

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجلالي بو نعامة ب خميس مليانة
Université Djilali Bounaama de Khemise Miliana
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الارض
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et de sciences de la terre



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de *Master*
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomique
Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

**Contribution à l'étude de l'aptitude physico-chimique des
eaux du barrage de boukourdane à l'irrigation dans la wilaya
de Tipaza**

Présenté par :

- Amara Ismail
- Benmoussa Chaimaa

Soutenu le 14/07/2019

Devant le Jury :

Président :	M^r	Merouche Abdelkader	MCB	UDB Khemis-Miliana
Encadreur :	M^r	Imessaoudene Yassine	MAA	UDB Khemis-Miliana
Examineurs :	M^{me}	Bouaichi Ilham	MAA	UDB Khemis-Miliana
	M^{me}	Karahacene Hafssa	MAA	UDB Khemis-Miliana

Année universitaire : 2018 – 2019

Remerciements

*Tout d'abord, je tiens à remercier **Allah**, le tout Puissant, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de Master.*

*Je remercie Monsieur **Imessaoudene y** qui m'a fourni le sujet de ce mémoire et m'a guidée de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de travail.*

*A messieurs les membres du jury Je remercie : **Monsieur Merouche Aek** qui m'a fait l'honneur de bien vouloir accepter la présidence de ce mémoire, qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma déférence et de ma profonde gratitude.*

*Médames les examinateurs **Boaichi I** et **Karahacane H**, qu'ils veuillent trouver ici l'expression l'amabilité de vouloir bien faire partie du jury de mon mémoire*

*D'abord je remercier les personnelles d ANBT **Iyad A** et les personnelles d'ANRH **Chaoua M***

*Je remercie aussi M^r **Touil S**, M^{me} **Matene C.N***

Enfin, je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants qui sont à l'origine de tout mon savoir.



DÉDICACES

je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents **Yamina et Mallek***

A mes chers frères

A mes chères sœurs

A tous mes enseignants

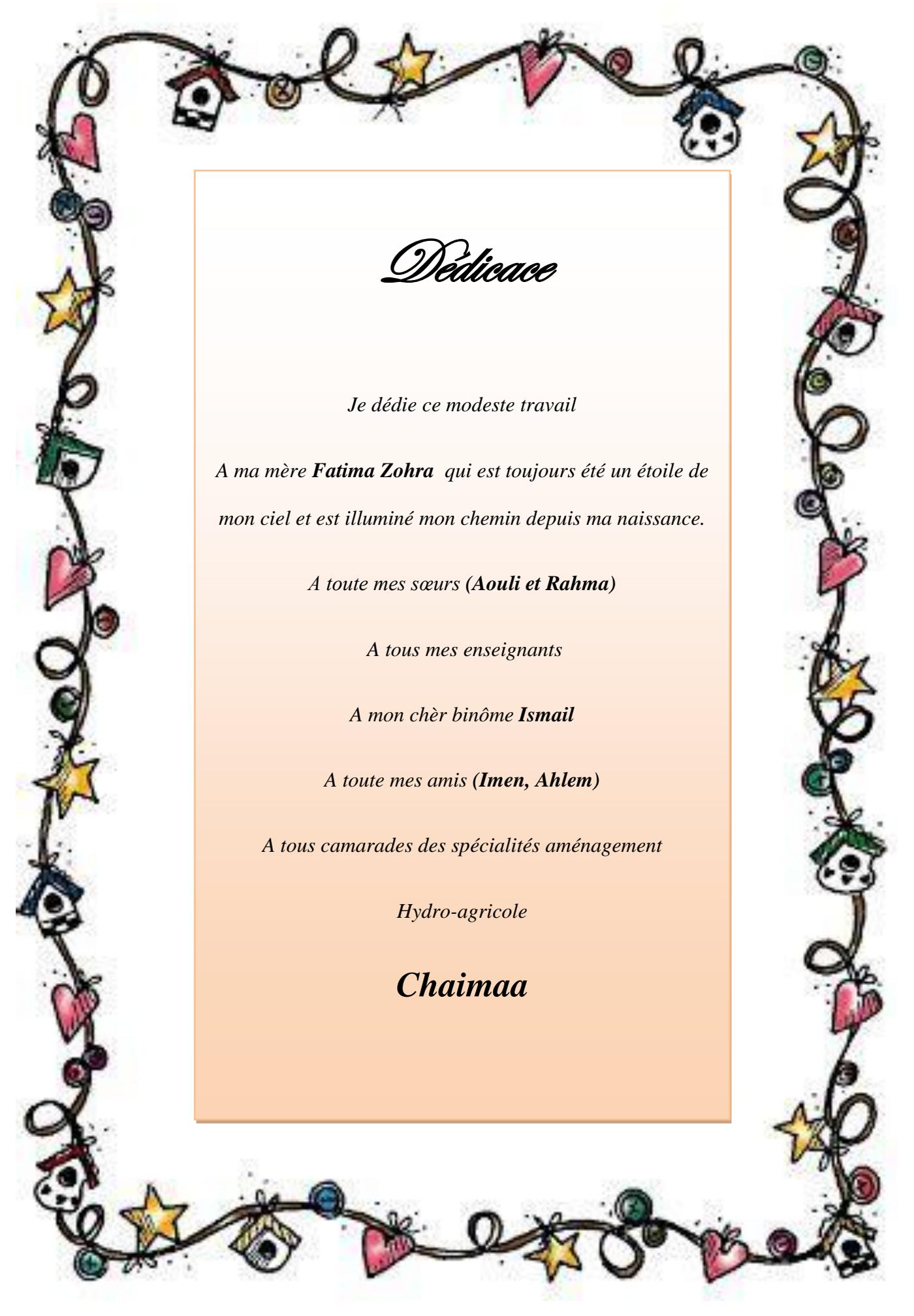
*A mon cher binôme **Chaimaa***

*A tous mes amis (**rida, Djamel, Nabil, Younes, Abde
latif, Nadir, Walid, Abde fetah, Hamza, Belkacem,
Moussa, Mohamed,hamza-l**)*

*Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants
d'agronomie (**ahmed , Alaa,Abd lah ,Ilyes**)*

Je dédie ce mémoire

.Amara Ismail



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A ma mère **Fatima Zohra** qui est toujours été un étoile de mon ciel et est illuminé mon chemin depuis ma naissance.*

*A toute mes sœurs (**Aouli et Rahma**)*

A tous mes enseignants

*A mon chère binôme **Ismail***

*A toute mes amis (**Imen, Ahlem**)*

A tous camarades des spécialités aménagement

Hydro-agricole

Chaimaa

Résumé

Le but de ce travail est d'évaluer la qualité de l'eau du barrage boukourdane en vue de l'irrigation. La méthodologie adoptée est basée sur déterminé des paramètres de qualité à partir des analyses physico-chimiques de l'eau de l'année 2017 réalisées au niveau du laboratoire de l'ANRH de Blida (Soumaâ). Les paramètres de qualité calculés sont : SAR, SAR ajusté, RSC. Les valeurs maximales obtenus sont : SAR =2.24meq/l, SAR ajusté =5.26, RSC = -1.23 et CE=852µs/cm. Il ressort que cette eau est apte à l'irrigation et ne contient pas de risque sur le plan de la salinité et alcalinité sur le sol et la plante.

Mots clés : Qualité, Eau, irrigation, sol, plante

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم نوعية مياه سد بوكوردان لأغراض الري. تعتمد المنهجية المعتمدة على حساب معايير الجودة بناءً على التحليلات الفيزيائية الكيميائية للمياه لعام 2017 المنفذة في مخبر الوكالة الوطنية المصادر المائية بالبلدية (صومعة) عناصر النوعية المحسوبة هي

RSC ، SAR_{aj} ، SAR القيم القصوى المتحصل عليها

SAR = 2.24meq / l ، SAR_{aj} = 5.26 ، RSC = -1.23 و CE = 852µs / cm.

نستخلص أن هذه المياه صالحة للري ولا تحتوي على أي خطر على مستوى الملوحة والقاعدية على التربة والنبات.

كلمات مفتاحية: الجودة، المياه، الري، التربة، النبات.

Summary

The purpose of this work is to evaluate the water quality of the boukourdane dam for irrigation purposes. The methodology adopted is based on the calculation of quality parameters based on physicochemical analyzes of water of the year 2017 carried out at the laboratory of the ANRH of Blida (Soumaâ). The calculated quality parameters are: SAR adjusted SAR, RSC. The maximum values obtained are: SAR = 2.24meq / l, adjusted SAR = 5.26, RSC = -1.23 and CE = 852 μ s / cm. It appears that this water is suitable for irrigation and does not pose a risk in terms of salinity and alkalinity on the soil and the plant.

Keywords: Quality, Water, irrigation, soil, plant

Liste d'abréviation

°C : degré Celsius

Ag₂SO₄ : Sulfate d'argent

ANBT : Agence National des Barrages Transfert

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques

Ca²⁺ : Calcium.

CaCO₃ : Carbonate de Calcium

CE : Conductivité Electrique

cm : Centimètre

DDP : Date de prélèvement

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

E-D-T-A : Acide Ethylène diamine Tétracé

EDTA : Sel Di sodique de L'acide éthylène –diamine Tétra Acétique

FAO: Food and agriculture organisation

HDP : Heure de Prélèvement

L : Litre

m : mètre

méq : Milli équivalent

MES: matière En Suspension

mg : Milligramme

Mg²⁺ : Magnésium.

Na OH : Soude

Nacl : Chlore de sodium

NO²⁻ : Nitrites

NO³⁺ : Nitrates.

NTU : néphélogétrie Turbidité Unit

OH⁻ : Hydroxyle

pH : Potentiel Hydrogène

RS : Résidu Sec

RSC: Résiduel Sodium Carbonate

SAR: Sodium Adsorption Carbonate

T : Température

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

Introduction général	01
CHAPITRE I	
I.1. Généralités sur le cycle de l'eau	03
I.2. Qualité physico-chimique des eaux superficielles.....	04
I.2.1. Paramètres organoleptique.....	04
I.2.1.1. La couleur de l'eau	04
I.2.1.2.L'odeur de l'eau	04
I.2.2. Paramètre Physique.....	04
I.2.2.1 Température	04
I.2.2.2. Potentielle hydrogène (pH)	04
I.2.2.3. Turbidité	05
I.2.2.4. Conductivité électrique	05
I.2.2.5. Matières en suspension.....	06
I.2.2.6. Résidu sec.....	06
I.2.2.7. Oxygène dissous (O ₂).....	07
I.2.2.8. Matière organique	07
I.2.3. Paramètre chimique	07
I.2.3.1. Calcium (Ca ²⁺)	07
I.2.3.2. Magnésium (Mg ²⁺).....	07
I.2.3.3. Sodium et Potassium (Na ⁺), (K ⁺)	08
I.2.3.4. Chlorure (Cl ⁻)	08
I.2.3.5. Sulfate (SO ₄ ⁻²)	08
I.2.3.6. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	08
I.2.3.7. Les Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	08
I.2.4. DBO (demande biochimique en oxygène).....	09
I.2.5. DCO (demande chimique en oxygène).....	09
I.2.6. Composés azotés	09

I.2.6.1.L'azote ammoniacal	09
I.2.6.2.Les Nitrites	09
I.2.6.3.Les Phosphates (PO^{-3}_4).....	10
I.3.Qualité des eaux d'irrigation	10
I.3.1.Pourcentage du sodium adsorbé.....	10
I.3.1.1.classification (USSL-Riverside).....	11

CHAPITRE II

II.1.Introduction	13
I.2.Situation géographique et administrative	13
II.3. Situation géographique du barrage de Boukourdane :	14
II.3.1.Délimitation et situation géographique de la plaine de la Mitidja.....	14
II.3.2.Bassin versant	16
II.3.3.Situation du site de barrage	16
II.3.4.Caractéristiques technique du barrage Boukourdane	17
II.4.Climatologie	18
II.4.1.Température.....	18
II.4.2.Vent	19
II.4.3.Pluviométrie.....	19
II.4.4.Humidité	20
II.5.Classification du climat	21
II.5.1.Selon le climagramme d'Emberger	21
II.5.2.Diagramme ombrothermique de Gaussen	22
II.6.Echantillonnage :	23
II.7.Conclusion.....	24

CHAPITRE III

III.1.Introduction.....	25
-------------------------	----

III.2. Les techniques principales pour le prélèvement de l'échantillon	25
III.3. mode de prélèvement d'un l'échantillon.....	26
III.4. Analyse physico-chimiques	26
III.4.1 Analyse physique	26
III.4.1.1. Température.....	26
III.4.1.2. Conductivité électrique.....	26
III.4.1.3. Potentiel d'hydrogène pH.....	27
III.4.1.4. Oxygène Dissous	27
III.4.1.5. turbidité.....	28
III.4.1.6. Résidu Sec	28
III.4.2. Analyse chimique.....	28
III.4.2.1 Sodium et potassium.....	28
III.4.2.2. Dosage du calcium (Ca^{2+}) et du Magnésium (Mg^{2+}).....	29
III.4.2.3. Carbonate et bicarbonate	31
III.4.2.4. Chlorures	31
III.4.2.5. Nitrates.....	32
III.5. Utilisation du logiciel Diagramme.....	32
III.5.1. Diagramme de piper.....	33
III.5.2. Diagramme Riverside	34
III.6. Conclusion.....	35

CHAPITRE IV

IV.1. Introduction.....	36
IV.2. Résultats des analyses physico-chimiques.....	36
IV.2.1. Température	36
IV.2.2. Conductivité électrique (CE)	37
IV.2.3. Potentiel hydrogène (pH).....	38
IV.2.4. Turbidité.....	38

IV.2.5.Oxygène dissous	39
IV.2.6 Résidu sec (RS).....	40
IV.2.7.Chlorures (Cl ⁻).....	41
IV.2.8.Calcium (Ca ²⁺)	41
IV.2.9.Magnésium (Mg ²⁺).....	42
IV.2.10.Sodium(Na ⁺)	43
IV.2.11. Potassium (K ⁺)	44
IV.2.12.Nitrates (NO ₃ ⁻)	45
IV.2.13.Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	46
IV.3.Pourcentage du sodium adsorbé (SAR).....	46
IV.4.Sodium adsorbé ajusté (SAR ajusté)	48
IV.5.Résiduel sodium carbonate (RSC).....	48
IV.6.Classification de Riverside	50
IV.7.Diagramme wilcox.....	51
Conclusion générale	56

Liste des figures

Figure01 : cycle de l'eau.....	03
Figure 02: Carte de la situation géographique de la wilaya de Tipaza	14
Figure 03 : Périmètre irrigué de la Mitidja ouest.....	15
Figure04 : Image satellitaire de barrage Boukourdane (Google earth).....	16
Figure 05 : Evolution température moyenne mensuelle	18
Figure 06 : Evolution de la vitesse des vents	19
Figure 07 : répartition précipitation moyennes mensuelles	20
Figure 08 : répartition d'humidité relative.....	21
Figure 09: Climagramme d'Emberger de la wilaya Tipaza.....	22
Figure10 : Diagramme Ombrothermique de Gausse 2002 – 2012 (Tipaza).....	23
Figure11 : Tableau des matières (Roland Simler ; 2014)	33
Figure 12 : Diagramme de piper	34
Figure 13 : Diagramme de Riverside	35
Figure 14:Variation de la température.	36
Figure 15:Variation de la conductivité électrique.....	37
Figure 16 : Variation de pH	38
Figure 17: variation de la turbidité.....	39
Figure 18 : Variation d'oxygène dissous	40
Figure 19 : Variation du résidu sec	40
Figure 20:Variation de Cl ⁻	41
Figure 21: Variation du calcium	42
Figure 22 : comparaison du magnésium avec normes FAO	43
Figure 23: Variation du sodium Na ⁺	44
Figure 24 : Variation du potassium.....	44
Figure 25: Comparaison du nitrate avec les normes FAO	45
Figure 26: Variation des bicarbonates	46

Figure 27 : Variation du SAR	47
Figure 28 : Comparaison du RSC avec les normes.....	49
Figure 29 :diagramme de Riverside pour l'eau du barrage Boukourdane de Tipaza	50
Figure 30:diagramme de wilcox pour l'eau du barrage Boukourdane de Tipaza.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification des eaux d'après leur pH.....	05
Tableau2. Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.....	06
Tableau 03 : Classification de SAR et leurs interprétations.....	12
Tableau 04 : Caractéristique du barrage Boukourdane de Tipaza.....	17
Tableau 05: Répartition mensuelle de températures moyennes (2002-2012).....	18
Tableau 06: Répartition mensuelle des vitesses moyennes des vents (km/h).....	19
Tableau 07 : Pluviométries moyennes mensuelles.....	20
Tableau 08 : Humidités relatives moyennes mensuelles (2002 à 2012).....	21
Tableau 09 : les données climatiques du Pluie et T°C (10 ans).....	23
Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles de l'eau.....	36
Tableau 11 : Variation de la conductivité électrique.....	37
Tableau 12. Variation de pH à 20°C.....	38
Tableau 13 : variation de turbidité.....	39
Tableau 14 : Variation d'oxygène dissous.....	39
Tableau 15 : variation du résidu sec.....	40
Tableau 16. Variation de chlorures.....	41
Tableau 17: variation de calcium Ca ²⁺	42
Tableau 18: Variation de magnésium Mg ²⁺	42
Tableau 19: Variation de sodium.....	43
Tableau 20: Variation de potassium.....	44
Tableau 21. Variation de nitrates.....	45
Tableau 22 : Variation de bicarbonates.....	46
Tableau 23: Risque alcalin des eaux d'irrigation.....	47
Tableau 24 : Variation de SAR (ratio d'absorption du sodium).....	47
Tableau 25 : la variation de pH _c	48
Tableau 26 : variation de SAR et SAR _{aj}	48

Tableau 27: Guide d'interprétation de la qualité de l'eau d'irrigation	48
Tableau 28 : variation de RSC	49

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité.

L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, elle se congèle à 0 C° et devient vapeur au-delà de sa température d'ébullition (100 C°). La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux (**Reggam.2015**)

L'agriculture, de façon générale, est une grande consommatrice d'eau, les exploitants, Agricoles, sont amenés à utiliser des différentes sources d'eaux pour l'arrosage de leurs cultures (**Couture.2004**).

La plupart des ressources en eau, utilisées en Algérie pour nos divers besoins, proviennent des eaux de surface ; les écoulements superficiels sont évalués à 12,4 milliards de m³/an. Les sources d'eau de surface sont beaucoup moins sûres que les sources d'eau souterraines en termes de qualité (**Elahcene.2018**).

La surveillance de la conformité de la qualité de l'eau est une activité fondamentale. Le barrage de Boukourdane de Tipaza a été conçu pour répondre aux besoins en eau pour l'irrigation de la région de la Mitidja Ouest. A travers ce travail, la problématique que l'on doit poser : est-ce que l'eau (eau du barrage) destinée à la ville de Tipaza répond à la Norme FAO des eaux destinées à l'irrigation ?

L'objectif de ce travail porte à la détermination de l'aptitude physico-chimique de l'eau brute issu de barrage Boukourdane en vue son utilisation à l'irrigation.

Pour cela, ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

Le premier constitue une synthèse bibliographique sur la qualité physico-chimique de l'eau. Le deuxième chapitre vise à donner une présentation générale de la zone étude

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Quant au troisième chapitre, il a été consacré aux matériels et méthodes utilisés dans laboratoire pour analyse physico-chimique, et enfin le dernier traduit tous les résultats obtenus et ainsi leur interprétation.

I.1. Généralités sur le cycle de l'eau

Entre terre et ciel, la même eau est en circulation permanente depuis des milliards d'années. Apparue il y a 3 à 4 milliards d'années, l'eau est presque aussi ancienne que la Terre. Depuis, son volume est resté globalement stable. C'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre Terre. [1]

Sous l'action du soleil, une partie de l'eau de mer s'évapore pour former des nuages. Avec les vents, ces nuages arrivent au dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux déjà formés.

Lorsqu'il pleut, qu'il neige ou qu'il grêle sur ces mêmes continents, une partie de l'eau de ces précipitations repart plus ou moins rapidement dans l'atmosphère, soit en s'évaporant directement, soit du fait de la transpiration des végétaux et des animaux.

Une deuxième partie, en ruisselant sur le sol, rejoint assez vite les rivières et les fleuves puis la mer.

Quant au reste, il s'infiltre dans le sol et est stocké en partie dans des nappes. Cette eau finira aussi par retourner à la mer, à beaucoup plus longue, voire très longue, échéance, par le biais des cours d'eau que ces nappes alimentent. C'est ce mouvement perpétuel de l'eau sous tous ses états qu'on appelle le grand cycle de l'eau. Les activités humaines peuvent parfois perturber ce cycle et provoquer ou amplifier des phénomènes de pénuries ou d'inondation. [1]

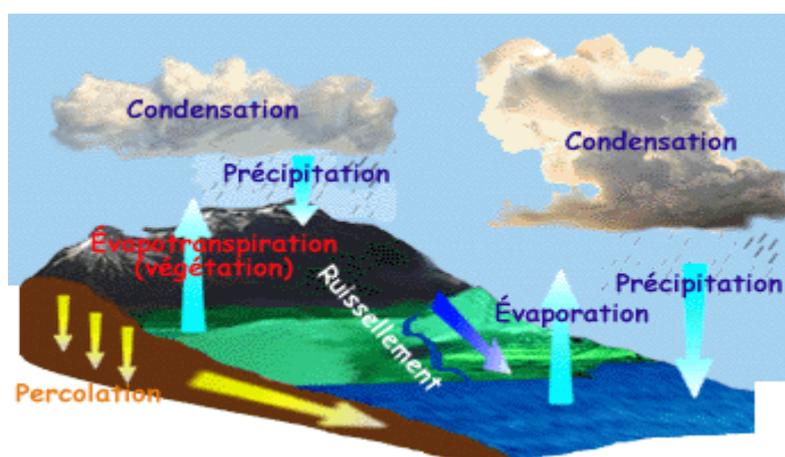


Figure01 : cycle de l'eau

I.2. Qualité physico-chimique des eaux superficielles

Pour apprécier la qualité des eaux de surface, la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que la présence ou l'absence d'organismes et de microorganismes aquatiques est une nécessité. (Barkat.2016)

I.2.1. Paramètres organoleptique

I.2.1.1. La couleur de l'eau

Ce paramètre nous est donné par les questions relatives à la couleur et celles relatives aux matières en suspension.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Brada.2015)

I.2.1.2. L'odeur de l'eau

L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui renferme une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. (Cheikh.2007)

I.2.2. Paramètre Physique

I.2.2.1 Température

Sa détermination est très importante dans les études limnologiques et de potabilité des eaux de surfaces ou souterraines. La température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la position géographique de la localité, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Cheikh.2007)

I.2.2.2. Potentielle hydrogène (pH)

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, et défini par l'expression $\text{pH} = -\log \text{H}^+$ où (H^+) est l'activité de l'ion hydrogène H^+ dans la solution. (Barkat.2016) Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau. (Anonyme.2015)

Tableau 1. Classification des eaux d'après leur pH

Ph	Classification de l'eau
$pH=5$	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
$pH=7$	pH neutre
$7 < pH < 8$	Neutralité approchée => majorité des eaux surface
$5.5 < pH < 8$	Majorité des eaux souterraines
$pH=8$	Alcalinité forte, évaporation intense

(Barkat.2016)

I.2.2.3. Turbidité

La turbidité est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes,...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur.. En France on mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (Nephelometric Turbidity Unit) par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

Les classes de turbidités usuelles sont les suivantes:

NTU < 5 => eau claire

NTU < 30 => eau légèrement trouble

NTU > 50 => Eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse) [3].

I.2.2.4. Conductivité électrique

La mesure en $\mu S/cm$ ou mS/cm (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes plongées dans l'eau. [3]. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sel dissous dans l'eau. Il traduit la minéralisation de l'eau, et par conséquent, renseigne sur sa salinité et permet d'apprécier sa qualité. (Djemai.2013)

Généralement l'on considère que la situation est particulière ou anormale au delà de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une conductivité de l'eau supérieure à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ classe alors une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. **(Barkat.2016)**

Tableau2. Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$\text{CE} < 100 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation très faible
$100 < \text{C.E} < 200 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation faible
$200 < \text{C.E} < 333 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation moyenne
$333 < \text{C.E} < 666 \mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation moyenne accentée
$666 < \text{C.E} < 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation importante
$\text{C.E} > 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

(Barkat.2016)

I.2.2.5.Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent tout es les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l. **(Anonyme.2005)**

I.2.2.6. Résidu sec

La détermination du résidu sec se fait dans une étuve réglable à 105°C. 100 ml d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu sec est ensuite pesé, Les résultats sont exprimés en mg/l. **(Melghit.2015)**

I.2.2.7. Oxygène dissous (O₂)

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface, provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs ; tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration dépend également de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. **(De Villers.2005).**

I.2.2.8.Matière organique

Elle est mesurée par oxydabilité au permanganate de potassium. Le principe consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de Potassium par les matières oxydables contenues dans une eau. La réaction a été effectuée à chaud pendant 10 minutes. Les résultats sont exprimés en mg/l d'O₂. **(Melghit.2015)**

I.2.3. Paramètre chimique

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions, appelés couramment les majeurs. On distingue :

Les cations (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺).

Les anions (Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻)

I.2.3.1.Calcium (Ca²⁺)

Une forte présence en calcium dans l'eau donne des eaux dures. En plus de son origine industrielle, le calcium peut provenir d'une origine naturelle par la dissolution gypse, sous l'attaque chimique des roches carbonatées. **(Cheikh. 2007)**

I.2.3.2.Magnésium (Mg²⁺)

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le

magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du $MgSO_4$ des terrains gypseux du Trias situés au Sud. (Sahraoui.2015)

I.2.3.3.Sodium et Potassium (Na^+), (K^+)

Le Sodium (Na^{2+}) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites) et dans la roche d'halite (évaporite $NaCl$) est le sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau. Le Sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées. Notons que les argiles peuvent être saturées en ion Na^+ , par le processus d'échange de bases. (Barkat.2016).

Le Potassium (K^+) est assez abondants sur terre, mais peut être fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombinaison dans les sols (sur les argiles notamment). Les sources principales de Potassium sont les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium). (Barkat.2016)

I.2.3.4.Chlorure (Cl^-)

L'ion (Cl^-) est présent en petite quantité sur la terre. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporite. (Anonyme.2015)

I.2.3.5.Sulfate (SO_4^{2-})

Les sulfates peuvent être, d'origine naturelle à partir du gypse ou pyrite, d'origine industrielle ou à partir des produits de traitement agricole (Brada.2015).

I.2.3.6.Nitrates (NO_3^-)

Les Nitrates proviennent généralement de l'utilisation des engrais, l'industrie chimique, L'industrie alimentaire, ils sont un excellent indicateur des apports excessifs en azote par les engrais (Bouchek.2015).

I.2.3.7.Les Bicarbonates (HCO_3^-)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogencarbonates ou bicarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (HO^-) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates ($HSiO_3^{2-}$), phosphates (PO_3^{4-}) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en (HCO_3^-). les bicarbonates prédominent dans la composition de la plupart des eaux de surface(Cheikh.2007).

I.2.4.DBO (demande biochimique en oxygène)

La demande biochimique en oxygène (DBO), représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO5 est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée **(Bremond.1973)**.

I.2.5.DCO (demande chimique en oxygène)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Les matières oxydables contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de Potassium ($K_2Cr_2O_7$), en milieu acide en présence de sulfate d'Argent et de Sulfate de Mercure. L'excès de dichromate de potassium est dose par le sulfate de fer et d'ammonium. La DCO est exprimée en mg d'O₂ consommé par les matières Oxydables dans un litre d'eau : mg/l d'O₂ **(Melghit.2015)**.

I.2.6.Composés azotés

I.2.6.1.L'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne **(Bremond.1973)**.

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH₃/l **(De Villers. 2005)**.

I.2.6.2.Les Nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et

bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques (**Barkat.2016**).

I.2.6.3. Les Phosphates (PO^{-3}_4)

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...).

Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho phosphates mais également les poly phosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des Concentrations relativement basses en phosphates ($50 \mu\text{g P/l}$) (**Barkat.2016**).

I.3. Qualité des eaux d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation (**Ollier.1986**).

Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation :

- Salinité : contenu total en sel soluble
- Sodium : proportion relative des cations sodium (Na^+)
- Alcalinité et la dureté : concentration d'anions carbonate (CO_3^{-2}) et bicarbonate (HCO_3^-) par rapport aux autres en relation avec la concentration calcium (Ca^{+2}) et en magnésium (Mg^{+2})
- Concentration en éléments qui peuvent être toxiques
- pH de l'eau d'irrigation (**Isabelle.2004**).

I.3.1. Pourcentage du sodium adsorbé

Le pourcentage du sodium adsorbé (SAR) décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

Le SAR est calculé à l'aide de la formule :

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

où le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimé en meq/l. Une eau avec un SAR de plus de 9, ne devrait pas être utilisée même si le contenu total en sel est relativement bas. Un usage continu d'eau avec un SAR élevé provoque une déstructuration du sol. L'eau avec un SAR se situant entre 0 et 6 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problème d'accumulation de sodium. Quand le SAR se situe entre 6 et 9, les risques de problème reliés avec la perméabilité du sol augmentent.

Lorsque l'eau d'irrigation est saline, une valeur de SAR encore plus basse devrait être utilisée. Les problèmes dus au sodium sont aussi reliés à la concentration totale en sel de l'eau d'irrigation (**Bendjazia.2017**).

I.3.1.1.classification (USSL-Riverside)

La classification USSL-Riverside (1954) se base sur les effets directs des eaux d'irrigation par apport aux sels et au sodium. L'impact de ce exprimé par le SAR, Cette classification préconise des domaines de qualité des eaux pour prédire les effets de ces eaux d'irrigation.

Le tableau 03 montre les différentes classes représentant les risques croissants de l'alcalinité des eaux d'irrigation en fonction du SAR.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

Tableau 03 : Classification de SAR et leurs interprétations

Nomination	Classes	Interprétation
Classe (S1)	0<SAR<10 Bas taux de sodium	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque de tous les sols, Danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.
Classe (S2)	10<SAR<18 Taux moyen de sodium	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans le sol à texture fine et à forte capacité d'échange, surtout dans la condition de faible lessivage. Eau utilisable sur les sols de textures grossière, ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité.
Classe (S3)	18<SAR<26 Haut taux de sodium	Eau pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des Sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigent la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'amendements chimiques et souvent nécessaires.
Classe (S4)	SAR>26 Très haut taux de sodium	Eaux souvent inutilisable pour l'irrigation, présentant un fort danger d'alcalinisation. Ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, seulement si leur salinité permet l'addition de calcium ou si le sol en contient suffisamment.

(Source: Durand, 1982.in Bendjazia.2017)

II.1.Introduction

La wilaya de Tipaza est issue du dernier découpage administratif 1984. Son chef-lieu est une ville côtière située à 70 km à l'Ouest de la capitale Alger. La présence de la mer, des reliefs du Mont Chenoua et de la ville méditerranéenne lui donne un paysage particulier d'un grand intérêt touristique. De nombreux vestiges puniques, romains, chrétiens et africains attestent de la richesse de son histoire.

La wilaya se distingue également, par la richesse de ses terres agricoles et sa position côtière qui font de l'agriculture, la pêche et le tourisme ses principales vocations.

Le choix de la ressource en eau du barrage de Boukourdane de Tipaza à cause de sa conception pour répondre aux besoins en eau pour l'irrigation de la région de la Mitidja Ouest. Actuellement, il est utilisé pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation.

Les données climatiques ont été collectées auprès de l'ANRH sur une période de 10 ans de 2002 jusqu'à 2012

I.2.Situation géographique et administrative

La wilaya de Tipaza se situe au Nord du Tell central. Elle est limitée géographiquement par :

- la mer Méditerranée au Nord,
- la wilaya d'Alger à l'Est,
- la wilaya de Blida au Sud –Est,
- la wilaya de Ain-Defla au Sud Ouest,
- la wilaya de Chelif à l'Ouest.



Figure 02: Carte de la situation géographique de la wilaya de Tipaza

Source : Google Earth 2019

Coordonnées géographiques de station de Tipaza :

- Latitude 37.31 °N
- Longitude 2.54 °E
- Altitude 104 m

II.3. Situation géographique du barrage de Boukourdane :

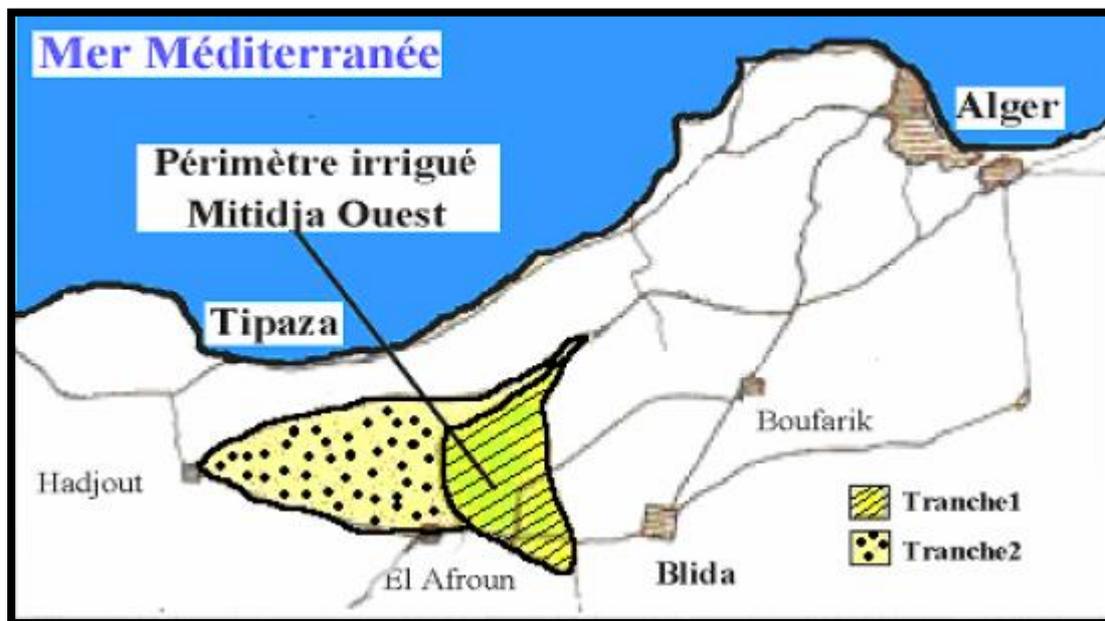
Le barrage de Boukourdane crée en 1992 (sur l'Oued El Hachem), il se situe à environ 13 Km au Sud de Sidi Amar, et à 8 Km à l'Ouest de Hadjout. La retenue a une hauteur de 71,1 m, elle dispose d'une capacité de 97 Hm³ dont 49 Hm³ seulement sont régularisés. Ce barrage est destiné à l'AEP mais dessert une partie de la Mitidja Ouest.

II.3.1. Délimitation et situation géographique de la plaine de la Mitidja

La plaine de la Mitidja est située au centre de l'Algérie du Nord, aux abords de la capitale Alger comme le montre la figure 03. C'est une vaste plaine qui couvre une superficie de 1450 km² avec une longueur moyenne de 100 km et une largeur moyenne de 14 km. Elle comprend en totalité les wilayas d'Alger, et de Blida, partiellement celles de Tipaza et de Boumerdès. Elle est limitée au Sud par les piémonts de la chaîne montagneuse de l'Atlas de Blida et au Nord par le Sahel, bande

accidentée de quelques kilomètres de large qui borde la mer méditerranée et sur laquelle se situe la ville d'Alger. La baie d'Alger, l'Est de la ville, incise le Sahel, et le divise ainsi en deux parties : le sahel Ouest et le sahel Est (**Boudjeltia. 2006**)

On distingue les deux tranches du périmètre irrigué de la Mitidja Ouest :



ANBT 2019

Figure 03 : Périmètre irrigué de la Mitidja ouest

Le site du barrage de Boukourdane se trouve dans une zone de collines s'étendant en direction presque est-ouest. Il y a au nord, à 11km du site, la méditerranée et au sud, la montagne bou-maad.

L'oued EL Hachem est né par la confluence des affluents au tronçon du pont de fadiane, la retenue est formée dans la vallée entre les montagnes qui se dressent en amont de la retenue. La hauteur relative des massifs montagneux en deux rives est de l'ordre de plus 100m.

La surface d'eau dans la retenue prend forme d'une feuille d'arbre et les parcours des divers affluents ont presque la même longueur.

Le climat du bassin est sous l'influence de la méditerranée. L'année est divisée en deux saisons, la saison des pluies qui se caractérise par le froid et l'humidité et la saison sèche qui se caractérise par la chaleur et la sécheresse. (**ANBT. Janvier 1994**)

II.3.2. Bassin versant

Le bassin versant de l'oued EL Hachem s'étend depuis la montagne Bou-Maad au sud jusqu'à la méditerranée au nord. près de l'embouchure de l'oued, il y a une station hydrométrique mise en service depuis 1968. (ANBT. Janvier 1994)

II.3.3. Situation du site de barrage

Le barrage de Boukourdane est implanté sur l'oued EL Hachem dans qui se situe au sud-est de la ville de Tipaza à 1 km au sud de la ville de Sidi Amar en Algérie. Il est l'un des 65 barrages opérationnels en Algérie.

Au site du barrage la cote du thalweg est d'environ 70 m, la pente longitudinale du lit de l'oued est de l'ordre de 1%. Le barrage d'une hauteur de 55m au dessus de talweg avec une cote de retenue normal 199.5 m va constituer une accumulation de 101.5Mm³ régularisant ainsi l'oued EL Hachem et réservant de l'eau provenant de l'Oued Nador par pompage en vue de satisfaire les besoins en eau potable de cherche, de Nador et de Tipaza et en eau d'irrigation pour la vallée de l'Oued EL Hachem, les régions de Nador, de Hadjout et de sahel. Selon le programme défini dans l'Avant projet le volume d'eau régularisé par le barrage est de 49Mm³ par année, (ANBT .janvier 1994)



Figure04 : Image satellitaire de barrage Boukourdane (Google earth 2019)

II.3.4. Caractéristiques technique du barrage Boukourdane

Les caractéristiques du barrage Boukourdane ont été collectées auprès de l'ANBT de Tipaza et sont données par le tableau 04 suivant

Le barrage a été en construit en 1986 et la mise en eau en 1996

Tableau 04 : Caractéristique du barrage Boukourdane de Tipaza

Caractéristique du barrage	
Type	Terre
Hauteur	74.41 m
Longueur	609.68 m
Cote retenue normale	119.50 m
Cote plus hautes eau	123.00 m
Déversoir : seuil libre	1000 m ³ /s
Vidange de fond	150 m ³ /s
Caractéristique hydrologiques	
Oued	EL Hachem
Capacité dernier levé(2004)	104.99hm ³
Apport moyen annuel	35.0 hm ³
Apport (pompage nador)	20.0hm ³
Envasement annuel	0.21hm ³ /an
Surface du bassin versant	177 km ²
Destination -AEP des communes : -Irrigation :	-Tipaza, Cherchell, Nador, Hadjout, sidi Amer, sidi-ghiles. -Mitidja ouest et sahel algérois.
Superficie irrigué	832 Ha

Source : ANBT de Tipaza 20019

II.4.Climatologie

Un climat est défini comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, vent, précipitations ...etc.) qui caractérise l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné. La plaine de la Mitidja est soumise à un climat de type méditerranéen à étage subhumide littoral, caractérisé par des hivers froids et humides et des étés chauds et secs, caractérisant l'ensemble des plaines côtières. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le climat devient de plus en plus continental et l'on enregistre une baisse sensible des températures. Les mesures de ces agents atmosphériques s'effectuent au niveau du périmètre sur diverses stations planté par l'ANRH dans des différentes zones (Attatba, Ahmeur El Ain, Mouzaia,).

II.4.1.Température

Les relevés moyens mensuels des températures ont été enregistrés sur une période de 10 ans (2002 à 2012 station de Tipaza) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 05: Répartition mensuelle de températures moyennes (2002-2012)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T(min) °C	8,18	8,16	1,06	11,34	14,01	19,32	20,37	20,16	16,99	13,97	11,84	10,39
T(max)°C	17	17	19	21	26	30	33	32	30	27	20	17
T(moy)°C	12	12,08	14,5	15,61	19,81	24,41	26,52	26,39	23,37	20,04	15,91	12,80

(ANRH 2019)

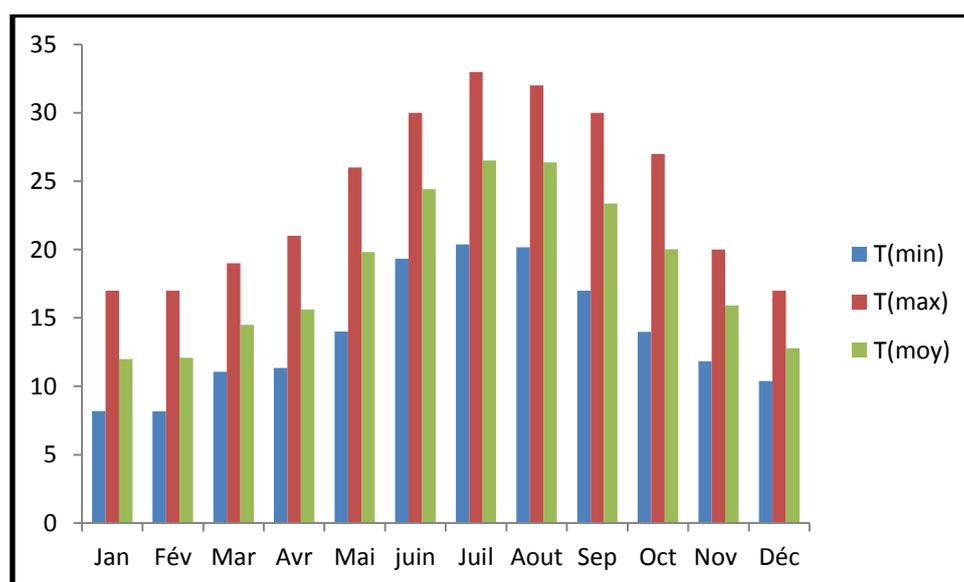


Figure 05 : Evolution température moyenne mensuelle

D'après le tableau 05, nous constatons que la moyenne mensuelle du mois le plus froid est de 12 °C et celle du mois le plus chaud est de 26.52 °C, elle correspond respectivement pour le mois de Janvier et Juillet.

II.4.2.Vent

Le vent est un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles vu ses caractéristiques de direction et de vitesses.

Tableau 06: Répartition mensuelle des vitesses moyennes des vents (km/h)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avar	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Vent (m/s)	2.2	1.9	2.1	2.4	2.3	2.3	2.2	1.9	2.2	1.9	2.1	2.3	2.2

(ANRH 2019)

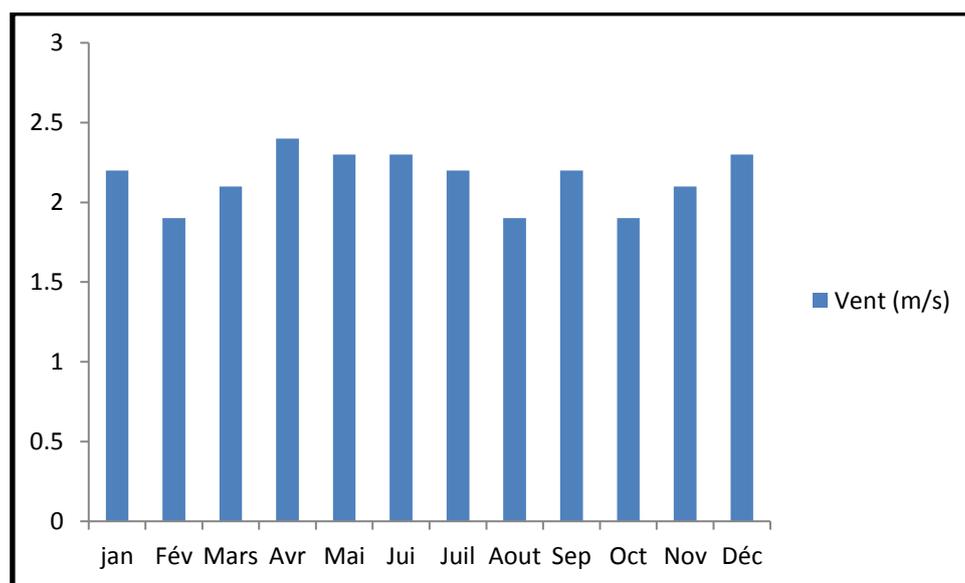


Figure 06 : Evolution de la vitesse des vents

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que :

La vitesse maximale est de 2.4m/s, elle est observée au mois d'avril.

La vitesse minimale est de 1.9 m/s, elle est observée aux mois d'aout et octobre

II.4.3.Pluviométrie

Les pluviométries sont définies comme l'ensemble des eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une surface bien déterminée. Elles peuvent se présenter sous

forme liquide (pluie, brouillard, rosée...) ou sous forme solide (neige, grêle, givre...). Elles sont réparties dans le temps et dans l'espace.

Les précipitations constituent le facteur essentiel qui gouverne l'écoulement des cours d'eau. En effet, ils ont un effet direct sur le débit, les matières en suspension et les phénomènes de dilution.

Les pluviométries moyennes sur une période d'observation de 10 ans (2002-2012) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 07 : Pluviométries moyennes interannuelle

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pluie (mm)	81,14	67,49	60,38	56,94	37,94	0,81	1,73	10,49	36,8	65,09	94,4	82,8	596,01

(ANRH 2019)

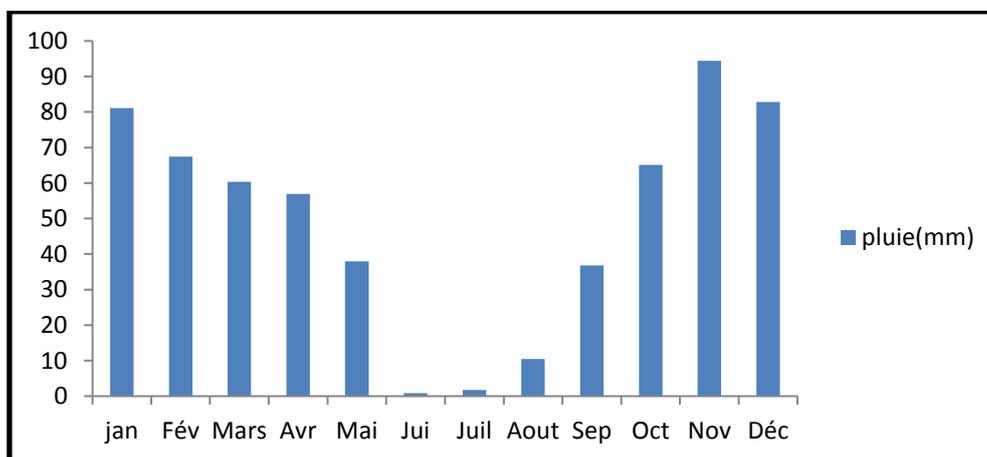


Figure 07 : répartition Pluviométries moyennes interannuelle

Le périmètre reçoit une pluviométrie moyenne interannuelle de 596.01 mm. D'après le tableau précédent on distingue les périodes pluvieuses et sèches.

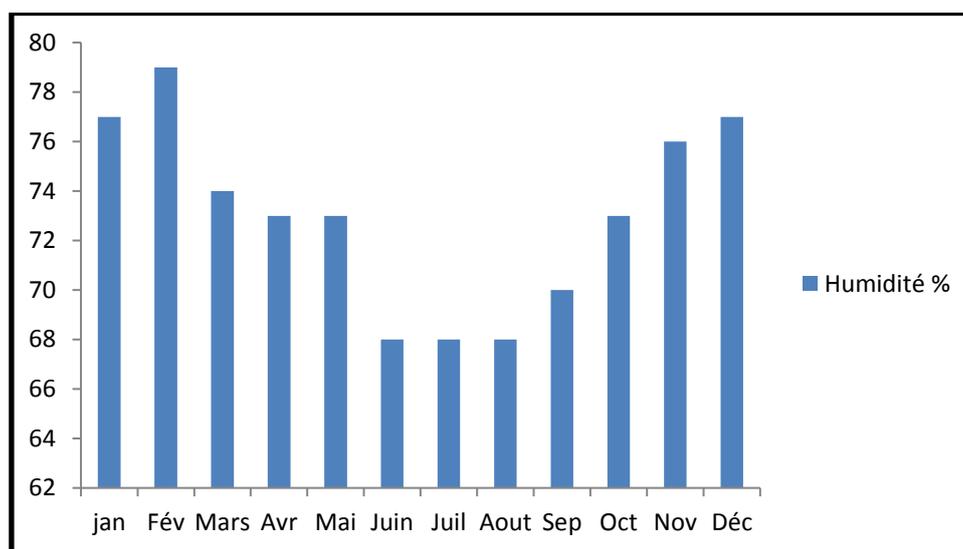
II.4.4.Humidité

L'humidité relative de l'air est un élément du cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal. L'humidité relative moyenne mensuelle est représentée dans le tableau 08

Tableau 08 : Humidités relatives moyennes mensuelles (2002 à 2012)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	moy
Humidité %	77	79	74	73	73	68	68	68	70	73	76	77	73

(ANRH 2019)

**Figure 08** : répartition d'humidité relative

D'après le tableau 08 le mois le plus humide est le mois de février avec 79%.

- Les mois les moins humides sont les mois juin, juillet et aout avec 68%.

II.5. Classification du climat

II.5.1. Selon le climagramme d'Emberger

Le diagramme d'Emberger appliqué sur une période de données climatique de 2002 à 2012 (figure 09) montre que la Wilaya de Tipaza.

$$Q_r = 3,43 \cdot P / (T_{\max} - T_{\min})$$

Q_r : coefficient d'émerger

P : précipitation mm

T : température (c°).

Après application de cette formule : avec $T_{\max} = 33^\circ\text{C}$, $T_{\min} = 8,16^\circ\text{C}$ et $P = 606,02$ mm

Donc : $Q_r = 3,43 [606,02 / (33 - 8,16)] \rightarrow Q_r = 83,68$

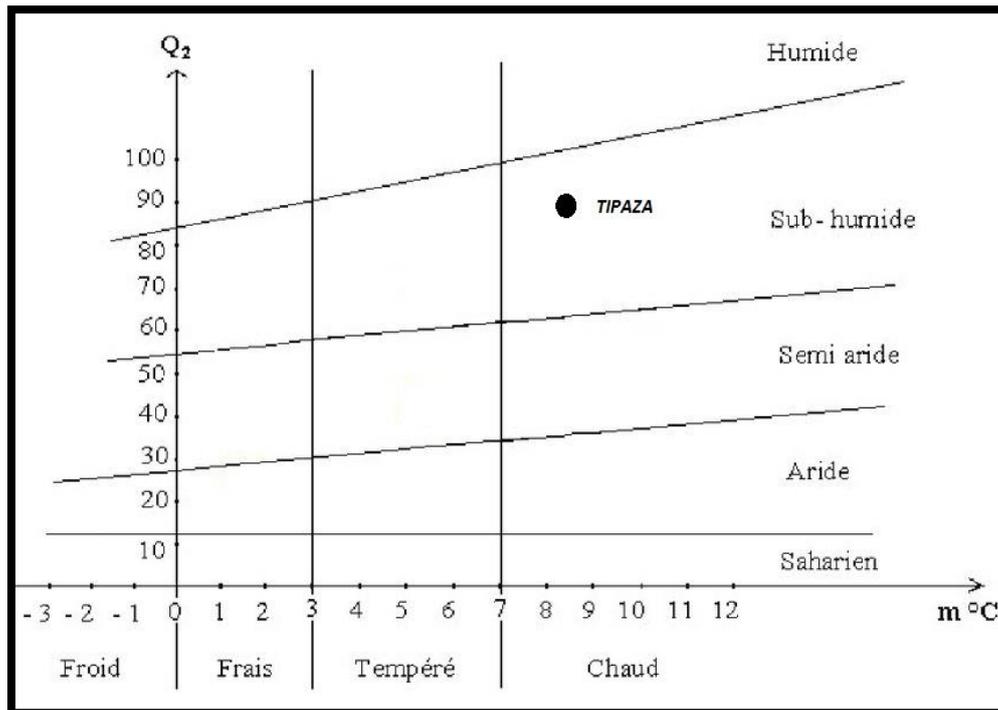


Figure 09: Climagramme d'Emberger de la wilaya Tipaza

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (figure 09), on peut dire que le climat de notre région est un climat subhumide, l'irrigation est parfois utile

II.5.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen

L'analyse des deux paramètres climatiques, les précipitations et la température, en fonction du temps permet de tracer la courbe ombrothermique qui met en évidence deux périodes : une période sèche et une période humide.

Donc en utilisant les températures moyennes mensuelles, et Les précipitations moyennes annuelles de la wilaya de Tipaza.

Avec :

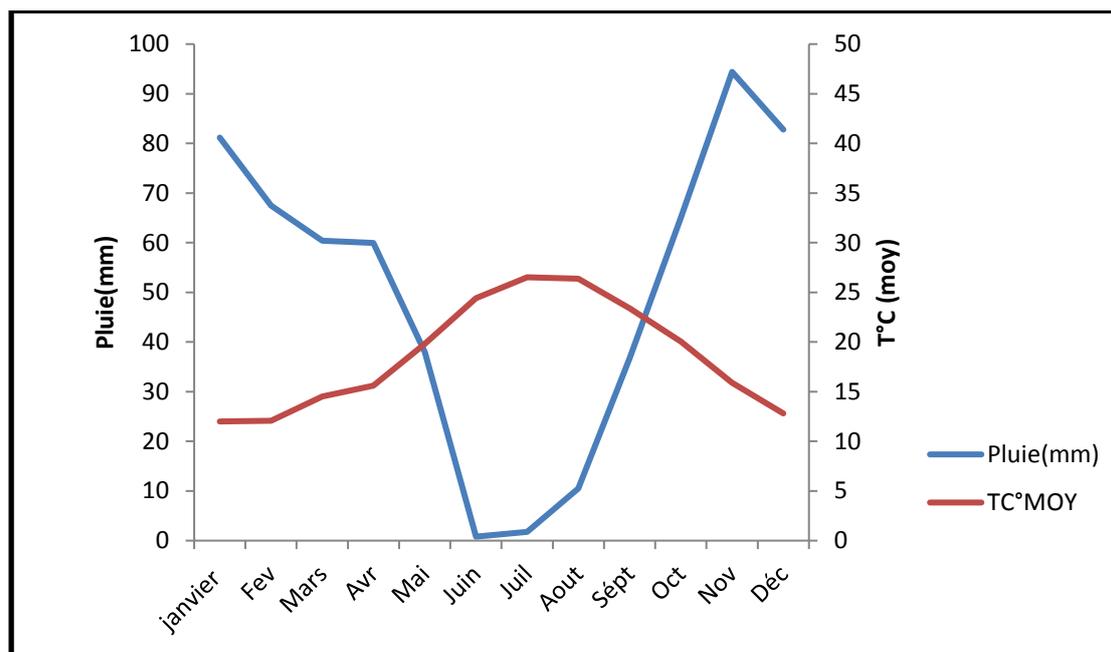
T: Température moyenne mensuelle en °C on $T = (T_{\max} + T_{\min}) / 2$

P: Précipitations moyenne mensuelle en mm $(P = 2T)$

Tableau 09 : les données climatiques de la Pluie et T°C (10 ans)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluie (mm)	81.14	67.49	60.38	56.94	37.94	0.81	1.73	10.49	36.8	65.09	94.4	82,8
T°C	12	12.08	14.5	15.61	19.81	24.41	26.52	26.39	23.37	20.04	15.91	12.80

(ANRH 2019)

**Figure 10** : Diagramme ombrothermique de Gausse 2002 – 2012 (Tipaza).

D'après ce diagramme, la répartition saisonnière de ces périodes est comme suite : La saison sèche s'étale sur une période de 4 mois, elle commence de la fin de mai, jusqu'au début d'octobre.

Le climat de la zone d'étude est de type **sub-humide**, c'est à dire qu'il est doux et humide en hiver et chaud et sec été. Les conditions climatiques sont dans l'ensemble favorables à l'activité agricole de la zone.

II.6. Echantillonnage :

20 prélèvements ont été réalisés durant la période sur l'année 2017 la photo montre le site de prélèvement

Chapitre III

Matériel et Méthodes



Source : cliché ,amara et ben moussa ,2019

II.7.Conclusion

D'après les analyses des conditions naturelles, nous pouvons conclure que : le climat est subhumide selon le climagramme d'Emberger, l'irrigation est indispensable à partir du mois de mai jusqu'au mois d'Octobre, la période pluvieuse commence du mois de novembre pour se terminer le mois février, les mois les plus secs sont Juin et Juillet.

III.1.Introduction

Nous avons effectué un stage pratique de vingt jours au niveau du laboratoire d'Agence National des Ressources Hydraulique (ANRH) de la wilaya de Blida, pour s'imprimer avec les techniques de mesure des paramètres physiques et chimiques des eaux du barrage de Boukourdane. Ensuite toutes ces notions ont été appliquées au laboratoire des eaux de l'ANRH de Blida pendant notre stage pour mesurer les différents paramètres des échantillons prélevés.

Notre étude est basée sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés sur 20 échantillons recueillis en bouteilles de polythène et ont été analysés dans le laboratoire des eaux de l'ANRH de Blida savoir, T°C, CE, pH, Oxygène dissous, Résidu Sec, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- .

III.2.Les technique principales pour prélèvement l'échantillon

Les échantillons d'eau sont pris dans des bouteilles en polythène à 0.5 m de profondeur de la surface de l'eau en amont du barrage. Les Bouteilles ont été mises dans la glacière. Les échantillons d'eau ont été analysés dans 24 heures qui suivent.

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon.

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité des préleveurs.
- Date et heure de prélèvement.
- Motif de la demande d'analyse.
- Point de prélèvement d'eau.
- Origine de l'eau.

La technique d'échantillonnage détermine la fiabilité des résultats. Les prélèvements sont manuels, les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre ou en polyéthylène, selon l'élément à analyser.

III.3.mode de prélèvement d'un l'échantillon

- Le niveau de prélèvement d'un échantillon en surface presque 0.5m en profondeur
- Nombre des échantillons pour fais tout les analyse physique-chimique sont 20 échantillons
- Le type des bouteilles sont polyéthylène et leur volume 1L
- La marque du multi paramètre utilisé pour la mesure de la
CE : Conductimètre WTW
pH : pH-mètre WTW
T° : Thermomètre à mercure
- Référence de la méthode de Rodier 2009
- La marque de l'appareil d'analyse au laboratoire spectrophotomètre DR-2000 HATH
- Les bicarbonates sont analyses par potentiomètre
- Les unités des résultats des analyses des cations et des anions mg/l

III.4.Analyse physico-chimiques

III.4.1 Analyse physique

III.4.1.1.Température

La mesure de la température est effectuée in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure immergé dans l'eau pendant 10 minutes.(**Rodier.2009**)



Thermomètre

III.4.1.2.Conductivité électrique

Pour déterminer la CE, nous avons utilisé un conductimètre et nous avons procédé de la manière suivante :

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage avec de l'eau distillée,

- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodier.2009)



Conductivité mètre

III.4.1.3. Potentiel d'hydrogène pH

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode, Le mode opératoire est le suivant :

- Prendre environ 20ml d'eau à analyser,
- Mettre un agitateur avec une faible agitation,
- Tremper l'électrode dans le bécher,
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation,
- Puis noter le pH (Rodier.2009).



pH mètre

III.4.1.4. Oxygène Dissous

Les relevés de l'Oxygène Dissous aussi sont réalisés in situ à l'aide d'un multi paramètres. L'utilisation de cet appareil consiste à plonger la sonde appropriée dans l'échantillon d'eau, après stabilisation de l'affichage sur l'écran. Il est exprimé en mg/l (Rodier.2009).

III.4.1.5.turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent.

On mesure la turbidité en unités de turbidité néphalométriques (NTU) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.

III.4.1.6.Résidu Sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Le mode opératoire est le suivant :

- Tarer une capsule préalablement lavé, rincée à l'eau distillée et desséchée,
- Prélever V=100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule,
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24heures,
- Peser immédiatement et rapidement.

Pour les calculs : RS

$$(P_P - P_V) \cdot 10 \cdot 100 / V \text{ (mg/l) de Résidu Sec}$$

P_P : le poids plein de la capsule.

P_V : le poids vide de la capsule.

Les résultats sont donnés en mg/l(**Rodier.2009**).

III.4.2.Analyse chimique

III.4.2.1Sodium et potassium

Le dosage du Sodium et de potassium est déterminé directement par spectromètre à flamme. Le dosage a été effectuée sur deux échantillons pris des deux stations. Chaque analyse est répétées tris fois.

Ces mesures sont faites également sur une solution étalon de Na⁺ et de K⁺ permettant de lire la valeur d'absorbance. Au début de chaque mesure, une mise à zéro de l'écran est réalisée au moyen d'un échantillon d'eau distillé. Les résultats sont exprimés directement en mg/l de sodium et potassium(**Rodier.2009**).



Photomètre de flamme

III.4.2.2. Dosage du calcium (Ca^{2+}) et du Magnésium (Mg^{2+})

Le sel disodique de l'acide EthylèneDiamino Tétra Acétique cristallisé avec H_2O , appelé aussi complexons ou versénate forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

○ Dosage du $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Eriochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve.

On décèle la fin du virage par le Noir Eriochrome T qui vire du rose au bleu(Rodier.2009).

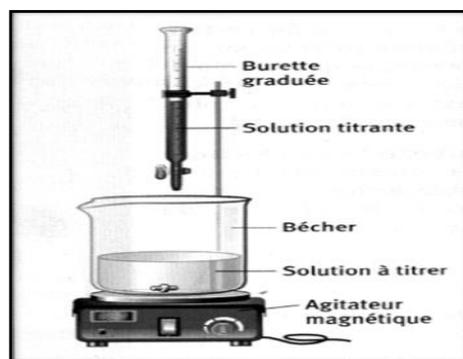
○ Dosage du Ca^{2+}

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Reeder (Acide hydroxy-2 (Hydroxy-2 Sulfo-4 Naphtoiq-3)). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu franc.

Nous avons suivi pour cela les étapes suivantes :

- Le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.
- On prépare une solution de CaCO_3 à 1g/l (attaque de 1g de CaCO_3 par HCl dilué puis ajuster à 1litre par de l'eau distillée. Le CaCO_3 doit avoir été séché à l'étuve puis refroidi au dessiccateur),
- On prélève 10ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20mé/l de Ca^{2+} ,

- Les PE (Prise d'Essai) ayant été placés dans des béchers de 50ml on y ajoute systématiquement 2ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de NaOH (Ca) et une pincée d'indicateur, la solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).
- La solution étalon de Ca^{2+} et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique,
- L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au bleu en maintenant une agitation dans le bécher ,
- On notera soigneusement le volume V_1 d'E.D.T. A nécessaire pour faire virer la solution étalon de Ca^{2+} et les volumes V_2 d'E.D.T. A nécessaire pour faire virer les échantillons. L'E.D.T.A peut également servir à doser des ions Mg^{2+} .

Titrage de Ca^{2+} et Mg^{2+} **Pour les calculs :****Calcul de la normalité de l'E.D.T. A**

10ml à 20mé/l de Calcium ont été dosés par V_1 d'E.D.T. A

$$N_{\text{E.D.T.A}} \text{mé/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

+ Teneur en Calcium et Magnésium des échantillons

$$X \text{mé/l Ca/Mg} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{\text{PE(ml)}}$$

+ Teneur en Calcium des échantillons

$$X \text{mé/l Ca} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_1}{\text{PE(ml)}}$$

+ Teneur en Magnésium des échantillons

mé/l de Mg = mé/l de Ca/Mg - mé/l de Ca (Rodier.2009).

III.4.2.3. Carbonate et bicarbonate

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation particulière aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux troubles ou colorées.

Les carbonates n'existent qu'à $\text{pH} > 8,3$ et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Le mode opératoire est :

- Si $\text{pH} > 8,3$: Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N goutte à goutte et arrêter quand le pH/mètre indique $\text{pH} = 8,3$; noter le volume d'acide sulfurique V_1 (ml) versé.
- Si pH est compris entre 4,4 et 8,8 : Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N jusqu'à obtenir $\text{pH} = 4,4$; noter le volume d'acide V_2 (ml) versé.

Si $V_2 < 5\text{ml}$ prendre 40ml de PE

Si $V_2 > 10\text{ml}$ prendre 10ml de PE

Pour les calculs

1. Si $\text{pH} > 8,3$

$V_2 > 2V_1$: il y a des bicarbonates dans l'échantillon ce qui implique une teneur négligeable en OH^- : $\text{OH}^- = 0$

$V_2 < 2V_1$: il y a des OH^- dans l'échantillon donc une teneur en bicarbonates négligeable. $\text{HCO}_3^- = 0$

2. Si pH est compris entre 4,4 et 8,3 : Il n'ya ni carbonates ni OH^- dans l'échantillon.

L'expression des résultats :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

(Rodier.2009).

III.4.2.4. Chlorures

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm. Les étapes du mode opératoire sont :

- On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml,
- Les PE (Prise d'Essai) des solutions étalons, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir :

- On ajoute dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.
- On agite vigoureusement les erlens pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½ heure,
- On effectue les lectures au spectrophotomètre DR/2000 à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

résultats sont exprimés directement en mg/l des chlorures par la lecture graphique (Rodier.2009).

III.4.2.5.Nitrates

On effectue comme suit :

- Dans un erlen de 100ml, ou mieux dans un flacon en verre brun de 100ml, introduire :
 - PE = 1ml ;
 - Solution de Soude 0,05M = 5ml ;
 - Mélange Réducteur = 5ml.
- Agiter après chaque addition et attendre 1 heure avant d'ajouter : Mélange colorant = 40ml,
- Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant ¼ heure. Mesurer sa densité à 520nm (DR/2000 HACH Spectrophotomètre).

Résultats sont exprimés directement en mg/l de des nitrates par la lecture graphique (Rodier.2009).

III.5.Utilisation du logiciel Diagramme

- **Présentation de logiciel**



Figure11 : Tableau des matières (Roland Simler ; 2014)

Ce logiciel permet à partir de données importées d'un tableur, création de diagrammes spécifiques à l'hydrogéologie et validation des données analytiques.

III.5.1. Diagramme de piper

Le diagramme de Piper permet de représenter simultanément plusieurs échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et anionique des eaux et un losange synthétisant le faciès global.

Le principe consiste à représenter dans chaque triangle équilatéral les quantités en réaction par rapport à la concentration des anions et des cations, on obtient ainsi deux points représentatifs indiquant la dominance d'un anion ou d'un cation. Les unités de mesure utilisées dans le diagramme Piper sont : %, meq/l et mg/l

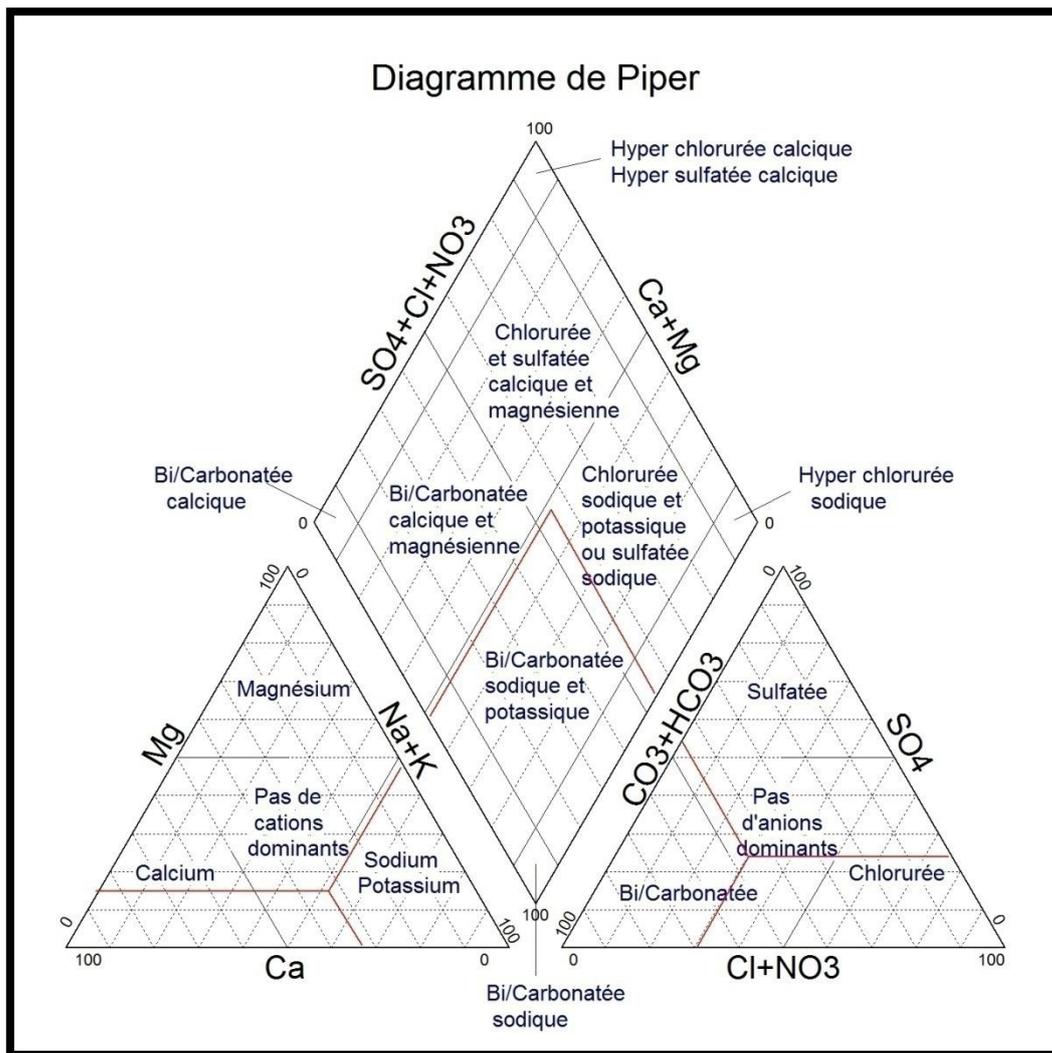


Figure 12 : Diagramme de piper

III.5.2. Diagramme Riverside

Afin de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau des zones d'étude, nous avons indiqué les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant une image fidèle de cette qualité de l'eau étudiée.

Chapitre IV

Résultat et discussion

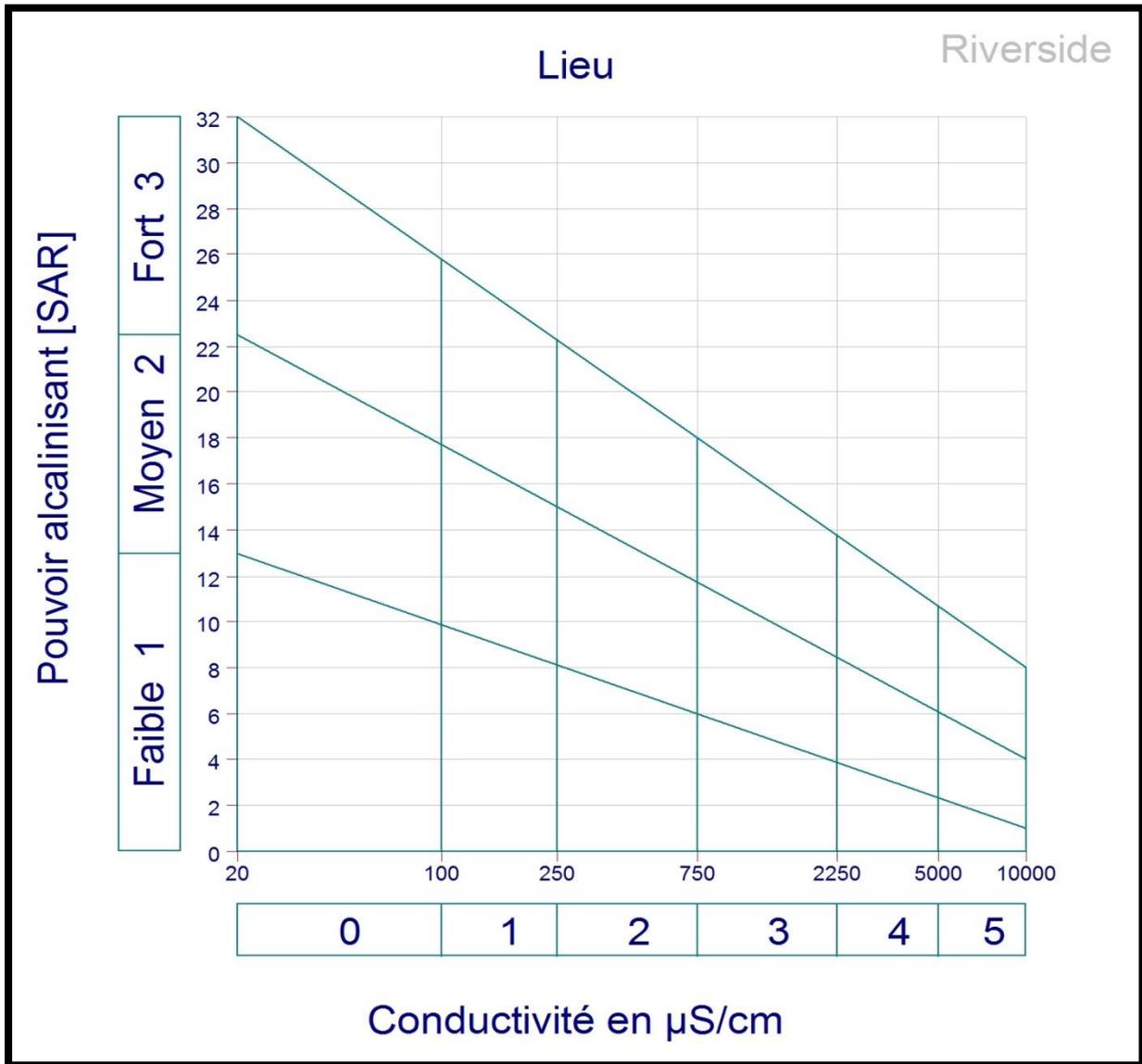


Figure 13 : Diagramme de Riverside

III.6.Conclusion :

Les conditions de prélèvement des échantillons sont favorables ainsi que les méthodes d'analyses suivies au laboratoire de l'ANRH répondent aux normes internationales. Les paramètres analysés et calculés permettent de contribuer à la caractérisation de l'aptitude qualitative des eaux du barrage Boukourdane de Tipaza à l'irrigation.

IV.1.Introduction

La surveillance de la conformité de la qualité de l'eau est une activité fondamentale. Dans ce chapitre, nous allons présenter et interpréter les résultats des différents paramètres de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage de Boukourdane.

L'étude de l'aptitude de l'eau d'irrigation est basée sur les paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Boukourdane. La température, conductivité, pH et la turbidité ont été mesurés in-situ par multi paramètres. Les autres paramètres : résidu sec et oxygène dissous le calcium, le sodium, le magnésium, les chlorures, les sulfates et les nitrates et potassium, et bicarbonates ont été mesuré au laboratoire des eaux de l'ANRH de Blida.

IV.2.Résultats des analyses physico-chimiques

IV.2.1.Température

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous et par conséquent sur la conductivité électrique et le pH.

Les variations des températures des échantillons d'eau sont données par le tableau 10 et illustré dans la figure 14

Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles de l'eau

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
T°C Eau	12,1	12,8	18,4	20,3	22,2	27,8	20,0	29,0	26,3	24,6	19,1	13,5	28
T°C Air	10,8	17,0	21,5	23,9	26,0	33,7	22,0	31,0	28,5	28,9	13,1	16,2	

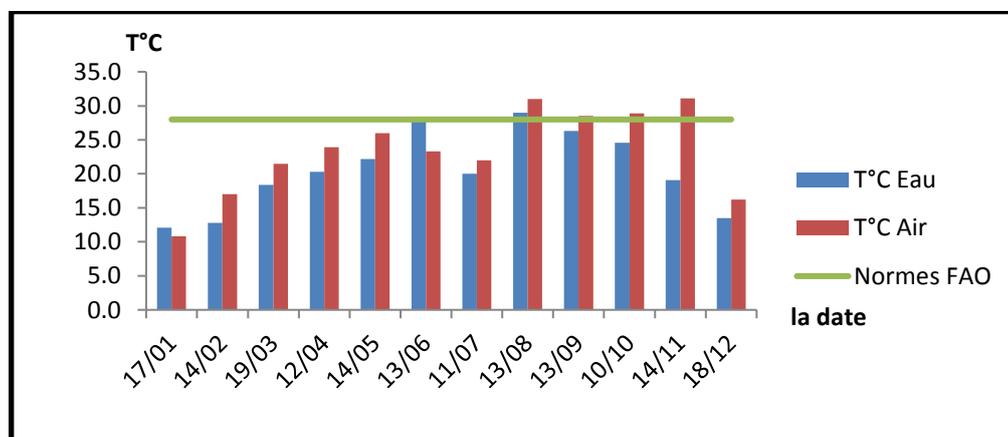


Figure 14: Variation de la température.

La température est due aux influences atmosphériques et particulièrement les changements de la température de l'air ; de la nature géologique et de la profondeur de l'eau. La température d'une eau du barrage devrait être inférieure à la température de l'air. La température d'eau du barrage Boukourdane varie en fonction de la température extérieure (l'air), donc leur variation est saisonnière. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison estivale avec 27,8 °C et 29 °C respectivement aux mois de mai et août cette dernière dépasse ainsi les normes fixées par la FAO à 24-28°C (**allant à l'annexe**). La plus faibles pendant la saison hivernale correspond au mois janvier. Avec 12,1 °C

IV.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est proportionnelle à quantité des sels dissous par conséquent un indicateur du degré de minéralisation de l'eau. Les résultats obtenus sont montrés par le tableau 11.

Tableau 11 : Variation de la conductivité électrique

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
CE $\mu\text{s/cm}$	852	707	820	705	716	780	683	705	709	736	748	762	3000

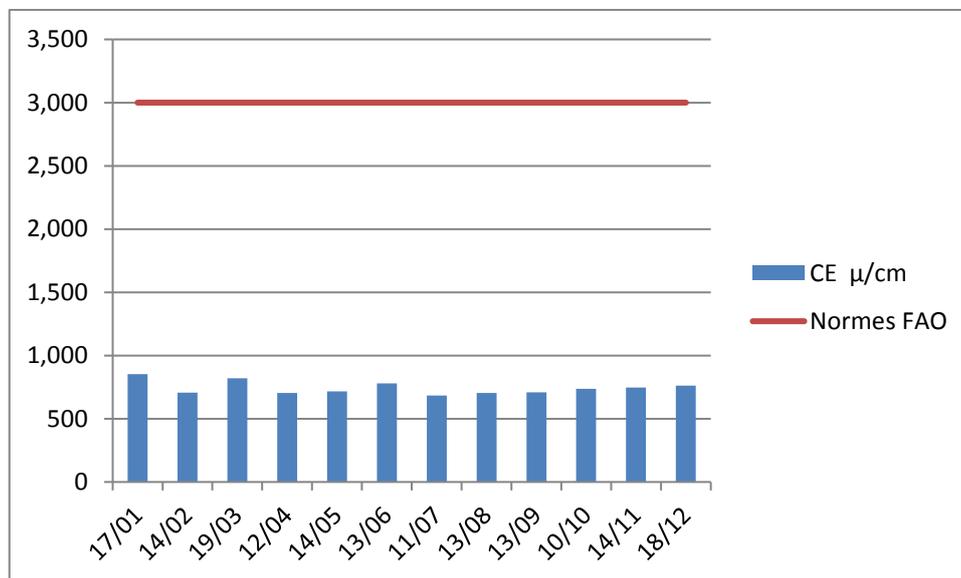


Figure 15: Variation de la conductivité électrique

D'après la figure 15, les eaux de barrage de Boukourdane présentent des valeurs de conductivité électrique fluctuent dans l'intervalle 683-852 $\mu\text{S/cm}$ durant la période d'étude 852 $\mu\text{s/cm}$ au mois janvier 683 $\mu\text{s/cm}$ au mois juillet. Ces valeurs restent en dessous de la norme FAO des eaux d'irrigation qui est fixée à 3000 $\mu\text{S/cm}$.

IV.2.3.Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux naturelles lié à la nature des terrains traversés. Ces résultats montrent que les valeurs du pH sont légèrement variées ce qui reflète clairement l'influence de la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux.

Tableau 12.Variation de pH à 20°C

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
pH	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.1	8.0	8.2	8.1	8.2	8.3	8.3	8.5

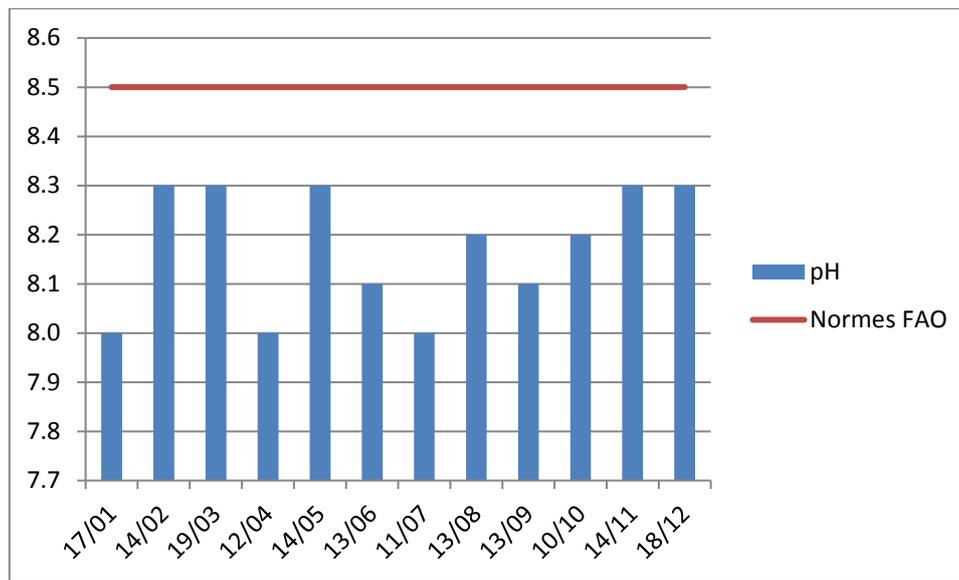


Figure 16 : Variation de pH

Le pH de l'eau qui renseigne sur l'acidité de cette dernière. Le pH des eaux présente une faible variation. Ces valeurs sont proches de la neutralité ;un minimum de 8.0 et 8.1 respectivement aux mois janvier ,avril et juillet et un maximum de 8,3 aux mois février, mars, mai ,novembre et décembre . C'est à dire qu'il est conforme aux normes FAO à fixé à 6.5-8.5.

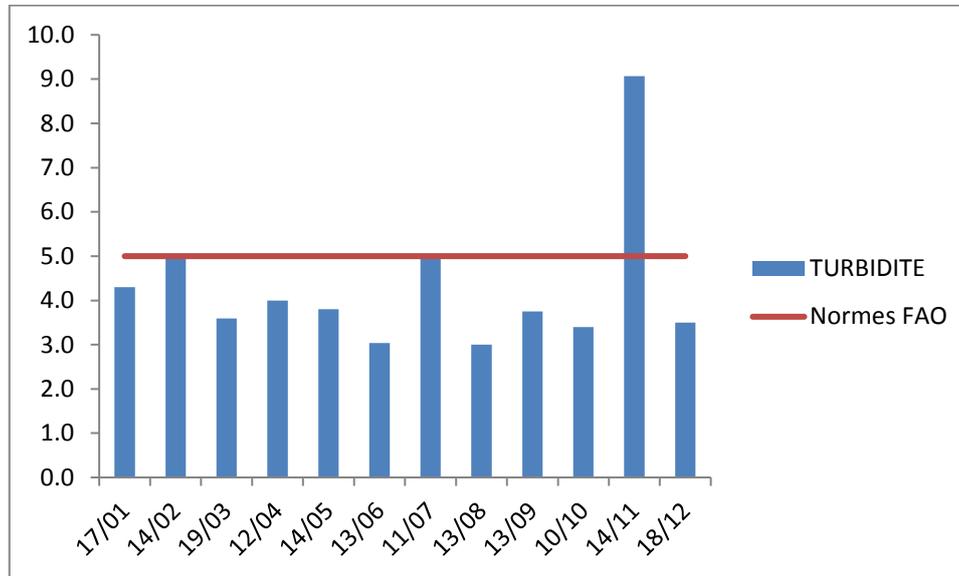
Ce pH est dans la gamme normale du pH (6.5-8.5) d'une eau d'irrigation. Ainsi, il n'y a pas de risque de colmatage (pH au dessus de la gamme) ou de corrosion (pH en dessous de la gamme) du réseau d'irrigation (goutte à goutte).

IV.2.4.Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le trouble et traduit la présence de particules en suspension dans l'eau : matière organique, argiles, micro organismes etc. Les résultats de mesure de turbidité sont illustrés par le tableau 13.

Tableau 13 : variation de turbidité

Date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
NTU	4.3	5.0	3.6	4.0	3.8	3.0	5.0	3.0	3.8	3.4	9.1	3.5	5

**Figure 17**: variation de la turbidité

On remarque que les valeurs de la turbidité ne doivent pas dépasser selon les normes de la FAO fixées à 5 NTU, néanmoins a valeur maximale de 9.1 NTU au mois novembre ceci est expliqué par la présence de matières en suspension : matière organique, argile, limons etc. La valeur minimale 3.0 NTU juin et août.

IV.2.5.Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous (O₂ dissous) constituent l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux dans la mesure où il est indispensable à la vie aquatique et à la dégradation des polluants biodégradables permettant l'autoépuration.

Tableau 14 : Variation d'oxygène dissous

Date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
O ₂ (mg/l)	8.4	11.4	11.9	13.3	9.0	9.8	9.0	9.4	8.0	7.2	9.0	7.3	5

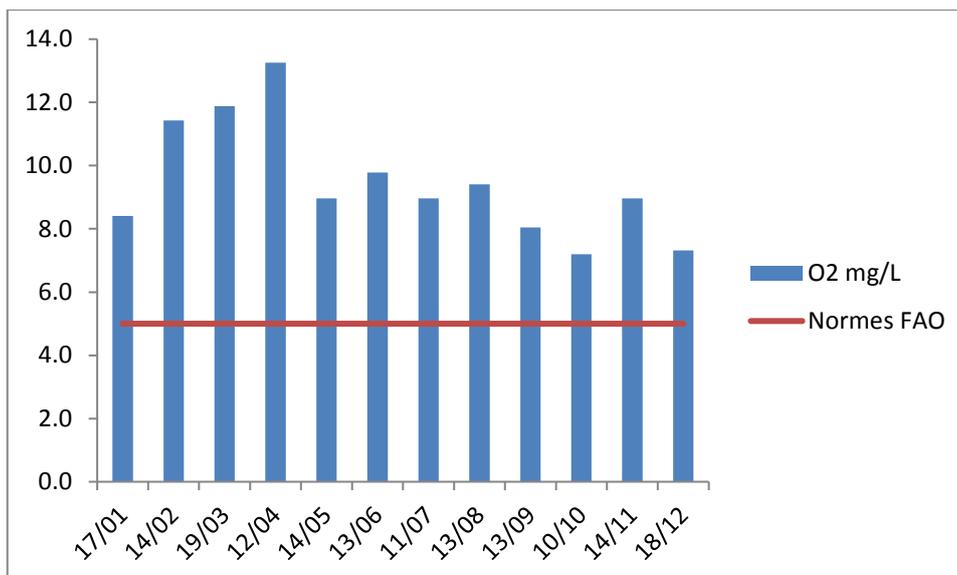


Figure 18 : Variation d'oxygène dissous

D'après la figure 18 les valeurs d'oxygène dissous varient entre un maximum de 13.3 mg/l au mois Avril et un minimum est 7,2mg/l au mois Octobre. Ces valeurs sont conformes aux normes de la FAO qui fixée 5 mg/l. Néanmoins, l'oxygène dissous n'a pas atteint le niveau de saturation. On note qu'une eau saturée d'air, à 20 °C et sous la pression normale contient 9,1 mg/l d'oxygène.

IV.2.6 Résidu sec (RS)

Tableau 15 : variation du résidu sec

Date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
RS	556	525	521	540	485	534	433	486	468	502	441	532	1500

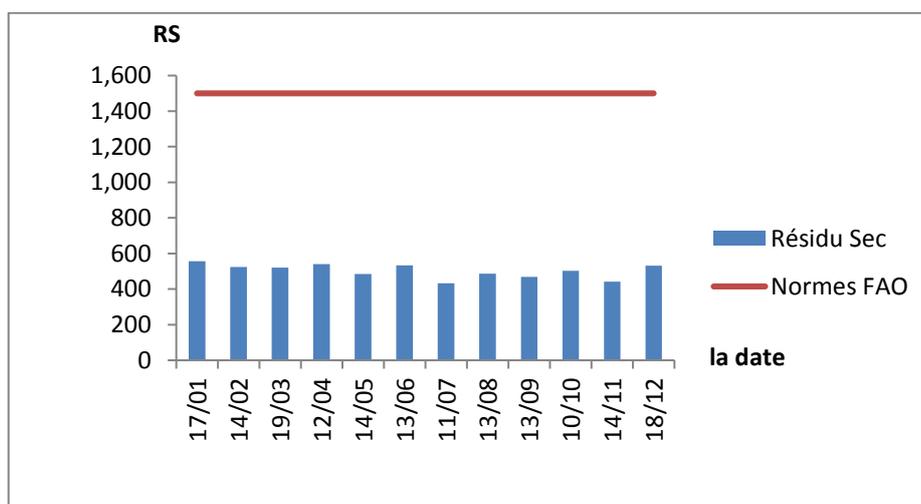


Figure 19 : Variation du résidu sec

D'après la figure 19, on remarque que les valeurs de résidu sec sont conformes aux normes de la FAO fixées à 1500 mg/l, la valeur de résidu sec maximale est de 556 mg/l pour le mois de janvier tandis que la valeur minimale est de 433mg/l au mois de juillet.

IV.2.7.Chlorures (Cl⁻)

Les résultats de mesure des chlorures sont donnés par le tableau 16

Tableau 16.Variation de chlorures

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
Cl ⁻ (Mg/l)	98	68	62	58	64	67	69	70	80	80	73	71	1056

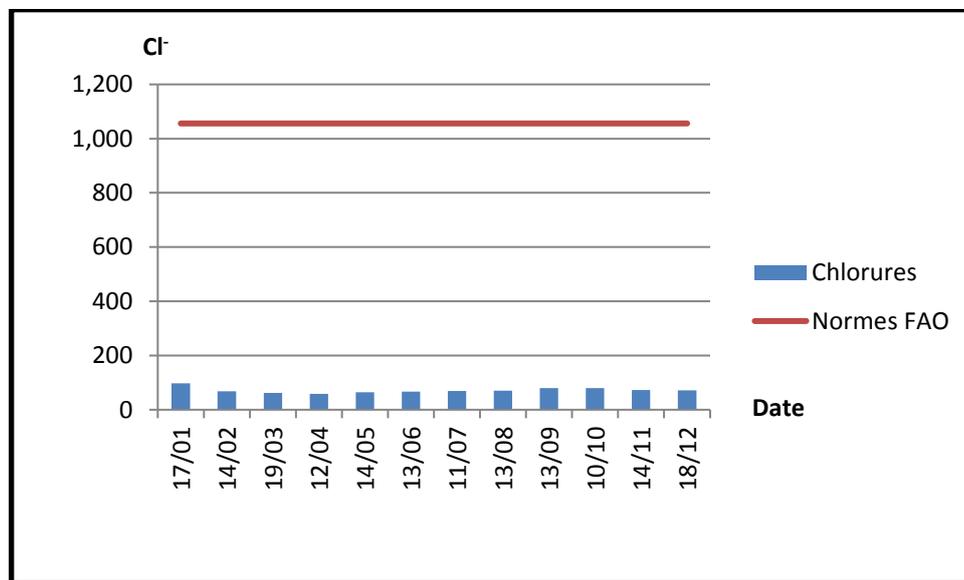


Figure 20:Variation de Cl⁻.

Les résultats de dosage des chlorures montrent que les teneurs en chlorures varient d'un mois à l'autre, la plus faible 58 mg/l au mois avril. et la teneur la plus élevée est de 98 mg/l au mois janvier. Les valeurs sont conformes aux normes FAO 1056 mg/l.

La concentration des chlorures est très faible. L'utilisation de cette eau en irrigation par aspersion, et/ou en pulvérisation foliaire ne présente pas de risque de toxicité

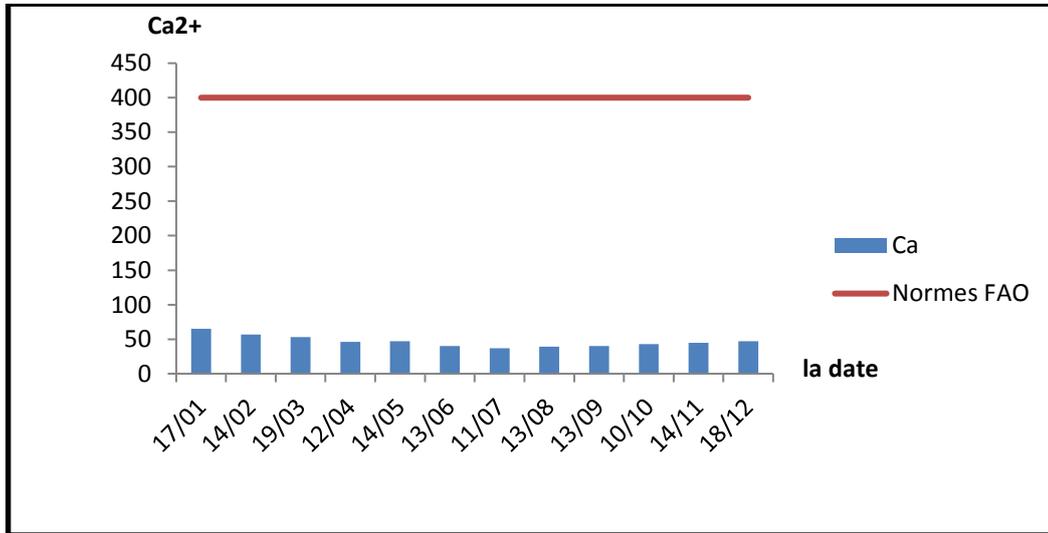
Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺)

IV.2.8.Calcium (Ca²⁺)

Les résultats des analyses du calcium sont donnés par le tableau 17 et illustré par la figure 21 :

Tableau 17: variation de calcium Ca^{2+}

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
Ca^{2+} (mg/l)	65	57	53	46	47	40	37	39	40	43	45	47	400

**Figure 21:** Variation du calcium

Les résultats obtenus montrent que le contenu en calcium dans les eaux du barrage Boukourdane sont inférieurs à la norme de la FAO. La valeur maximal de calcium est 65 mg/l pour le mois de janvier et minimal pour le mois juillet 37mg/l.

IV.2.9.Magnésium (Mg^{2+})

Les variations des teneurs en magnésium sont représentées par le tableau 18:

Tableau 18: Variation de magnésium Mg^{2+}

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
Mg^{2+}	32	24	27	28	30	31	29	30	25	32	30	29	75

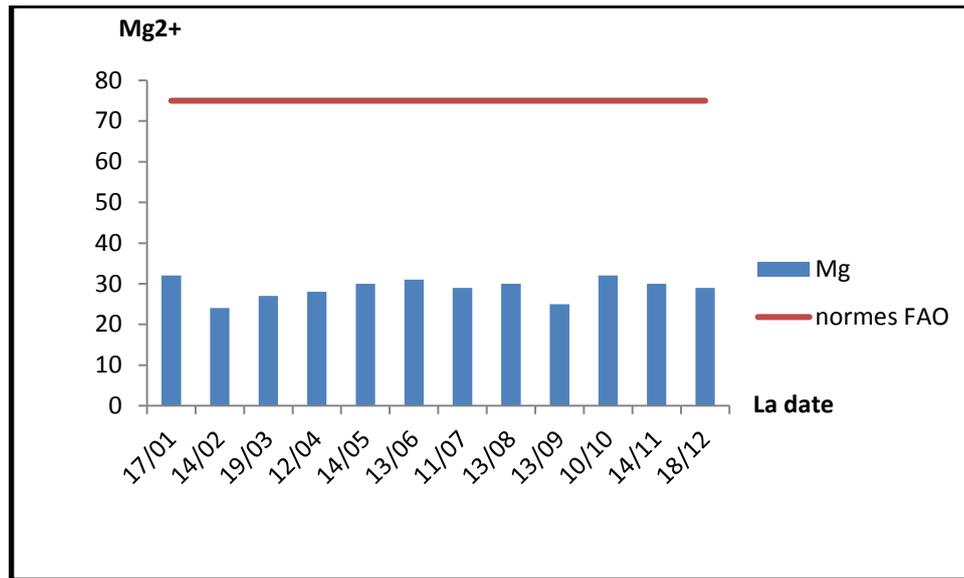


Figure 22 : comparaison du magnésium avec normes FAO

D'après les résultats obtenus dans le tableau 18, la valeur maximale du magnésium est de 32 mg/l les mois janvier et octobre et la valeur minimale est 24 mg/l pendant le mois février.

On constate que les teneurs en magnésium dans les eaux du barrage Boukourdane ne dépassent pas les normes déterminées par la FAO.

IV.2.10.Sodium (Na^+)

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. Il est très soluble dans l'eau. Les origines possibles de sodium sont la dissolution de couches salifères, le sodium dans les eaux peut provenir : du lessivage des formations riches en NaCl (argiles- marnes), des eaux usées d'origine industrielle et domestique, de l'invasion d'eau marine, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation. Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau.

Les résultats d'analyse du sodium sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 19: Variation de sodium

date 2017	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
Na^+ Mg/l	74	68	71	58	63	78	54	69	66	68	62	47	90

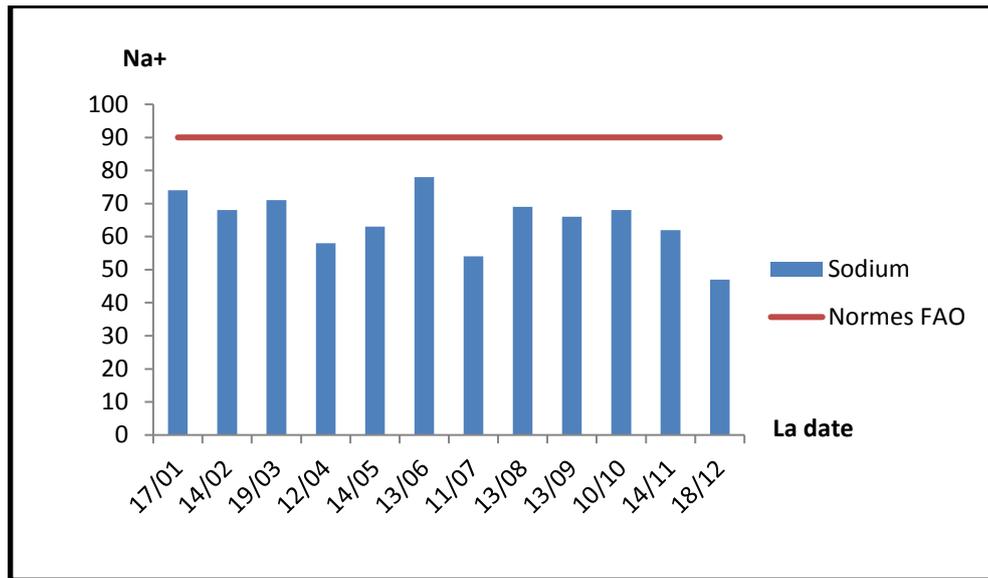


Figure 23: Variation du sodium Na⁺

Selon les résultats que le contenu en sodium varie entre 47 mg/l au mois décembre à 78 mg/l au mois juin. Ces valeurs répondent à la norme fixée par la FAO à 90 mg/l.

IV.2.11. Potassium (K⁺)

Les résultats des teneurs en potassium sont donnés par le tableau 20

Tableau 20: Variation de potassium

date 2017	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
K ⁺ (mg/l)	0	0	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	2

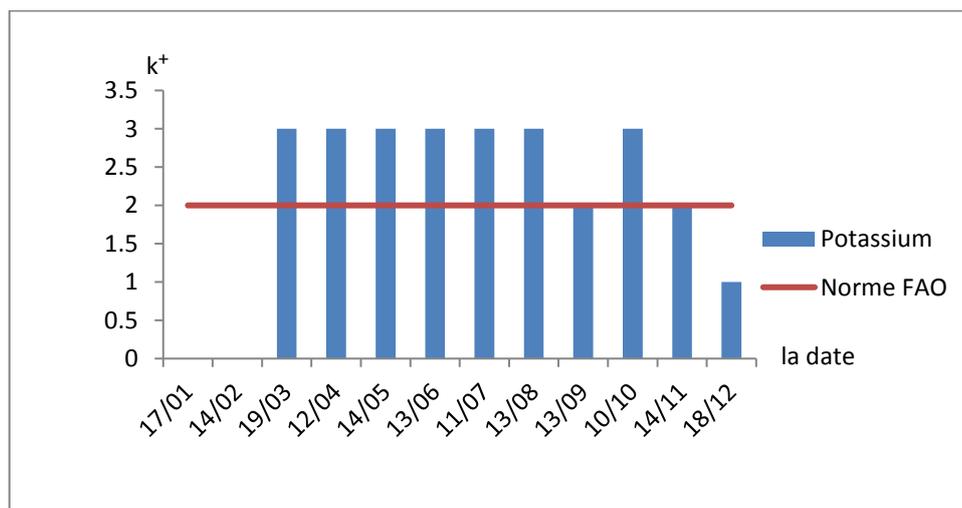


Figure 24 : Variation du potassium

La valeur maximale qui enregistré 3.0 au mois mars, avril, mai, juin, juillet, aout et octobre et la valeur minimale 0.0 janvier et février.

Le potassium provient du lessivage des engrais, des argiles et de l'activité industrielle. On constate que les teneurs en K^+ sont élevées et dépassent les normes de la FAO.

IV.2.12.Nitrates (NO_3^-)

Les résultats d'analyse des nitrates sont donnés par le tableau 21

Tableau 21. Variation de nitrates

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
NO_3^- (mg/l)	0.2	1.8	0.7	1.1	0.9	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10

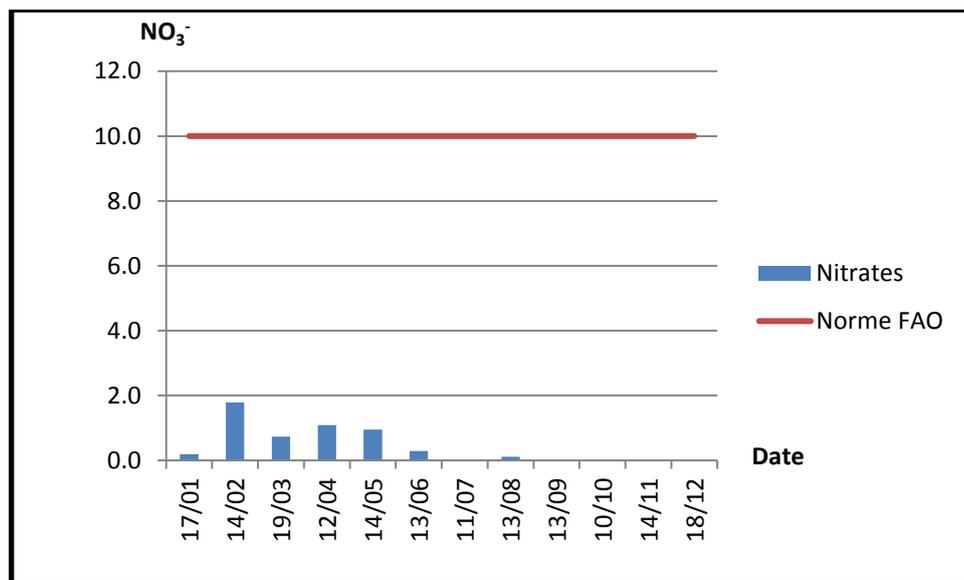


Figure 25: Comparaison du nitrate avec les normes algériennes

D'après la figure 25, Les résultats obtenus indiquent la présence de nitrate dans l'eau de barrage en quantité très faible entre 0.0 au mois juillet, septembre, octobre, novembre et décembre et 1.8 mg/l au mois février ce résultat sont conforme aux normes d'eau d'irrigation FAO 10 mg/l et d'eau.

La teneur en nitrate dans cette eau d'irrigation est moyenne et répondent aux normes Algériennes. Ceci doit être pris en compte lors du calcul de la dose de fertilisation

IV.2.13. Bicarbonates (HCO_3^-)

Le tableau représente les résultats d'analyse des bicarbonates HCO_3^-

Tableau 22 : Variation de bicarbonates

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12	Norme FAO
HCO_3^- (mg/l)	183	183	214	214	214	189	113	183	153	183	186	183	610

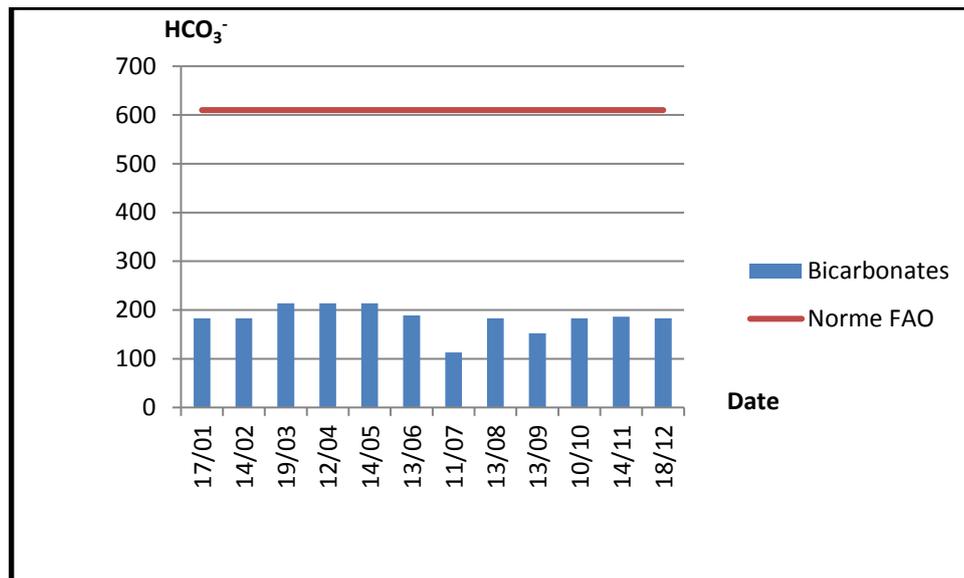


Figure 26: Variation des bicarbonates

Les teneurs en bicarbonates de notre eau de barrage d'étude, varient entre de 113mg/l au mois juillet à 214mg/l au mois mars, avril et mai .Ce qui suppose que les eaux de barrage sont très riches en bicarbonate.

Les teneurs en bicarbonates répondent aux normes FAO.

En outre, une teneur faible en bicarbonate montre que le risque de formation de dépôts calcaires pouvant colmater les systèmes d'irrigation est très faible.

IV.3. Ration d'absorption du sodium (SAR)

Pour un SAR donné le risque de voir se développer des problèmes augmente avec la concentration en sel croissante. Les valeurs de SAR ont été calculées par la formule suivant Formule de Gapon :

$$SAR(\text{ratio d'absorption du sodium}) = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}{2}}}$$

Avec Na^+ , Mg^{2+} et Ca^{2+} en mél/l

Le tableau montre les valeurs d'interprétation des valeurs de SAR :

Tableau 23: Risque alcalin des eaux d'irrigation

Risque	SAR
Risque faible	<10
Risque moyen	$10 < \text{SAR} < 18$
Risque élevé	$18 < \text{SAR} < 26$
Risque très élevé	$26 < \text{SAR}$

(Zella.2012)

Les résultats de calcul du SAR sont représentés par le tableau suivant :

Tableau 24 : Variation de SAR (ratio d'absorption du sodium)

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12
SAR (meq/l)	1.88	1.89	1.97	1.66	1.75	2.24	1.60	2.01	2.00	1.90	1.75	1.32

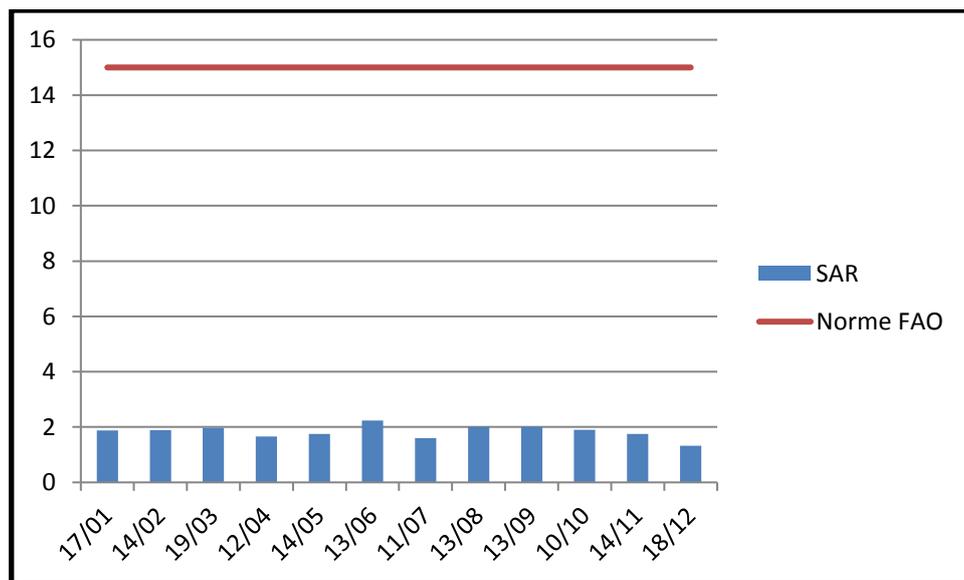


Figure 27 : Variation du SAR

D'après les résultats, on constate que les valeurs de SAR est compris entre 1,32 au mois décembre et 2,24 au mois juin ce qui affirme un très faible apport du sodium à la solution du sol selon la classification du et Les valeurs de SAR sont faibles ($\text{SAR} < 10$) et donc le risque alcalin faible pour l'eau d'irrigation du barrage Boukourdane.

Un ratio d'absorption du sodium (SAR) faible montre qu'il ya un risque faible d'infiltration dans le sol et de perméabilité liés à l'utilisation de cette eau.

IV.4.Sodium adsorbé ajusté (SAR ajusté)

Les experts de la FAO ont amélioré ce SAR en SAR ajusté(SAR_{aj}) en tenant compte des ions carbonates et des ions bicarbonates et même du type d'argile, regroupée dans un paramètre le pH_c :(Zella.2012)

$$SAR_{aj}=SAR [1+ (8,4-pH_c)]$$

Le paramètre pH_c est déterminé par la relation

$$pH_c = (pk'_2 - pk'_c) + p(Ca+Mg) + p(A/K)$$

Les résultats de calcul de PHc sont donnés par le tableau 26

Tableau 25 : la variation de pH_c

Date (2017)	17/01	14/02	18/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12
pH _c	6,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	6,8	6,9	6,8	6,8	6,9

Les valeurs du SAR ajusté calculés sont représentés par le tableau suivant :

Tableau 26 : variation de SAR et SAR_{aj}

date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12
SAR	1,88	1,89	1,97	1,66	1,75	2,24	1,60	2,01	2,00	1,90	1,75	1,32
SAR _{aj}	5,26	4,91	5,12	4,31	4,55	5,82	4,00	5,23	5,00	4,94	4,55	3,3

Les normes d'interprétation du SAR ajusté sont mentionnées dans le tableau 27

Tableau 27: Guide d'interprétation de la qualité de l'eau d'irrigation

Paramètre	Pas de problèmes	Problèmes croissants	Problèmes graves
SAR _{aj} (%)	<6	6-16	>16

(Zella.2012)

D'après les résultats, Les valeurs calculées du SAR_{aj}, dans les eaux de barrage répondent aux normes et ne pose pas de problèmes majeurs sur la structure su sol. Pas de problèmes, et ce quelle que soit la nature texturale et le type d'argile des deux sols.

IV.5.Résiduel sodium carbonate (RSC)

L'effet des bicarbonates est exprimé en termes de carbonates de sodium résiduel. Dans les eaux à forte teneur en bicarbonate, les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ s'ils sont fréquents auront

tendance à précipiter sous forme de carbonates, diminuant ainsi la teneur en Ca^{2+} et Mg^{2+} solubles et augmentant le SAR. Le carbonate de sodium résiduel s'écrit :

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Si le $\text{RSC} < 1.25$ l'eau peu être utilisé à l'irrigation

Si le $\text{RSC} > 1.25$ l'eau n'est utilisé à l'irrigation (**Zella.2012**)

Les résultats de l'alcalinité résiduelle obtenus sont indiqués dans le tableau 28 et représentés dans la figure 28

Tableau 28 : variation de RSC

Date (2017)	17/01	14/02	19/03	12/04	14/05	13/06	11/07	13/08	13/09	10/10	14/11	18/12
RSC (meq/l)	-3,01	-1,95	-1,5	-1,23	-1,45	-1,58	-2,47	-1,55	-1,65	-1,91	-1,80	-1,86

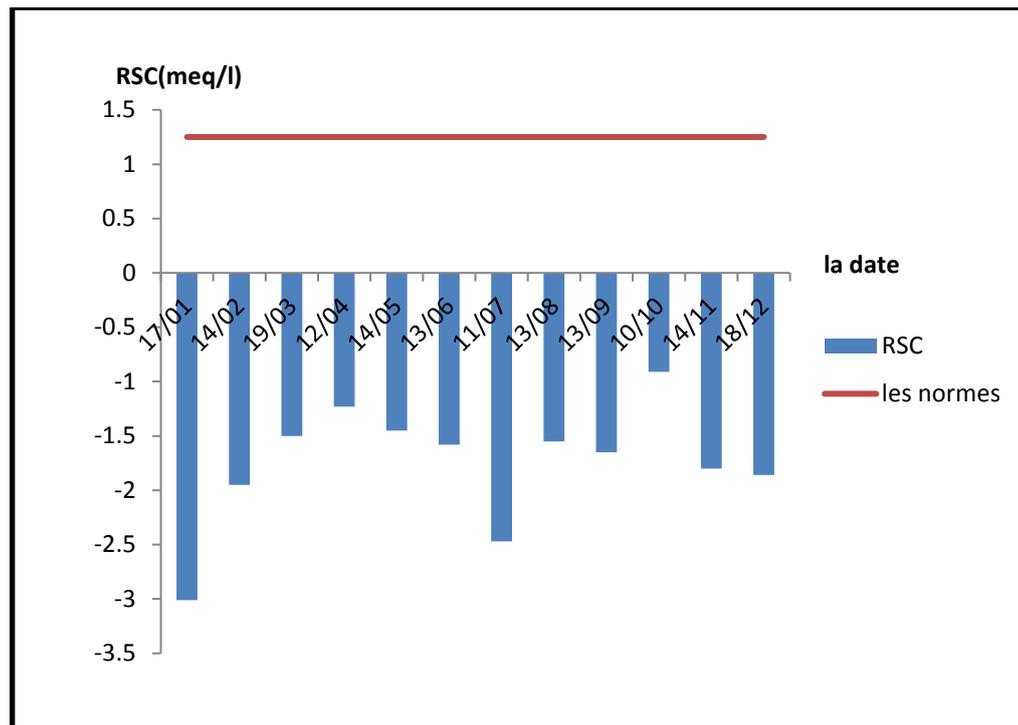


Figure 28 : Comparaison du RSC avec les normes

L'alcalinité résiduelle des eaux du barrage Boukourdane sont négatives pour tous les prélèvements ce qui signifie que la teneur des cations est supérieure à celle des anions, les résultats ne dépassent les normes donc il n'y a pas de problème d'alcalinité pour ces eaux

IV.6. Classification de Riverside

L'utilisation des eaux pour l'irrigation requiert des exigences spécifiques et pour répondre à ce problème nous avons utilisé la méthode de Riverside et de Wilcox.

Le diagramme de Riverside est construit en croisant le SAR calculé et la conductivité mesurée.

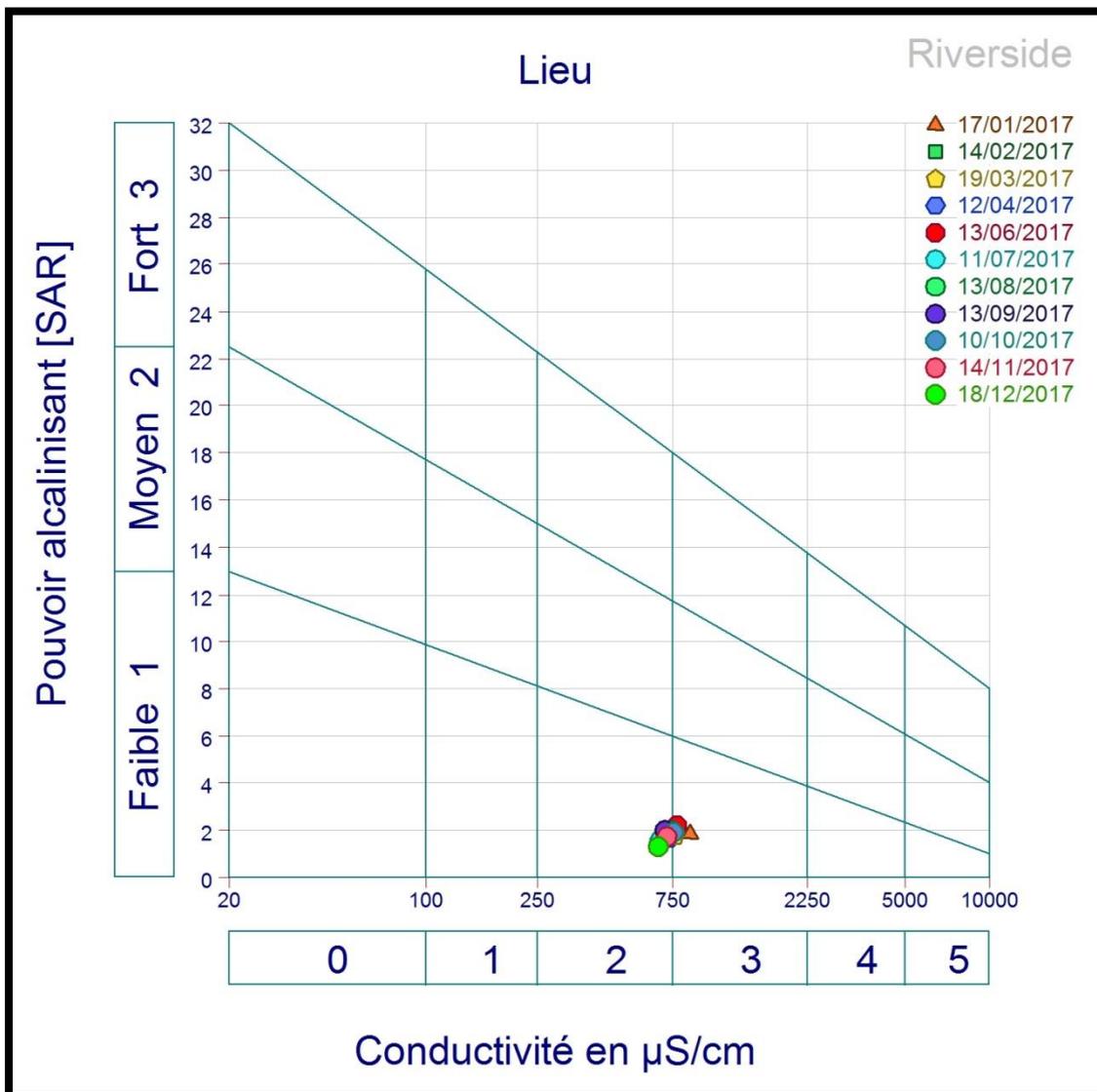


Figure 29 : diagramme de Riverside pour l'eau du barrage Boukourdane de Tipaza

L'interprétation des résultats obtenus selon Richards (1954) nous permettent de prévoir et évaluer les risques probables sur le sol et des cultures.

D'après Richards 1954, le risque de salinisation des sols peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols par le SAR.

En tenant compte de ces deux paramètres : CE à 25°C et du SAR, Richards a proposé un diagramme de classification comportant des classes correspondant aux couples risque salin et risque alcalin.

Cette classification est très utilisée et l'est de nos jours. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation

D'après le diagramme de Riverside, on constate que les eaux du barrage se placent dans la classe C3-S1 cette dernière est caractérisée par eau convenant aux plantes qui présentes une bonne tolérance au sel, ces eaux présentent des faibles teneurs en Sodium et une faible conductivité. A utiliser avec précaution et nécessité de drainage avec dose de lessivage et/ou apport de gypse

IV.7.Diagramme wilcox

Le diagramme de wilcox est construit en croisant le sodium mesuré et la conductivité mesurée.

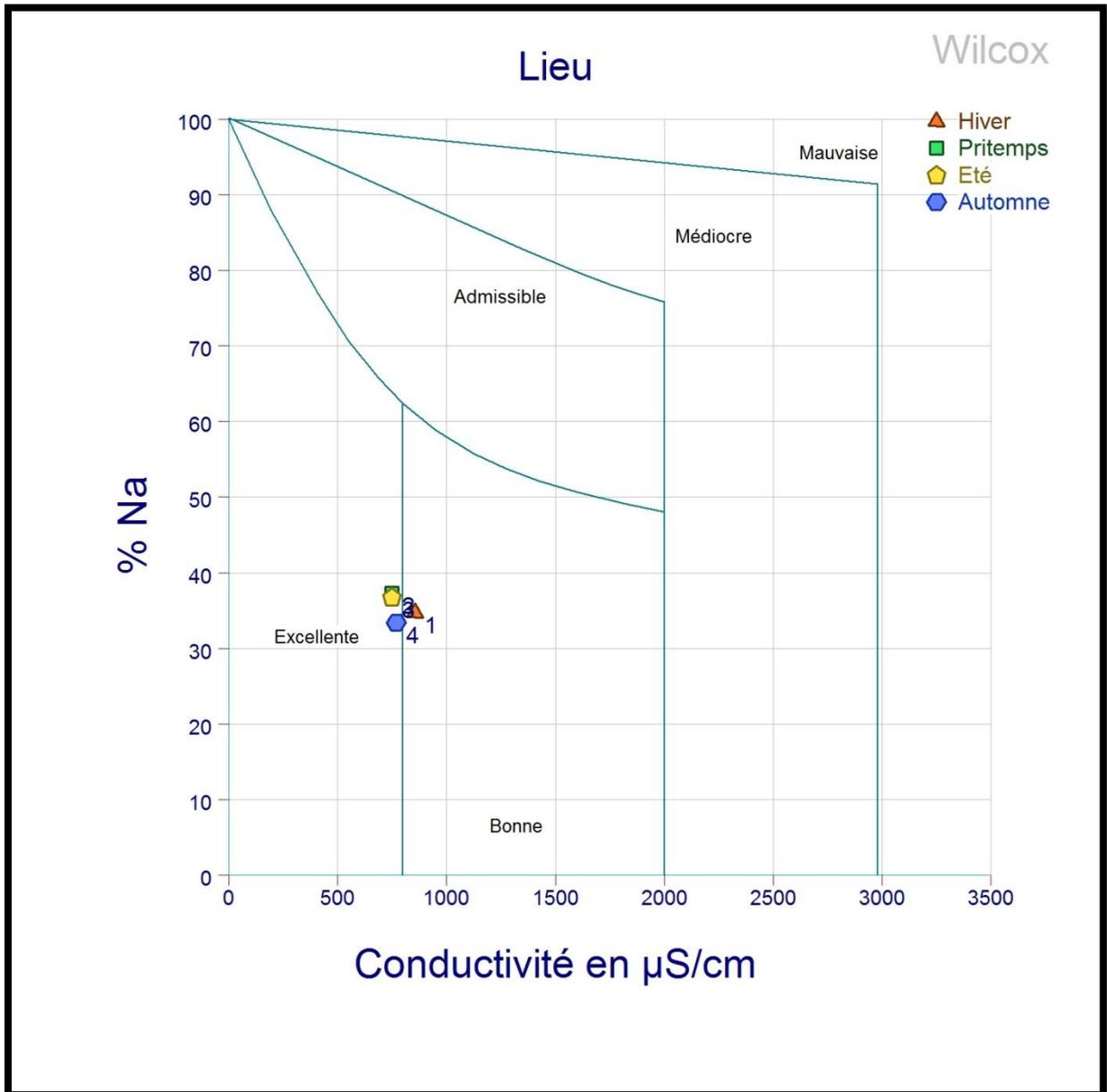


Figure 30: diagramme de wilcox pour l'eau du barrage Boukourdane de Tipaza

D'après WILCOX qui classe les eaux à partir de leur proportion en sodium en fonction de la conductivité électrique, on constate que les eaux du barrage ont un taux en sodium qui varie entre 30 et 40%. Pour l'année.

On remarque que les trois saisons printemps été et l'automne, l'eau sont excellent. Alors que pour la saison hiver la qualité est bonne.

Le présent travail s'est intéressé à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux brutes de barrage Boukourdane de Tipaza en vue de son utilisation à l'irrigation selon les normes de la FAO. Néanmoins, la surveillance régulière de la conformité de la qualité de l'eau est une activité fondamentale avant son utilisation à l'irrigation

Les résultats des analyses obtenus au niveau du laboratoire des eaux de l'ANRH de Blida durant la période allant de mois de janvier jusqu'au mois de décembre 2017, nous amènent aux conclusions suivantes :

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute de barrage ont montré que son eau était : alcaline et ne dépassent pas 8.3. Ce pH est dans la gamme normale du pH (6.5-8.5) d'une eau d'irrigation. Ainsi, il n'y a pas de risque de colmatage (pH au dessus de la gamme) ou de corrosion (pH en dessous de la gamme) du réseau d'irrigation (goutte à goutte).

- Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée ont montré que tous les paramètres étudiés sont conformes aux normes recommandées. Sauf oxygène dissous et le potassium qui dépasse les normes d'irrigation.
- Boukourdane présentent des valeurs de conductivité électrique fluctuent dans l'intervalle 683-852 μ S/cm durant la période d'étude 852 μ S/cm au mois janvier 683 μ S/cm au mois juillet. Ces valeurs restent en dessous de la norme FAO des eaux d'irrigation qui est fixée à 3000 μ S/cm. Cela n'exclue pas une utilisation de cette eau à l'irrigation avec précaution en tenant en compte la fraction de lessivage qui sera majorée à la dose d'irrigation.
- Les valeurs de SAR est compris entre 1.32 au mois décembre et 2.24 au mois juin ce qui affirme un très faible apport du sodium à la solution du sol selon la classification du et Les valeurs de SAR sont faibles (SAR < 10) et donc le risque alcalin faible pour l'eau d'irrigation du barrage Boukourdane. Un ratio d'absorption du sodium (SAR) faible montre qu'il ya un risque faible d'infiltration dans le sol et de perméabilité liés à l'utilisation de cette eau.
- Les résultats de dosage des chlorures montrent que les teneurs en chlorures varient d'un mois à l'autre, la plus faible 58 mg/l au mois avril. et la teneur la plus élevée est de 98 mg/l au mois janvier. Les valeurs sont conformes aux normes FAO 1056 mg/l.
- La concentration des chlorures est très faible. L'utilisation de cette eau en irrigation par aspersion, et/ou en pulvérisation foliaire ne présente pas de risque de toxicité.
- Les nitrates sont en quantités faibles dans les eaux du Boukourdane, barrage en quantité très faible entre 0.0 au mois juillet, septembre, octobre, novembre et

décembre et 1.8 mg/l au mois février ce résultat sont conforme aux normes d'eau d'irrigation FAO 10 mg/l et d'eau.

La teneur en nitrate dans cette eau d'irrigation est moyenne et répondent aux normes FAO. Ceci doit être pris en compte lors du calcul de la dose de fertilisation.

- Les valeurs du pH_c et SAR_{aj} montrent aussi que l'irrigation avec ces eaux ne pose pas de problèmes majeurs sur la structure du sol.
- La classification des eaux selon Riverside a montré que les traitées sont dans la classe C3-S1 ces eaux présentent des faibles teneurs en Sodium et une faible conductivité

Finalement on peut dire qu'à partir de nos résultats l'eau de barrage Boukourdane est conforme aux normes d'irrigation de la FAO. Néanmoins une surveillance régulière dans l'espace et dans le temps de la conformité d'une eau devrait être faite avant son utilisation afin d'éviter d'éventuels problèmes liés à l'irrigation.

Référence bibliographique

Anonyme ; RÈREA .analyse physico chimique.

Anonyme. ,2015.qualité physico-chimique des eaux.

Anonyme., 2005.qualité physico-chimique des eaux surfaces : cadre général. ed.eau Bruxelles.

Barkat.K.,2016 ; suivi de la qualité physico-chimique des eaux du barrage béni Haroun.,ed.université Constantine.

Bendjazia.K ; Hamidi.L ; 2017.Etude de l'aptitude qualitative des eaux de l'oued Cheliff à l'irrigation dans le périmètre du haut Chélif.

Berroche.H ; 2011.Etude de la qualité des eaux d'irrigation et du sol dans le périmètre de Saada ; ed.universite CaDi Ayyad.mémoire de fin étude.

Bouчек.F., Ikhlef.A.2015., caractérisation physico chimique des eaux souterraines de la nappe allviale du Basisser (Boumerdes). ed.univercité khemis Miliana.

Brada.R ;Kaachouche.A ;2015.qualité physico-chimique des eaux du barrage sidi M'Hamed ben Taïba (Arib) pour irrigation de la plain du haut Cheliff.

Bremond R, Vuichard R ;1973: Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. OSPEPE, Paris. 179p.

Cheikh.F ; 2007.Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les differantes communes d'Aroundissent du département de Guédiawaje.

Coutur. I ; 2004. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. Drainage.29 Rév. 165P.

De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., (2005): Qualité physicochimique et Chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

Djemai.I., 2013 ; comportement des élément chimiques dans les eaux de surface du barrage de Founel Gueiss(Est Algérie).,université de Batna.

Durand, 1982.in Bendjazia.K ;Hamidi.L;Etude de l'aptitude de qualitative des eaux de l'Oued Chélif à l'irrigation dans le Haut Chélif ;P21.

Elahcene O. et Aidoud A., 2018. Etude des paramètres de pollution de l'eau du barrage boukourdene, Tipaza. Conference: Le comité Scientifiques Deuxièmes (2èmes) Journées Sur l'Agroalimentaire 27-28 Novembre 2018., At Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie Département Agroalimentaire. Université SAAD DAHLAB-BLIDA. ALGÉRIE.

FAO, 1996, la qualité d'eau dans l'irrigation .Bulletin n°29 de l'organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture.

Isabelle.C ;2004.analyse d'eau pour fin d'irrigation.

Melghit.M ;2015.,qualité physico-chimique ,pollution organique et métallique des compartiment eau/sédiments de l'oued Rhumel,et des barrages hammam grouz et Béni haroun.,ed.universite de constantine.

Ministère de l'équipement agence national des barrages .janvier 1994 ; barrage de Boukourdane sur l'oued el Hachem wilaya de Tipaza ; monographie.

Ollier. C. H. et Poiree. M ;1986. Irrigation, les réseaux d'irrigation : Théorie, Technique et économie des arrosages. Edit EYROLES Paris, 503P.

Reggam I, Boucheleghem2. H, Houhamdi 1. M: Qualité Physico-chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis). Université 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie (2015).

Rodier.J ; Bernaud.L.2009 :L'analyse de l'eau 9^{eme} édition, paris.

Sahraoui. N ; 2015: Etude de la coherence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana

Zella.L., 2012.les bases de l'irrigation, ed.office des publications universitaires. ,495P.

[1] Cf. fiches « **Besoins et ressources** » et « **Crues et inondations** » <http://www.eaurmc.fr/pedageau/lecycle-de-leau/le-cycle-naturel-de-leau.html>.consulte le 11/05/2019 13:39.

Google earth .2019.

[2] <http://www.lenntech.fr/applications/irrigation/salinite/irrigation/salinite-risque-irrigation.htm> Consulte le 12/06/2019 14.00.

[3] [Www.Cpepesc.org.html](http://www.Cpepesc.org.html) : les principaux-paramètre.consulte le 12/06/2019 11:10.

ANNEX (01)

Les normes distinguées à l'irrigation. Normes FAO 1996

Paramètres		Unité	Normes AFO
physique	pH		6.5-8.5
	CE	µs/cm	3000
	Température	°C	24-28
	turbidité	NTU	5
	Oxygène dissous	Mg/l	1-5
	Résidu sec	Mg/l	1500
Chimique	Chlorure	Mg/l	1065
	Bicarbonate HCO ₃ ⁻	Mg/l	610
	Calcium (Ca ²⁺)	Mg/l	400
	Magnésium (Mg ²⁺)	Mg/l	60-75
	Potassium (K ⁺)	Mg/l	02
	Sodium (Na ⁺)	Mg/l	90
	Nitrates (NO ₃ ⁻)	Mg/l	10
	SAR	Meq/l	15

ANNEX(02)

Résultat d'analyse physico-chimique du barrage boukourdane (Mg/l) :

Code	DDP	VOLUME HM3	x	y	HDP	HDP	T°C Eau	pH	CE µs/cm à25°C	Résidu Sec	TURBIDITE NTU
020329	17/01/17	38	358 600	464 950	12:10	12:10	12,1	8,0	852	556	4,3
020329	14/02/17	57	358 600	464 950	12:00	12:00	12,8	8,3	707	525	5,0
020329	19/03/17	55	358 600	464 950	12:00	12:00	18,4	8,3	820	521	3,6
020329	12/04/17	53	358 600	464 950	12:45	12:45	20,3	8,0	705	540	4,0
020329	14/05/17	50	358 600	464 950	12:30	12:30	22,2	8,3	716	485	3,8
020329	13/06/17	48	358 600	464 950	12:00	12:00	27,8	8,1	780	534	3,0
020329	11/07/17	43	358 600	464 950	11:51	11:51	20,0	8,0	683	433	5,0
020329	13/08/17	37	358 600	464 950	8:30	8:30	29,0	8,2	705	486	3,0
020329	13/09/17	31	358 600	464 950	12:00	12:00	26,3	8,1	709	468	3,8
020329	10/10/17	27	358 600	464 950	12:30	12:30	24,6	8,2	736	502	3,4
020329	14/11/17	24	358 600	464 950	12:15	12:15	19,1	8,3	748	441	9,1
020329	18/12/17	24	358 600	464 950	13:45	13:45	13,5	8,3	762	532	3,5

Résultat d'analyse physico-chimique du barrage boukourdane (Mg/l) :

Calcium	Magnésium	Sodium	Potassium	Chlorures	Sulfates	Bicarbonates
65	32	74	0	98	118	183
57	24	68	0	68	107	183
53	27	71	3	62	104	214
46	28	58	3	58	107	214
47	30	63	3	64	113	214
40	31	78	3	67	114	189
37	29	54	3	69	121	113
39	30	69	3	70	99	183
40	25	66	2	80	93	153
43	32	68	3	80	90	183
45	30	62	2	73	81	186
47	29	47	1	71	71	183

ANNEX (03)

Les Résultat d'analyse calculent en (meq/l):

DDP (2017)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻²	CO ₃ ⁻	SAR	RSC
17/01	8,0	3.25	2.66	3.21	2.90	0	1.88	-3.01
14/02	8,3	2.85	2.00	2.95	2.90	0	1.89	-1.95
19/03	8,3	2.65	2.25	3.08	3.40	0	1.97	-1.5
12/04	8,0	2.30	2.33	2.52	3.40	0	1.66	-1.23
14/05	8,3	2.35	2.50	2.73	3.40	0	1.75	-1.45
13/06	8,1	2.00	2.58	3.39	3.00	0	2.24	-1.58
11/07	8,0	1.85	2.41	2.34	1.79	0	1.60	-2.47
13/08	8,2	1.95	2.50	3.00	2.90	0	2.01	-1.55
13/09	8,1	2.00	2.08	2.86	2.43	0	2.00	-1.65
10/10	8,2	2.15	2.66	2.95	2.90	0	1.90	-1.91
14/11	8,3	2.25	2.50	2.69	2.95	0	1.75	-1.80
18/12	8,3	2.35	2.41	2.09	2.90	0	1.32	-1.86

ANNEX(04)

BILAN HYDROLOGIQUE ANNUEL DU BARRAGE BOUKOURDANE DEPUIS LA MISE EN EAU

Année	volume au 1er Septembre en HM3	Volume au 31 AOÛT en HM3	Affluent en HM3		Deffluent en HM3						TOTAL Deffluent HM3	pluie en (mm)	
			+	-	AEP	IRRI	SAA	LVF	EVAP (Hm ³)	FUITES			
1995-1996	1.990	22.198	24.578	0.22	0	0	0	0	0	1.716	0.244	1.960	628.2
1996-1997	22.198	24.788	7.355	0.707	0.134	0	0	0	0	3.559	0.365	4.058	367.3
1997-1998	24.765	22.77	8.933	0.628	2.069	0	0	0	4.485	3.404	0.365	10.323	530.1
1998-1999	22.685	45.162	33.935	0.724	3.723	0	0	0	2.405	4.264	0.427	10.819	710.8
1999-2000	45.129	47.08	23.015	1.041	4.021	0	0	0	10.116	5.234	0.685	20.056	553.6
2000-2001	47.013	39.761	7.102	1.625	4.015	0	0	0	3.402	5.014	0.365	12.796	452.8
2001-2002	39.67	38.388	13.879	2.063	4.931	0	0	0	3.331	4.562	0.365	13.189	423.9
2002-2003	38.299	42.189	20.989	1.362	7.657	0	0.827	0	2.82	4.357	0.365	15.826	613.0
2003-2004	42.126	35.141	10.363	1.341	7.66	0	1.379	0	3.082	3.583	0.366	16.070	569.7
2004-2005	35.058	44.641	29.978	0.804	8.519	2.715	1.927	0	1.88	4.268	0.365	19.674	693.2
2005-2006	44.512	42.48	31.155	0.936	7.985	3.316	14.149	0	2.171	4.155	0.365	32.141	631.5
2006-2007	42.35	29.357	21.319	1.152	9.689	7.777	10.949	0	0.792	3.741	0.365	33.313	548.0
2007-2008	29.177	30.481	27.858	1.029	9.757	7.069	4.603	0	0.512	3.398	0.366	25.705	741.7
2008-2009	30.401	27.183	16.789	0.927	11.235	1.847	2.265	0	0.192	3.256	0.365	19.160	632.0
2009-2010	27.134	34.846	26.109	0.834	12.267	1.587	0	0	0	3.393	0.365	17.612	686.8
2010-2011	34.789	44.225	30.382	0.383	13.157	3.275	0	0	0.170	3.653	0.365	20.620	752.5
2011-2012	44.126	40.834	42.924	1.11	12.953	6.977	10.099	0	10.980	3.83	0.366	45.205	788.1
2012-2013	40.738	40.77	22.989	0.772	12.808	4.216	1.607	0	0.107	3.178	0.365	22.281	724.1
2013-2014	40.706	41.669	23.375	1.108	12.947	4.118	0	0	0.392	3.546	0.365	21.368	681.2
2014-2015	41.540	33.213	17.91	1.327	13.257	3.702	0	0	0.000	3.102	0.365	27.798	572.7
2015-2016	30.349	34.904	23.099	0.983	13.257	3.702	0.000	0	0.000	3.102	0.366	20.427	646.500
2016-2017	32.061	56.755	47.98	0.493	5.53	2.01	0	0	14.58	0.833	0.153	22.342	701.6
2017-2018	33.213	33.407	59.115	1.038	15.003	1.078	2.151	0	0	0.323	0.365	56.692	80.6
2018-2019	38.901	38.995	35.7	0.991	18.58	5.634	2.708	0	0	2.787	0.365	30.079	865.6

(ANBT 2019)

ANNEX(05)

Donné de diagramme de wilcox

DDP	Sodium	CE $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C
17/01/17	74	852
14/02/17	68	707
19/03/17	71	820
Hiver	71,0	793,0
12/04/17	58	705
14/05/17	63	716
13/06/17	78	780
Printemps	66,3	733,7
11/07/17	54	683
13/08/17	69	705
13/09/17	66	709
Eté	63,0	699,0
10/10/17	68	736
14/11/17	62	748
18/12/17	47	762
Autone	59,0	748,7