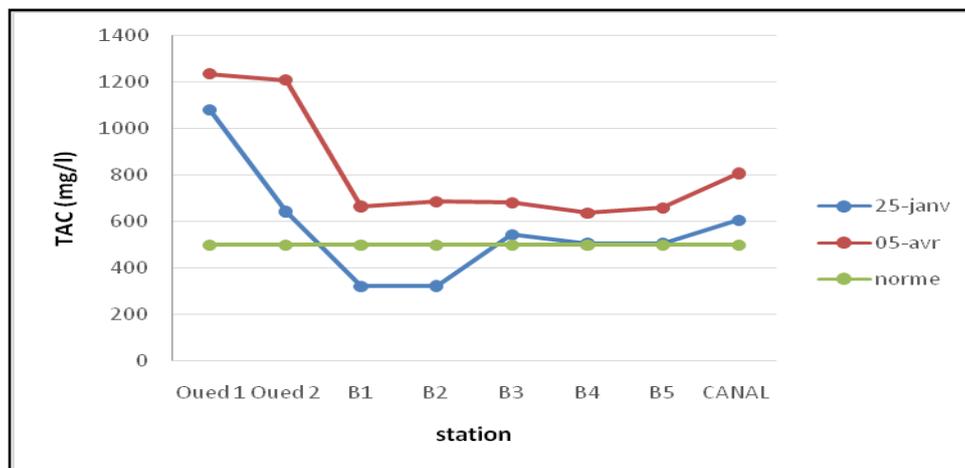


Figure 46: Evolution des teneurs de TAC des eaux de la région d'étude (2019).

La représentation graphique (figure 46) présente les valeurs de TAC dans les eaux de la région d'étude (Oued, Barrage, Canal). La figure indique un taux de bicarbonate faible dans la plus part des points d'eaux dans la période des basses eaux par rapport à la période des hautes eaux avec un minimum de (323,3 mg / l) et au maximum (1236 mg / L) et qui dépassent la norme de l'OMS (500 mg/l). Ceci est expliqué peut être par la nature de terrain et le lessivage du sol par le fait du ruissellement.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.2.7. Les valeurs de chlorure

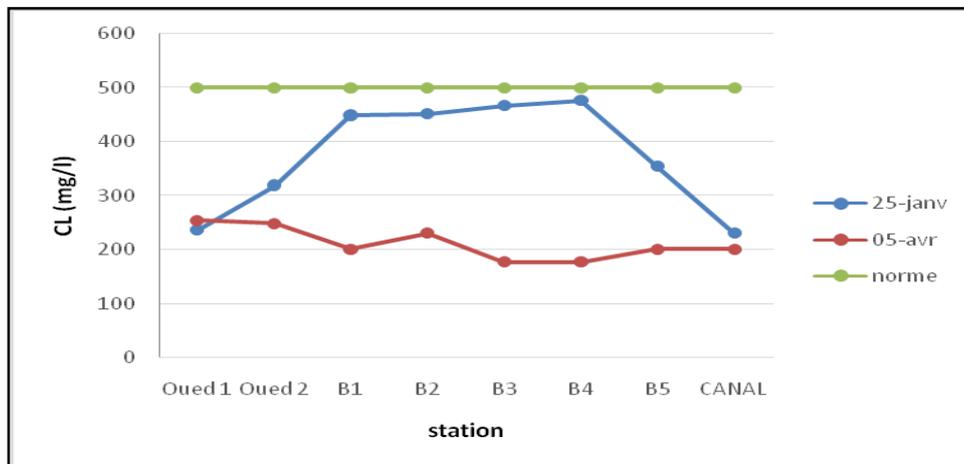


Figure 47: Evolution des teneurs de chlorure des eaux de la région d'étude(2019)

La figure (47) représente l'histogramme des variations des valeurs de chlorure dans les eaux de la région d'étude (Oued, Barrage, Canal). Le suivi de l'évolution de la concentration à travers le trajet du cours d'eau montre une légère variation par un minimum de (177.25 mg/l) à un maximum de (254.1 mg/l) durant la période des hautes eaux. Cependant les valeurs de chlorure dans les eaux de la zone d'étude sont fortement différentes durant la période des basses eaux, avec un minimum de (230.43 mg/l) et un maximum de (476.45 mg/l). Les valeurs de chlorure sont plus élevées durant la période des basses eaux par rapport à la période des hautes eaux. Ceci est expliqué par le phénomène conjugué concentration - dilution (**Guasmi, 2009**). Ces valeurs dans les deux périodes ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau (500 mg/l).

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.2.8. Les valeurs de potassium

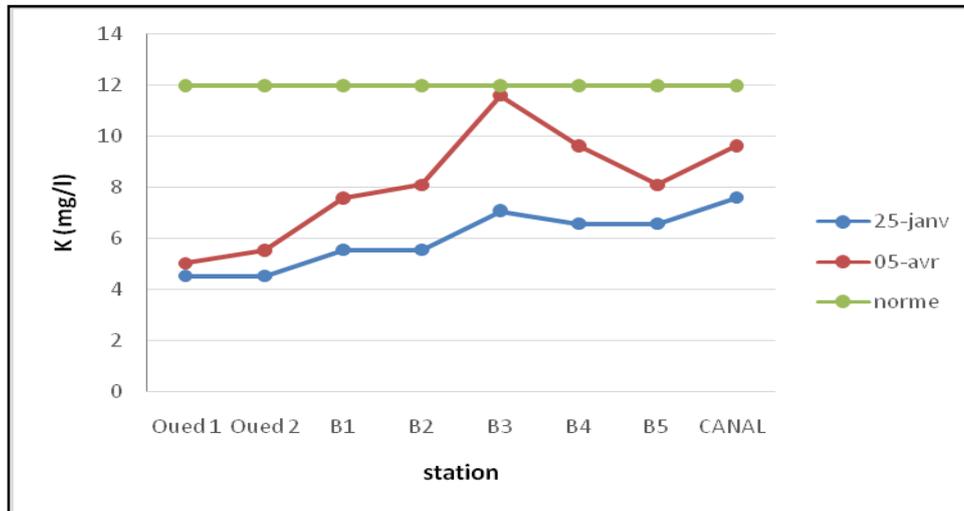


Figure 48: Evolution des teneurs de potassium des eaux de la région d'étude (2019)

La figure (48) représente l'histogramme des variations des valeurs de potassium dans les eaux de la région d'étude (Oued, Barrage). Cette figure montre une variation croissante durant les deux périodes d'étude d'un minimum de (4.54 mg/l) et un maximum de (7.6 mg/l) durant la période des basses eaux, et un minimum de (5.05 mg/l) et un maximum de (11.6 mg/l) durant la période des hautes eaux. Les valeurs de potassium sont plus élevées durant la période des hautes eaux par rapport à la période des basses eaux. Ceci est expliqué peut être par la nature de terrain et le lessivage du sol par le fait du ruissellement. Ces valeurs dans les deux périodes ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau (12 mg/l).

IV.2.9. Les valeurs de sodium

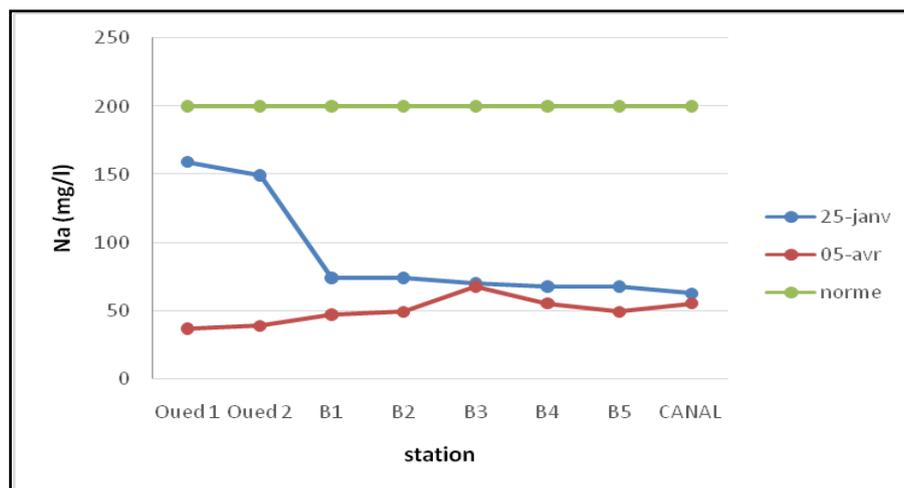


Figure 49: Evolution des teneurs de sodium des eaux de la région d'étude (2019)

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

L'histogramme de la figure (49) représente le suivi de l'évolution de la concentration du sodium a travers le trajet du cours d'eau de la région d'étude (Oued, Barrage, Canal). Cette figure montre une légère variation durant la période des hautes eaux par un minimum de (36,88 mg/l) et un maximum de (67,78 mg/l), et durant la période des basses eaux par un minimum de 62,72 mg/l) et un maximum de (169,44 mg/l). Les valeurs de sodium sont plus élevées durant la période des basses eaux par rapport à la période des hautes eaux. Ceci est expliqué par le phénomène de la dilution. Ces valeurs dans les deux périodes ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau qui représente (200 mg/l).

IV.2.10. Les valeurs de sulfate

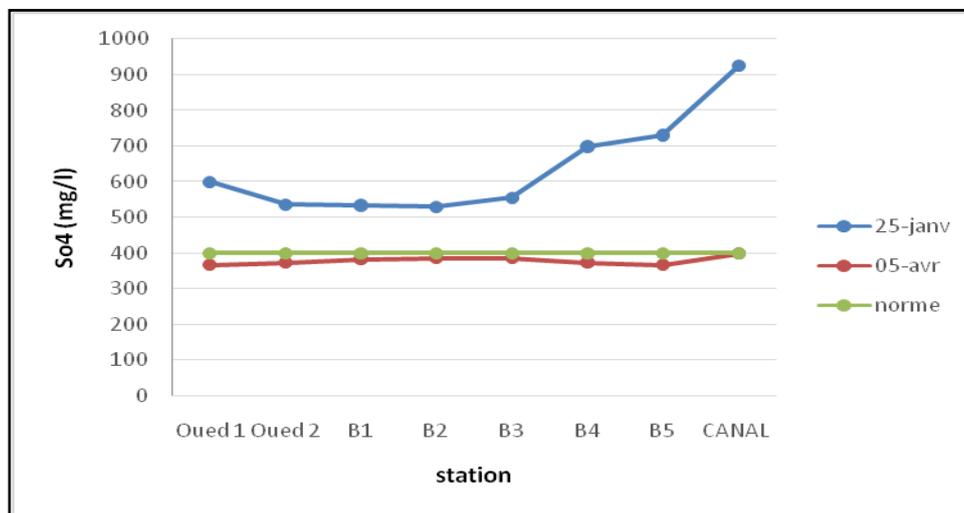


Figure 50: Evolution des teneurs de sulfates des eaux de la région d'étude (2019)

La figure (50) représente l'évolution spatiotemporelle des valeurs de chlorure dans les eaux de la région d'étude (Oued, Barrage, Canal) qui montre une légère variation d'un minimum de (367,3 mg/ l) avec un maximum de (398.91 mg/l) durant la période des hautes eaux. Ces valeurs dans cette ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau (400 mg/l). Cependant la variation spatiale des valeurs de chlorure dans les eaux de la zone d'étude (Oued, Barrage, Canal) sont fortement différentes durant la période des basses eaux, avec un minimum de (530,91 mg/ l) avec un maximum de (923,64 mg/l). Ces valeurs dépassent la norme de l'OMS en matière d'eau potable (400 mg / l). Ceci est expliqué par le phénomène de la dilution.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.3. 2. Etude de l'évolution spatiale des paramètres des métaux lourds

IV.3. 2.1.Variation de Fer

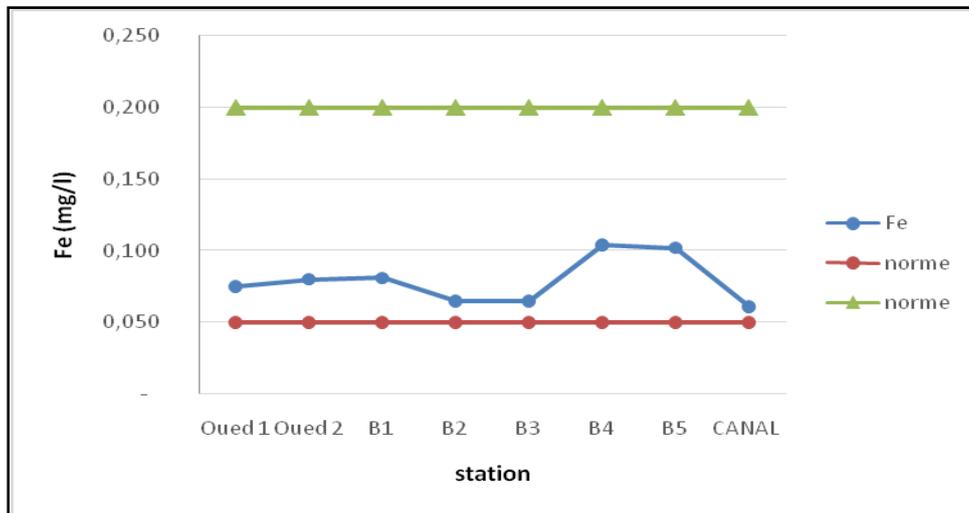


Figure 51: Evolution spatiale des teneurs Fer des eaux de la région d'étude
(05 Avril 2019)

La représentation graphique (figure 51) présente l'évolution spatiale des teneurs de fer au niveau des eaux de la zone d'étude(Oued , Barrage , canal) avec un minimum de (0.061 mg/l) et un maximum de (0,104 mg/l) pendant la période d'étude qui est respecte la norme de l'OMS délimitée entre 0,05mg/l et 0.2 mg/l(Figure 51),

IV.3.2 .2.Variation de Zinc

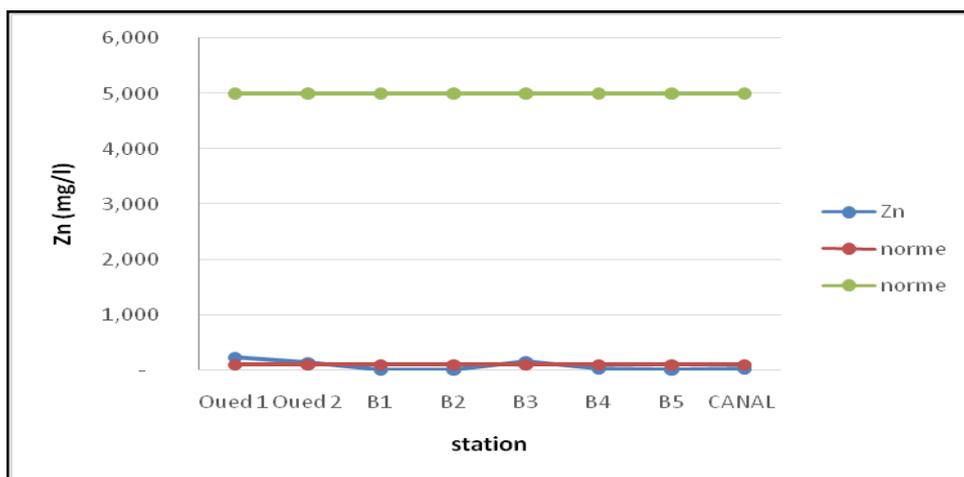


Figure 52: Evolution spatiale des teneurs Zinc des eaux de la région d'étude
(05 Avril 2019)

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

La représentation graphique (figure 52) représente l'évolution spatiale des teneurs de Zinc au niveau des eaux de la zone d'étude (Oued, Barrage, canal) qui montre une variation légère d'une station à l'autre avec un minimum de (0,002 mg/l) et un maximum de (0,230 mg/l) pendant la période d'étude qui respecte la norme de l'OMS délimitée entre 5mg/l et 0.1 mg/l.

IV.3.2. 3.Variation de plomb

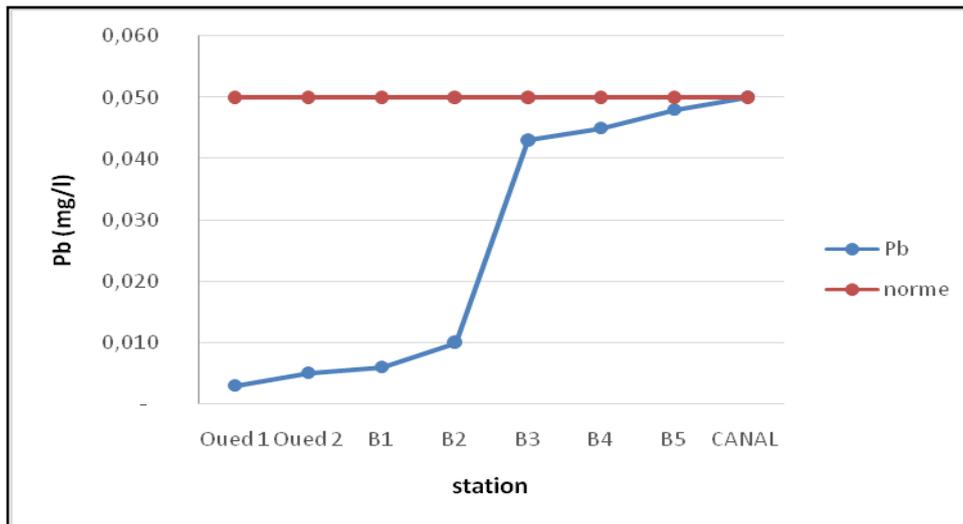


Figure 53: Evolution spatiale des teneurs en plomb des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019).

La représentation graphique (figure 53) représente l'évolution spatiale des teneurs de plomb au niveau des eaux de la zone d'étude (Oued, Barrage, canal) avec un minimum de (0,003 mg/l) et un maximum de (0,050 mg/l) pendant la période d'étude qui respecte la norme de l'OMS délimitée entre 0,05mg/l.

IV.3.2. 4.Variation du cuivre

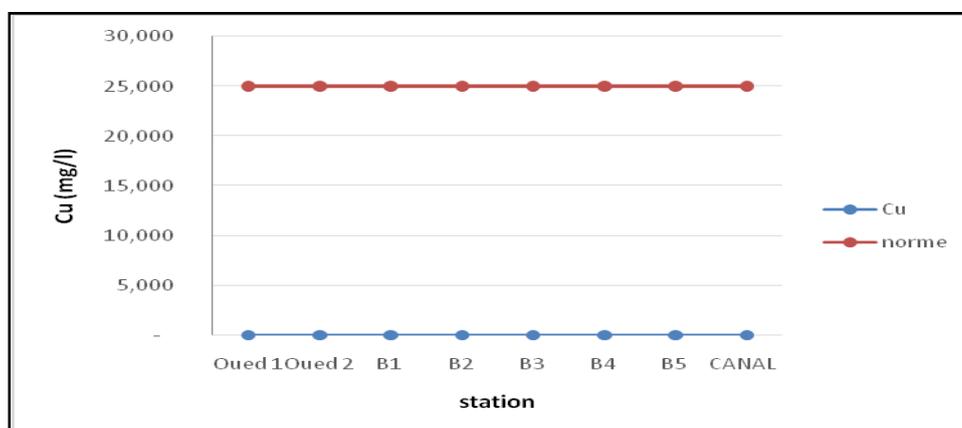


Figure 54: Evolution spatiale des teneurs en cuivre des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019)

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

La représentation graphique (figure 54) représente l'évolution spatiale des teneurs du cuivre au niveau des eaux de la zone d'étude (Oued, Barrage, canal) qui montre des valeurs très faibles entre 0 mg/l et 0.006 mg/l qui est respecte la norme de l'OMS délimitée entre 0,25 mg/l.

IV.4. Facies chimiques des eaux de la zone d'étude

La représentation des données physico-chimiques des eaux de surface de la zone d'étude sur le diagramme Piper permet de préciser le faciès de l'eau et de déterminer leur origine naturelle ou anthropique (Drever, 1997 ; Debieche, 2002 ; Rouabhia, 2006 ; Maoui, 2007).

IV.4.1. Représentation graphique des faciès chimique des eaux par le diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est un mode de représentation graphique permettant de caractériser le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau, l'évolution des éléments chimiques ainsi que leur genèse (Piper, 1944) par des anions et des cations sur deux triangles spécifiques. Les côtés des triangles, témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite). Le traitement des données durant la période des basses eaux et hautes eaux sur le logiciel DIAGRAMME à retiré les diagrammes suivants :

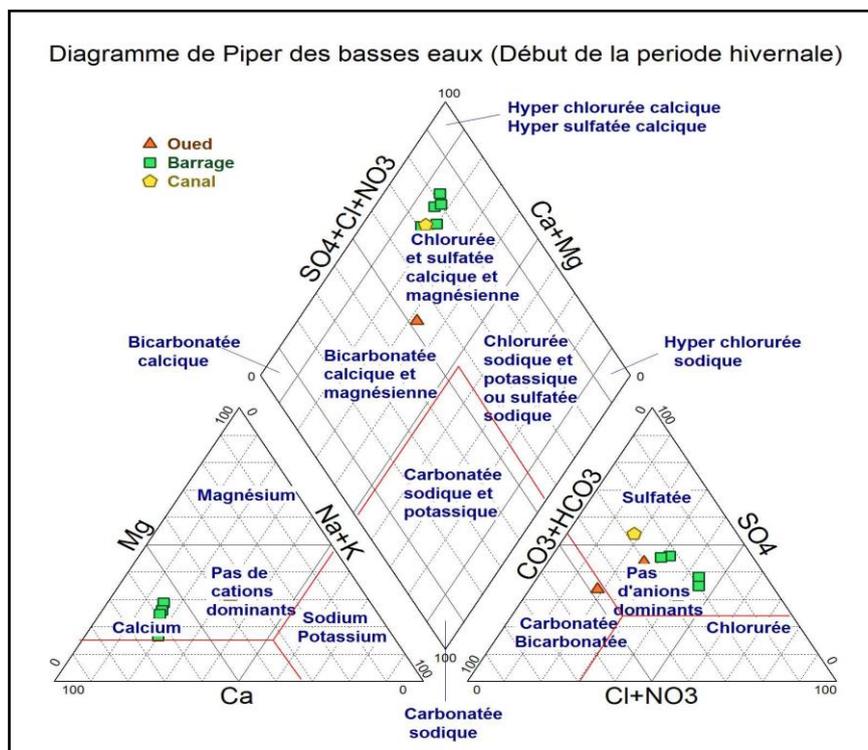


Figure 55: Diagramme de Piper des eaux de la région d'étude (Basses eaux 2019)

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

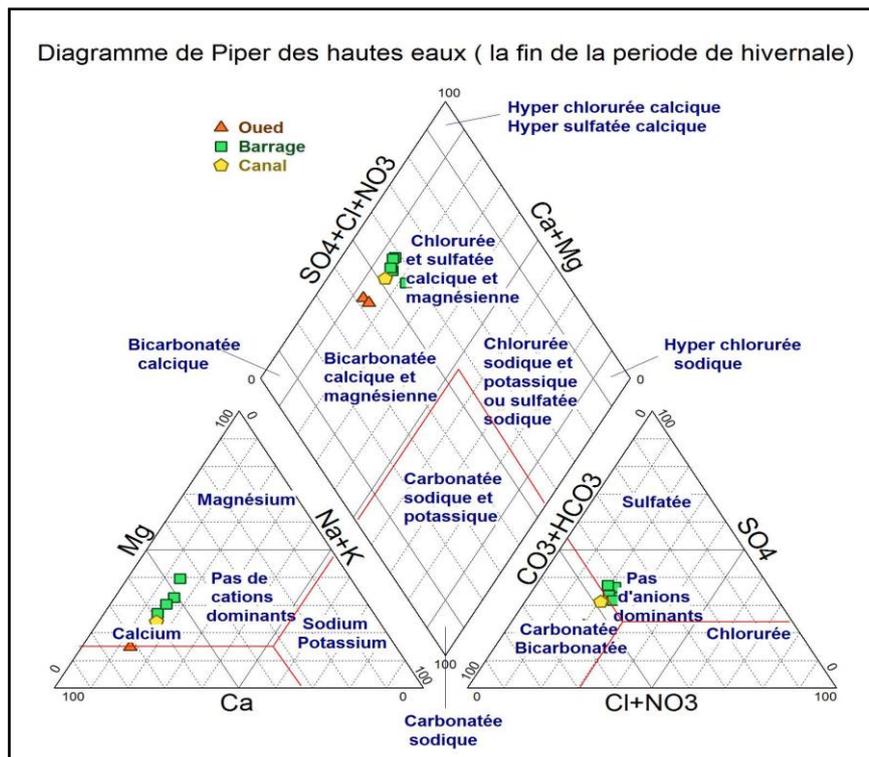
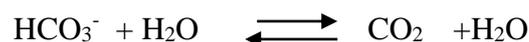


Figure 56: Diagramme de Piper des eaux de la région d'étude (Hautes eaux 2019)

Selon les diagrammes dans les figures (55 et 56) on peut déduire que les eaux de surface dans différentes stations étudiées ne présentent pas les mêmes aspects dans l'espace et dans le temps au niveau des caractéristiques hydro-chimiques des eaux de la région d'étude .

Les résultats d'analyses sur les diagrammes de Piper dans les deux périodes montrent que:

- Les eaux des Oueds sont bicarbonatées et calciques et magnésiennes pendant les deux périodes d'étude (Hautes eaux, Basses eaux). Les bicarbonatée pourrait être attribué aux rejets anthropiques et des effluents d'élevages, qui entraînent le phénomène de photosynthèse intense qui provoque l'augmentation des concentrations en ions HCO_3 , ou ceci est expliqué peut être par la nature de terrain et le lessivage du sol par le fait du ruissellement. Ainsi que le calcium provient du lessivage des formations salifères gypseuse, alors que le magnésium et calciques en partie provient des argiles.



Les eaux de barrage et canal sont Chlorurées et sulfatées calciques magnésiennes pendant les deux périodes d'étude (Hautes et Basses eaux). L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité du sol. La présence des

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

ions de sulfate dans l'eau est liée toujours aux formations gypseuses ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et pourrait être attribué aux rejets des effluents d'élevages.

IV.4.2. Représentation graphique par le diagramme de Schoeller Berkaloff

Le diagramme de Schoeller Berkalov permet de représenter le facies chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de facies chimique est mis en évidence.

Le renvoi des résultats de nos analyses sur le diagramme de Scholler Berkaloff (Figure 57 et 58) dans les deux périodes d'étude permet de comparer la composition chimique des solutions provenant de différentes origines. Sur ce dernier les courbes ont la même allure et montrent deux familles distinctes, confirmant les résultats observés sur le diagramme Piper.

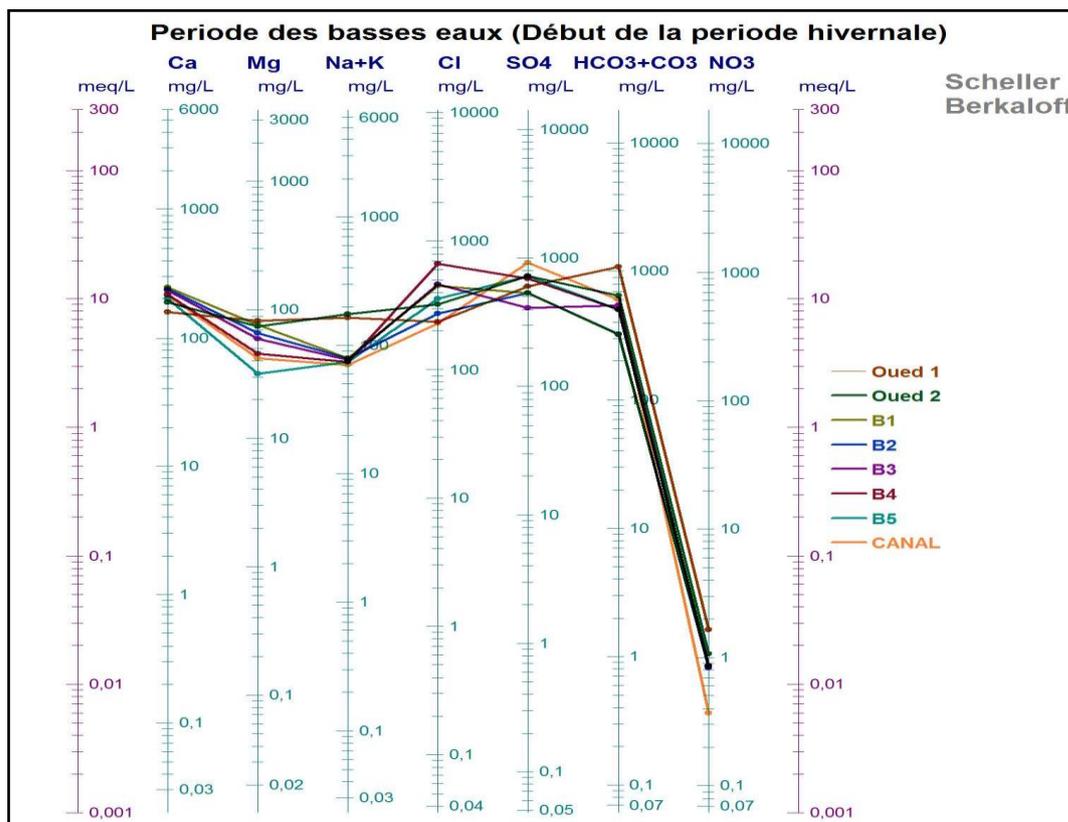


Figure 57 : Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux pour les échantillons de la région d'étude (Basses eaux en 2019).

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

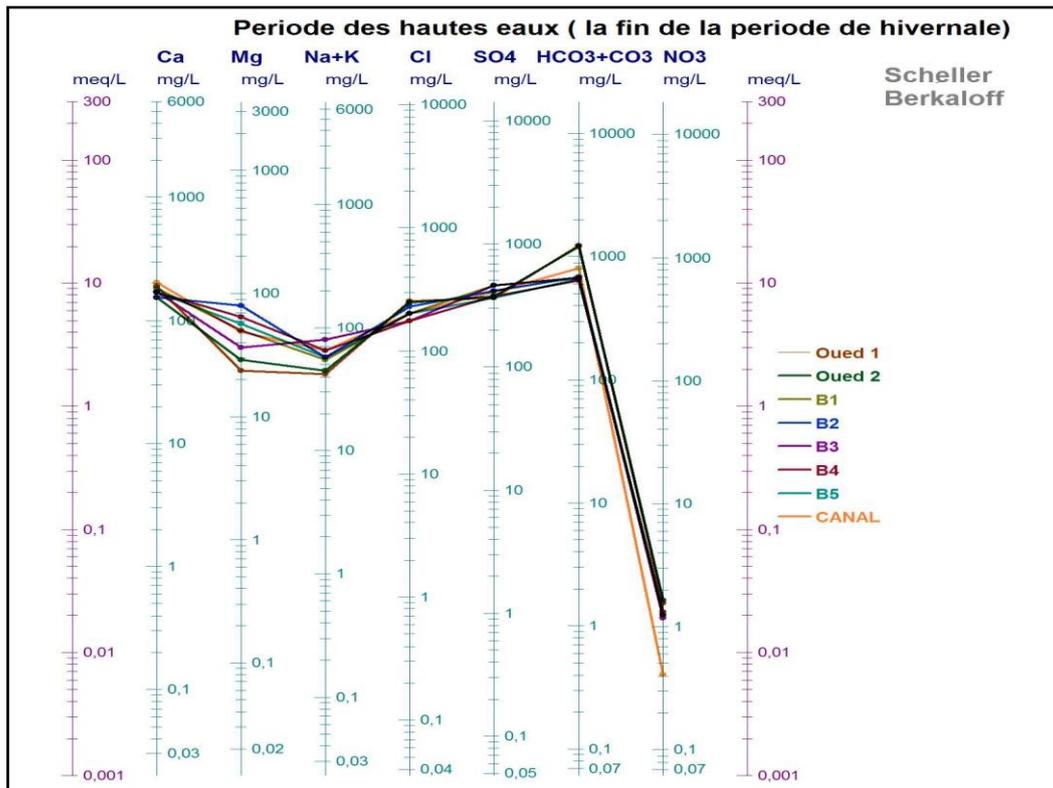


Figure 58 :Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux pour les échantillons de la région d'étude (Hautes eaux en 2019).

Le tableau 11 montre la dominance des éléments pour chaque source : Oued, Barrage et Canal, ce tableau résume le diagramme de Schoeler Berkaloff pendant les deux périodes d'étude (Hautes et basses eaux) :

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

Tableau 11: Dominance des éléments pour chaque source étudiés : le Oued, le Barrage et Canal
(Période des basses et hautes eaux 2019)

Période d'étude	Sources	Dominance chimique
Période des basses eaux	Oueds	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Mg}^{2+}$ (Bicarbonatée calcique et sodique)
	Barrage	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (Chlorure calcique et magnésienne)
	Canal	$\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (sulfatée calcique et magnésienne)
Période des hautes eaux	Oueds	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (Bicarbonate calcique et magnésienne)
	Barrage	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (Bicarbonatée calcique et magnésienne)
	Canal	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (Bicarbonatée calcique et magnésienne)

Les graphes de Schoeller, tracés en différentes périodes montrent que les éléments dominants dans les eaux de surface de la région (Oued ,Barrage et Canal) dans différentes stations étudiées présentent une grande dissemblance dans l'espace et dans le temps au niveau des caractéristiques hydro chimiques des eaux .

IV.4.3. Classification des eaux d'irrigation selon la méthode de Riverside

La concentration des ions Na^+ à l'état soluble dans le sol est importante, ces ions remplacent le plus fréquemment les cations Ca^{+2} (échange de base) dans le complexe absorbant. Une eau chargée en sels peut provoquer cette action. Ce risque est déterminé à l'aide de la valeur du sodium absorbable (Sodium Absorption Ratio, SAR). Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Le SAR est défini par la relation suivante:

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

$$SAR = \frac{Na^+ + K^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2}}$$

Tous les ions sont exprimés en méq/l.

Il a été établi par l'U.S Département d'agriculture, une classification des eaux selon les valeurs du SAR :

Tableau 12 : Classement selon le SAR

SAR	Risque
<10	faible
10<SAR<18	moyen
18<SAR<26	élevé
>26	Très élevé

Source : <http://hydram.epfl.ch/docs/Irrigation-basic.pdf>

Une classification plus détaillée des eaux destinées à l'irrigation a été établie par **M Louvier ;(1976)**.

Tableau 13 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR
(**M Louvier ;1976-B.R.G.M**).

Degré	Qualité	Classe	Possibilité d'utilisation
1	Excellente	C1S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures.
2	Bonne	C2S1-C2S2	En générale, c'est une eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plants moyennement tolérants aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.
3	Admissible	C2S3-C3S1-C3S2	En générale, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes aux sels sur les sols drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4	Médiocre	C3S3-C4S1-C4S2	En générale, eau fortement minéralisée pouvant convenir à certaines espèces bien tolérantes aux sels sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C4S3-C4S4-C3S4	Eau ne convenant pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certain conditions.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

D'après les valeurs concernant le SAR, on constate que la proportion du sodium adsorbée est inférieure à 2 méq/l pendant les deux périodes d'étude, ce qui affirme un très faible apport du sodium à la solution du sol selon la classification du SAR (Tableau 13).

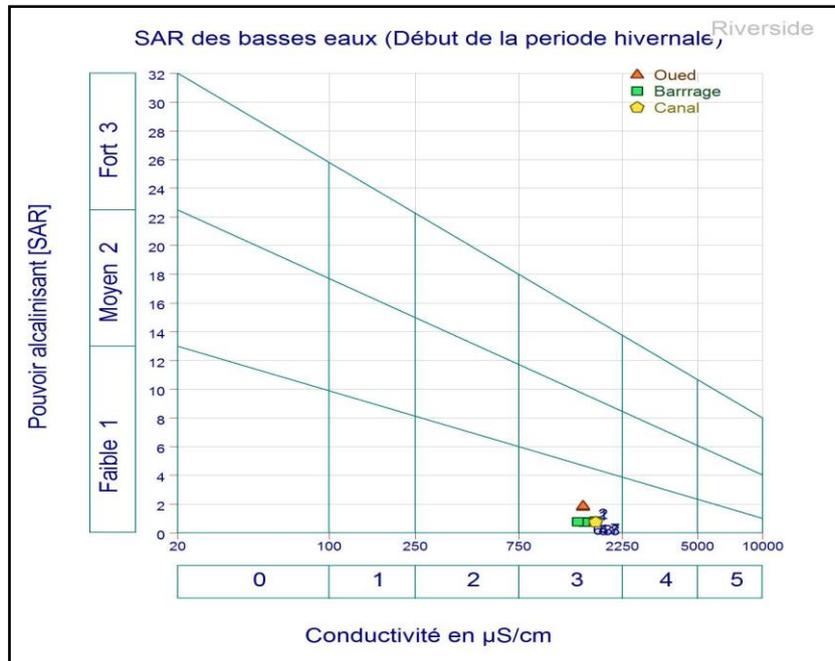


Figure 59 :Diagramme de Riverside des eaux la région d'étude (Oued , Barrage , canal)(Basses eaux 2019)

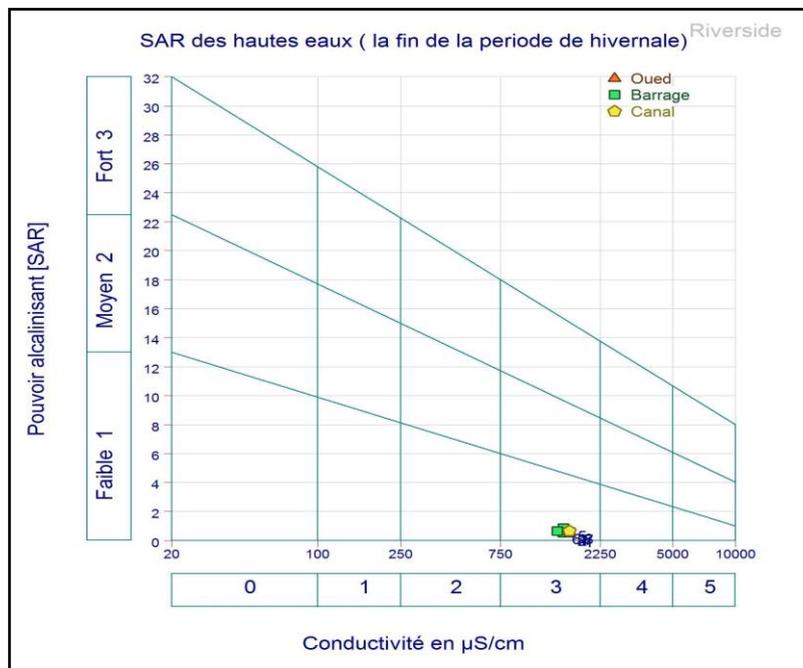


Figure 60: Diagramme de Riverside des eaux la région d'étude (Oued, Barrage , canal)
(Hautes eaux 2019)

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

Tous les points d'eau sont reportés sur le diagramme de Riverside (Richards, 1954), selon la conductivité électrique et la valeur de SAR (Figures 59 et 60), montre que dans les deux périodes d'étude (Basses et hautes eaux) présente la classe (3-1) qui désigne les eaux admissibles pour l'irrigation des cultures.

On constate que la qualité des eaux de la région d'étude, selon la méthode de Riverside présente un faible danger d'alcalinisation et pourraient être utilisées en irrigation. La comparaison des deux périodes de répartition du SAR a montré une distribution semblable des classes d'aptitude à l'irrigation.

IV.3. Analyse statistique des données des eaux de la région d'étude

IV.3.1. Méthode de traitement des données des eaux de la région d'étude

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres étudiés et pour mieux évaluer l'effet des différentes activités sur la qualité des eaux superficielles, une analyse en composante principale (ACP) (Davis, 1984) a été réalisée sur des variables centrées réduites à l'aide du logiciel XLSTAT. Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydro-chimiques (Fekhaoui, 1990; Bennasser, 1997; EL Amrani-Pazza et al.1994; Ezzaouaq, 1991; Jadal, 2002; El Blidi et al, 2006 ; El Morhit et al, 2008).

Les données portent sur l'ensemble des huit (08) stations des eaux de la zone d'étude (Oueds, Barrage et Canal) durant la période de hautes eaux (05 Avril 2019). Sept (07) variables ont été traitées, à savoir les paramètres ions et cations dominants (Cl^- , Ca^{2+} , HCO_3^-) et les métaux lourds (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+}).

IV.3.2. Analyse en composante principale des eaux de la région d'étude

L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) pour l'étude globale des eaux permet une différenciation sur leurs particularités physique, chimiques et organique et une détermination de leurs variations d'ensemble (facteurs) suivant les axes principaux et surtout une caractérisation des différents pôles d'acquisition de la minéralisation.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.3.2.1. Projection des variables sur le plan factoriel (F1, F2)

L'observation du cercle de corrélation (Figure 61) formé par les axes F1 –F2 , l'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 64,66% sont exprimés. L'axe F1 possède une variance de 39.22 % et l'axe F2 a une variance de 25,44 %.

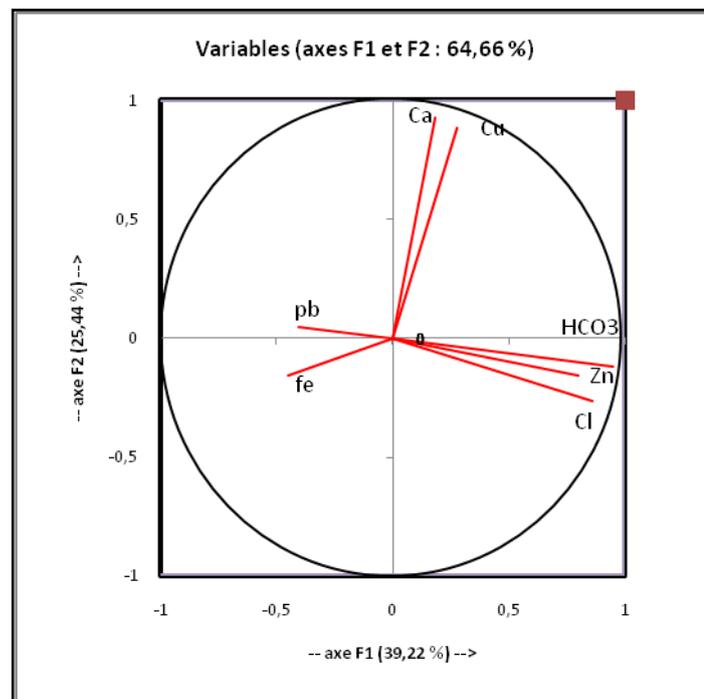


Figure 61 : Projection des paramètres sur le plan factoriel (F1 et F2)

L'axe F1 est exprimé par le chlorure, Bicarbonate et le Zinc, dans le pôle positif. Le Plomb et le Fer dans le pôle négatif. L'axe F2 est constitué par le calcium et le cuivre dans le pôle positif.

D'après la représentation graphique (Figure 61) on constate que les différents variables dans les trois milieux étudiés ont été corrélées entre elle tandis que :

- Des corrélations positives hautement significatives ont été observées entre les éléments des sels (Cl^- , HCO_3^-) avec le variable de métaux lourd (Zn^{2+}) et la conductivité électrique (CE).
- De fortes corrélations positives entre les variables (Pb^{2+} , Fe^{2+})
- Des corrélations positives hautement significatives ont été observées entre les variables (Ca^{2+} , Cu^{2+}).

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.3.2.2. Projection des individus sur le plan factoriel (F1, F2)

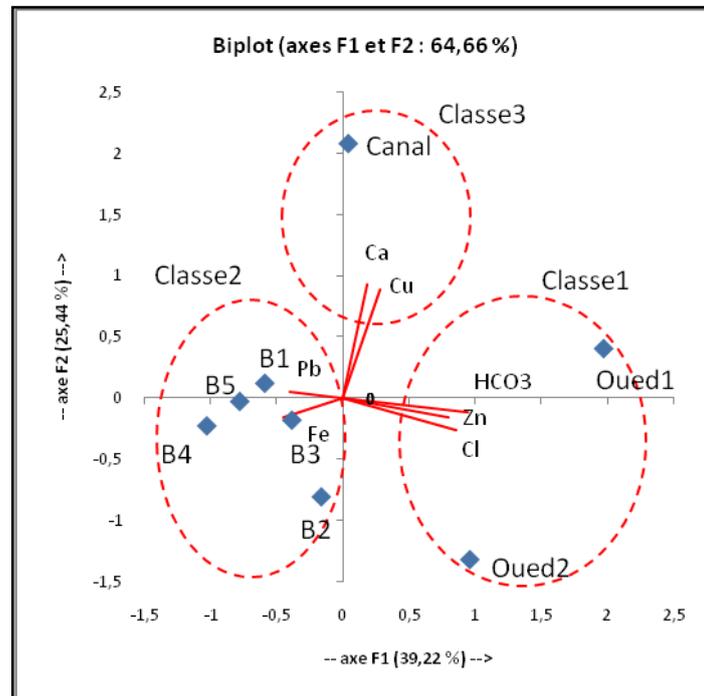


Figure 62 : La représentation graphique des stations sur le plan factoriel (F1, F2)

La représentation graphique des individus (Figure 62) permet de distinguer également trois groupes :

- Le premier groupe formé par les variables prend en compte les deux stations Oued 1 et 2 qui représentent les points dont la qualité de l'eau est chargée en (Cl, HCO₃⁻ et Zn) est faiblement par le Pb et Fe. Les hautes teneurs en sels minéraux, montre la concentration des paramètres et le lessivage du sol par le fait du ruissellement dans l'Oued durant la période des hautes eaux.
- La deuxième classe contient uniquement les eaux de Barrage (les stations B1 jusqu'à B5) qui représentent les points dont la qualité de l'eau est chargée en (Pb et Fe) est faiblement minéralisée par le (Ca et HCO₃⁻). Ceci est expliqué par la dilution des eaux dans le barrage qui est alimenté par les eaux d'Oued El Abiod et les eaux de pluie.
- La troisième classe contient les eaux du canal qui présentent les points dont la qualité de l'eau est exprimée par (Ca²⁺, Cu). Les hautes teneurs en sels minéraux, montre la concentration dans le canal durant la période des hautes eaux.

CHAPITRE IV: PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LES EAUX DU BARRAGE FOUM EL-KHARZA

IV.6. Conclusion

L'évolution spatio-temporelle des densités moyennes des paramètres physico-chimiques et les traces des métaux lourds ont montré également une variabilité spatio-temporelle dans la majorité des paramètres. Cette variabilité a été remarquée dans les trois milieux différents (Oued, Barrage et Canal) et ces valeurs dans les deux périodes ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau (2006). Sauf certains paramètres des sels (Bicarbonate, magnésium, calcium et le sulfate) dans les eaux du Barrage dépassent la norme notamment durant la période des basses eaux.

Les résultats d'analyses sur les diagrammes de Piper dans les deux périodes d'étude (basses et hautes eaux) montrent que les eaux des Oueds sont bicarbonatées et calciques et magnésiennes et les eaux de barrage et canal sont chlorurées et sulfatées calciques magnésiennes.

L'évaluation de l'état de la qualité des eaux de la région d'étude en vue d'un usage agricole a révélé que les eaux représentent une qualité admissible et faible danger d'alcalinisation, d'où la possibilité de leur utilisation pour l'irrigation.

L'analyse composante principale des données montre que les différentes variables (sels et métaux lourds) dans les trois milieux étudiés ont été corrélées entre elles. On constate aussi que les eaux des deux stations des Oueds (1 et 2) représentent les points dont la qualité de l'eau est chargée en (Cl^- , HCO_3^- et Zn^{2+}) est faiblement par le Pb et Fe et les eaux de Barrage (les stations B1 jusqu'à B5) représentent les points dont la qualité de l'eau est chargée en (Pb^{2+} , Fe^{2+}) est faiblement minéralisée par le (Ca^+ et HCO_3^-) ainsi que les eaux du canal présentent les points dont la qualité de l'eau est exprimée par (Ca^{2+} , Cu^{2+}).

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La wilaya de Biskra se situe au Nord-Est du Sahara Septentrional, au Sud – Est de l'Algérie aux portes du Sahara. Le climat de cette région, est de type hyperaride du fait que les précipitations est faible et des températures moyennes assez élevées et une sécheresse estivale très prononcée et très longue.

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente un pays de transition structurale et sédimentaire, allant du Barrémien à la base jusqu'au Quaternaire au sommet et l'hydrogéologie de cette région se caractérise par la présence de quatre niveaux aquifères (Les nappes phréatique, sables, calcaires et le Continental Intercalaire).

Les eaux souterraines de la wilaya du Biskra ont connu une surexploitation du fait d'une prolifération de forages, notamment à cause du développement accéléré hydro-agricole dans la région ces dernières années. Cependant la wilaya possède également d'appréciables potentialités en eau de surface par le Barrage de Foum El Gherza. Cette ressource appartient au bassin versant de Chott Melghir.

Les problèmes de pollution de ces eaux constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. La pollution des eaux a un impact cumulatif toxique en agriculture et donc dangereux pour la santé. Une eau polluée pourrait être à l'origine de graves maladies à l'exemple des dysenteries, la fièvre typhoïde, l'hépatite « A » dans cette région d'étude. Dans notre étude, on remarque que l'évolution annuelle des MTH de la région de Biskra indique une diminution notable de ce type de maladies depuis une décennie (16 années). Cependant, nos résultats statistiques de l'évolution mensuelle de ces maladies hydriques (la typhoïde, la dysenterie, l'hépatite « A ») durant la période d'étude (2000-2015) montre que ces maladies augmentent dans la période estivale par rapport à la période hivernal.

Le mode d'échantillonnage et les techniques expérimentales sont réalisés durant les deux mois (Janvier et Avril). Des analyses physico-chimiques et des métaux lourds ont été effectués au laboratoire (CRSTRA) pour les eaux d'Oued, barrage et canal in situ et par différentes méthodes de dosage en utilisant les catalogues de l'appareillage. Ainsi que la méthode de traitement des résultats des analyses de ces eaux est traitée par des outils informatiques représentés par les logiciels d'hydrochimie et statistique «Excel, DIAGRAM, XL Stat».

L'interprétation des données montre que l'évolution spatio-temporelle des densités moyennes des paramètres physico-chimiques et les métaux lourds ont montré également une variabilité dans la majorité des paramètres. Cette variabilité a été remarquée dans les trois milieux différents (Oued, Barrage et Canal) et ces valeurs dans les deux périodes ne dépassent pas la norme de l'OMS de l'eau (2006). Sauf certains paramètres des sels (Bicarbonate, magnésium, calcium et le sulfate) dans les eaux du Barrage dépassent la norme notamment durant la période des basses.

Conclusion Générale

Les résultats d'analyses sur les diagrammes de Piper dans les deux périodes d'étude (basses et hautes eaux) montrent que les eaux des Oueds sont bicarbonatées et calciques et magnésiennes et les eaux de barrage et canal sont Chlorurées et sulfatées calciques magnésiennes.

L'évaluation de l'état de la qualité des eaux de la région d'étude en vue d'un usage agricole a révélé que les eaux représentent une qualité admissible et faible danger d'alcalinisation, d'où la possibilité de leur utilisation pour l'irrigation.

L'analyse composante principale des données montre que les différentes variables (sels et métaux lourds) dans les trois milieux étudiés ont été corrélées entre elles. On constate aussi que les eaux des deux stations des Oueds (1 et 2) représentent les points dont la qualité de l'eau est fortement chargée en (Cl^- , HCO_3^- et Zn^{2+}) et est faiblement chargée par le Pb et Fe et les eaux de Barrage (les stations B1 jusqu'à B5) représentent les points dont la qualité de l'eau est chargée en (Pb^{2+} , Fe^{2+}) est faiblement minéralisée par le (Ca^+ et HCO_3^-) ainsi que les eaux du canal présentent les points dont la qualité de l'eau est exprimée par (Ca^{2+} , Cu^{2+}).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **A**BHS, 2012 agence de bassin hydrographique du sahara.
- ABHS, 2005 agence de bassin hydrographique du sahara.
- Adapté de Gousskov, 1952) Le barrage de Foug El Gherza. Eléments de technologie des barrages Algériens. XIX Congrès géologique international. Alger pp 259-269.
- Admissible et chimiodéfense Pollution and agricultural practices. Two concepts.
- A.D.E) algérienne des eaux.
- Acceptable daily intake and chemio-defence. (2000). Comptes Rendus de l'Académie.
- A.N.A.T (2003) La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires - Normandie-Editions Hachette livre-2003.
- André Rico . Pollutions et pratiques agricoles. Deux concepts : dose journalière.
- ANAT;2003) nationala l'aménagement du territoire.
- A.N.A.T (2006)). (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) Monographie de wilaya de Biskra. 2006, Algérie. 256p A.N.A.T,2009; agence nationala l'aménagement du territoire.
- A.N.D.I, 2013; agence nationala de développement del'investissement.
- ANIRF) agence nationala d'intermédiation et de régulation foncière.
- ANRH, 2008). Inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra (2008), rapport.
- (ANRH, 2010). Inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra (2010), rapport.
- **B**EN ABED ERRAHMANE MEBARKA ,2013,Mémoire de Master II, Essai d'amélioration de la qualité des eaux distribuées dans la ville de Biskra, Université Mohamed Khider – Biskra.).
- Benzinia 2003 mémoire de fin d'étude, Tiaret 103p .
- BOUAMMAR, 2010). Le développement agricole dans les régions Sahariennes, Etude de cas de la région d'Ouargla et de la région de Biskra (2006-2008). Thèse de Doctorat en Sciences économiques, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- Boudjema A, 2015. Hydrogéologie, vulnérabilité et modélisation de la nappe du Mio-Pliocène d'El Outaya, (Biskra, Sud-Est algérien). Thèse Doctorat de l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie, 151p + annexes .
- BOUKERROUCHA Aicha ,2011 ,(modélisation des stations d'épuration a boues activées cas de la station de baraki (alger) , mémoire magister ENSA alger).
- Boumessenegh A., 2007. Les inondations dans la ville de BISKRA, Causes et Impacts(Algérie). Mémoire Magistère de l'Université de El Hadj Lakhdar-Batna, Algérie, 202 p.
- Bouraoui S et al , 2017, Evolution de la qualité physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées de la STEP d'El-Kala dans différents stades de traitement (Nord –est Algérien), mémoire master II, Université Badji Mokhtar Annaba.)
- **C**habour, 2006). La remontée des eaux dans les régions du Sud : une solution le lagunage. Journée d'étude sur les applications des données géologiques et géotechniques aux plans d'aménagement. Univ. Constantine.

Références bibliographiques

- CHEBBAH ,2007). Lithostratigraphie, Sédimentologie et Modèles de Bassin des dépôts néogène de la région de Biskra, de part et d'autre de l'accident Sud Atlasique (Ziban, Algérie). Thèse de doctorat d'état en Géologie, de l'Université mentouri, 417 p.
- Chapman et al., 1996) Chapman D., Kimstach V. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed., E & FN Spon, London, 59-126PP.
- **D**.D.A.S.S. : D.R.A.S.S. d'Ile de France - Service Santé Environnement septembre2000 article 1 et 2.
- Debieche, 2002 :Debieche Taha-Hocine, 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien ; Thèse de doctorat en Hydrogéologie et Environnement. université de Franche-Comté,235 P.
- D.P.AT,2016 :direction de planification et d'aménagement du territoire Monographie da la wilaya de Biskra. Ed. Wilaya de Biskra.
- Drever,J.I ,1997.The geochemistry of natural water3rdED.Upper Saddle River,NJ;Prentice hall Inc,436P.
- **F**attou,2017: (Université Mohamed Khider – Biskra , Thèse présentée en vue de l'obtention, Hydraulique urbaine et aménagement, Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra, Fattoum BOUCHEMAL 2017).
- FRIOUA,2014). Localisation et caractéristiques des zones sources de pollution des ressources en eau de la ville de Biskra à l'aide de S.I.G. Mémoire de Master en Sciences de l'Eau et de l'Environnement. Université Mohamed Khider Biskra, Algérie, 79P.
- **G**ouskov, 1952). Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000. Biskra. Serv. Géol. De l'Algérie. Alger., 1964.13 p
- Grosclaude, L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise, p210; 1999].
- Guasmi I; (2009). Pollution des eaux et pouvoir auto-épurateur de l'Oued Medjerda (Nord-Est Algérien).Thèse de doctorat, Université de Annaba, Algérie; 163-185PP.
- GUIRAUD,1973 et1998). Evolution post-Triasique de l'Avant pays de la chaine alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines.Thèse Sci.Univ.Nice.
- **H**addoud, 2013Contribution à l'étude des éléments chimiques en traces dans les eaux souterraines profondes de la wilaya de Biskra-cas du cuivre et du zinc, Mémoire de Magister en Hydraulique. Université de Biskra, Algérie, 111p.
- Hani BOURBIA, (2011). Faisabilité de l'implantation de bassins d'alimentation d'un aquifère. cas du massif dunaire de bouteldja». (Extrême Nord-Est Algérien), diplôme de Magister ; Université Badji Mokhtar-Annaba.
- H.M.DJELLOULI - S. TALEB Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005).
- **K**hachai (2001) : Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres d'I.T.D.A.S, plaine de l'Outaya. Thèse Magister., Ins. Agro. Université de Batna, 223 p.

Références bibliographiques

- Kherifi W.(2016).les maladies à transmission hydrique en algère , CRSTRA
- Kherifi .w , (2017).évolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du LAC mellah (nord –est algérien)
- **L**ABBACI Kheireddine et GHARBI Chaker (2017) : Université Badji Mokhtar Annaba les maladies à transmission hydrique en Algérie en 2017.
- Lagarde, (1995). Initiation à l'Analyse des Données. Ed. Dunod : Paris, 157.
- Lynda CHELLI et Nabila DJOUHRI.(2013). Université A. MIRA – BEJAIA Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant Mémoire MASTER Spécialité Génie Chimique.
- **M**aoui, (2007). Maoui Ammar, (2007). Evolution et origine du chimisme des eaux de l'aquifère superficiel de Zaâfrane : région de la steppe Sud Algéroise .Etude de la variation spatiale de la salinité et ses risques sur les sols et la végétation. These de doctorat en Hydrogéologie. Université d'Annaba, Algerie,279P.
- Maliki AM. 2000. Etude hydrologique hydro chimique et isotopique de la nappe profonde de Sfax (Tunisie). Thèse de Doctorat Fac. Sci. Sfax, 301P.
- M.D.W.B, 2016 Monographie da la wilaya de Biskra. Ed. Wilaya de Biskra.
- Meinck F, Stooff H., Kohl Schutter 1977. Les eaux résiduaires industrielles.-2 édition traduction par André GASSER institut de recherches hydrologiques Nancy.- Préface de René Calas- MASSON Paris New York Barcelone Milan.
- MERZOUG Zakaria ,2015 , Diagnostic de la station de traitement d'eau potable de Timgad ,Mémoire de Master, Université Mohamed Khider – Biskra).
- Mermoud.A, 2006 Mermoud A. (2006). Maîtrise de la salinité des sols. Cours de physique du sol- Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne –Suisse.
- Meybeck et al., 1996) Meybeck m., Friedrich g., Thomas r., Chapman D. (1996). Rivers, Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London,59-126P.
- **O**uld Baba Sy.M, 2005). Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse de Doctorat en Géologie, Université de Tunis El Manar, 261p.
- OMS, (2006). Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition. Recommandations. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 78 p.
- ONM Biskra,2016) office national de météorologie.
- O.N.A Agence Régionale de Constantine. Prescription techniques de station d'épuration d'El Gantra.
- Ozenda, 1991). Flore et Végétation du Sahara. Troisième Edition – CNRS Edition. Paris, 662p.
- **P**iper, 1944 Piper A.M, (1944); A graphique procedure in the geochemical interpretation of water analysis.Trans.Amer.Geophys.Union, 25,941-923PP.
- **R**ejsek f (2002), Analyse de l'eau : aspect réglementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine, France, p385; 2002].

Références bibliographiques

- Remini et al., 2009 Avenard JM (1998) Evolution de l'envasement dans la retenue du barrage de Foug El Gherza Bulletin du Réseau Erosion 18:98-105.
- Richards, 1954. Richards, L. A., (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook 60, USDA, Washington D.C. 160 P.
- Rodier, « L'analyse de l'eau », Dunod, Paris, p661; 2005].
- Rouabhia Abdelkader ,(2006). Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'el ma el abiod nord-est Algérien .Thèse de doctorat en Hydrogéologie. Université d'Annaba ,Algerie,152P.
- **S**edrati, (2011). Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-sud est algerie. Thèse de doctorat science. Université d'Annaba. 252pages.
- source. INSP) SITUATION EPIDEMIOLOGIQUE D E L ' A N N E E 2015 SUR LA BASE DES CAS DECLARES A L' I .N.S.P
- **V**ayana dominique, (2009). Etudes de données physico-chimiques des eaux du secteur Nord du Piton des Neiges Ile de La Réunion ; master géosphère, Office de l'eau – Réunion.
- **W**ilcox ,(1948) Wilcox L; 1948.The quality of water for agricultural use.DS Dept AgricultureTech Bul 962,Washington DC.

.....
http://www.sololiya.fr/tout_sur_l_eau/eau_et_sante/l_eau_source_de_vie/eau_et_maladies/3_l_es_differeents_types_de_maladies_liees_a_l_eau

<http://hydram.epfl.ch/docs/Irrigation-basic.pdf>

Liste des figures

Liste des figures

N°	Titre	page
01	Carte de situation géographique de la ville de Biskra (ANDI ,2013)	03
02	situation administratif de la Wilaya de Biskra (M,D,W,B;2016)	04
03	carte du milieu physique de la Wilaya de Biskra (ANRH,2008)	05
04	carte topographie et sol de la Wilaya de Biskra (ANRH,2008)	06
05	Esquisse géologique de la région de Biskra (ANAT;2003)	06
06	Evolution mensuelle de la température moyenne à la station de Biskra durant de (2007 à 2017)	08
07	Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra en 20 ans (2016)	09
08	Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Biskra durant de (2007 à2017)	09
09	La vitesse moyenne mensuelle du vent Station de Biskra durant de (2007 à2017)	11
10	Moyennes mensuelles de l'humidité relative durant de (2007 à2017))	12
11	Carte du réseau hydrographique de wilaya de Biskra (ANRH,2008)	13
12	Coupe Hydrogéologique dans la région de Biskra (KIEKEN,1960 ;GUIRAUD,1973)	14
13	Volume soutiré de la wilaya de Biskra Source (ADE, 2016)	18
14	Carte de la situation géographique du bassin versant de chott Melhir (ABHS, 2012)	19
15	Plan d'ensemble et situation du barrage de Foug El Gherza (Adapté de Gousskov, 1952)	21
16	Carte du réseau hydrographique du sous-bassin versant de l'Outaya (extrait de la carte du réseau hydrologique et de la surveillance de la qualité des eaux (ANRH, 2005)	23
17	Barrage fontaine des Gazelles(ANBT)	24
18	pollution d'eau d'Origine domestique (Biskra ; 2019)	27
19	Pollution d'eau d'Origine agricole	28
20	pollution d'eau d'Origine industrielle	28
21	Evolution annuelle de la fièvre typhoïde (2000-2015)(source. INSP)	31
22	Evolution annuelle de la Dysenterie (2000-2015)(Source. INSP)	32
23	Evolution annuelle l'Hépatite « A » (2000-2015) (Source. INSP)	32
24	Evolution mensuelle de la Fièvre typhoïde (2000-2015)(Source. INSP)	33
25	Evolution mensuelle de la Dysenterie (2000-2015)(Source. INSP)	33
26	Evolution mensuelle de l'Hépatite « A » (2000-2015) (Source. INSP)	34
27	Vue satellitaire de sites ciblés pour l'échantillonnage (2019)	36

Liste des figures

28	WTW-Lab.-pH-Portable_meters fonction de mesure pour la mesure portable sur le terrain et pendant le fonctionnement(2019)	37
29	Calibrer Titre alcalimétrique complet (T.A.C) dans un laboratoire(2019)	37
30	Calibrer Titre hydrométrique (TH) dans un laboratoire (2019)	38
31	Courbe d'étalonnage des sulfates (2019)	39
32	Spectrophotometer et mode d'emploi(2019)	39
33	Courbe d'étalonnage du sodium(2019)	40
34	Courbe d'étalonnage du potassium.(2019)	40
35	Photomètre de flamme industriel PFP7 – Jenway et mode d'emploi (2019)	41
36	PinAAcle 900T Atomic Absorption Spectrometer(2019)	42
37	les solution mères et préparation de solution du Pb, Fe ,Zn et Cu.(2019)	42
38	les courbe d'étalonnage du Pb, Fe ,Zn et Cu.(2019)	42
39	Interface de commande du logiciel DIAGRAMME	44
40	Volume d'eau dans le barrage de Foum El Gherza de la région d'étude (Période de début et la fin de la période hivernal) (2019)	46
41	Evolution du pH des eaux de la région d'étude(2019)	47
42	Evolution de la température des eaux de la région d'étude (2019)	47
43	Evolution de la conductivité électrique des eaux de la région d'étude(2019)	48
44	Evolution de calcium des eaux de la région d'étude(2019)	49
45	Evolution des teneurs de magnésium des eaux de la région d'étude (2019)	49
46	Evolution des teneurs de TAC des eaux de la région d'étude (2019)	50
47	Evolution des teneurs de chlorure des eaux de la région d'étude(2019)	51
48	Evolution des teneurs de potassium des eaux de la région d'étude (2019)	52
49	Evolution des teneurs de sodium des eaux de la région d'étude (2019)	52
50	Evolution des teneurs de sulfates des eaux de la région d'étude (2019)	53
51	Evolution spatiale des teneurs Fer des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019)	54
52	Evolution spatiale des teneurs Zinc des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019)	54
53	Evolution spatiale des teneurs plombe des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019)	55
54	Evolution spatiale des teneurs cuivre des eaux de la région d'étude (05 Avril 2019)	55
55	Diagramme de Piper des eaux de la région d'étude (Basses eaux 2019)	56
56	Diagramme de Piper des eaux de la région d'étude (Hautes eaux 2019)	57
57	Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de la région d'étude (Basses eaux en 2019)	58

Liste des figures

58	Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de la région d'étude (Hautes eaux en 2019)	59
59	Diagramme de Riverside des eaux la région d'étude (Oued , Barrage , canal)(Basses eaux 2019)	62
60	Diagramme de Riverside des eaux la région d'étude (Oued, Barrage , canal) (Hautes eaux 2019)	62
61	Projection des paramètres sur le plan factoriel (F1 et F2)(2019)	64
62	La représentation graphique des stations sur le plan factoriel (F1, F2)(2019)	65

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	La température moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra 10ans durant de (2007 à2017) Source (ONM Biskra, 2016)	07
02	La précipitation moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à2017)	09
03	La vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à2017)	10
04	L'humidité relative de l'air moyenne mensuelle enregistrée à la station de Biskra durant de (2007 à2017)	11
05	Caractéristiques hydrologiques du barrage de la de Foum El Gherza	22
06	Caractéristiques hydrologiques du barrage de la Fontaine des Gazelles	23
07	Différents points d'échantillonnage avec dénomination et coordonnées(2019)	35
08	La courbe d'étalonnage pour la mesure des sulfates	38
09	La courbe d'étalonnage pour la mesure du sodium	39
10	La courbe d'étalonnage pour la mesure du potassium	40
11	Dominance des éléments pour chaque source étudiés : le Oued, le Barrage et Canal (Période des basses et hautes eaux 2019)	61
12	Classement selon le SAR	61
13	Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR	61

Annexe

Tableau 01 : Normes pour les paramètres physico-chimiques de qualité des eaux de consommation (OMS, 2006).

Paramètres physico-chimiques	Unités	Valeurs Limites
pH	Unité pH	6,5 – 9
temperature	°C	30>T>7
conductivité	2800	µS/cm
Manganese	mg/l	50
potassium	mg/l	12
sodium	mg/l	200
sulfate	mg/l	400
chlorures	mg/l	500
Bicarbonate	mg/l	500
Calcium	mg/l	200
Cuivre	mg/l	25
Zinc	mg/l	5
Plomb	mg/l	0.05
Fer	mg/l	0.2>Fe>0.05