

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement

hydro-agricole

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Aménagement hydro-agricole.

Thème :

**Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation du barrage
de Zit Emba (Wilaya de Skikda)**

Présenté par :

- Rezagui Amira
- Saci Safa
- Tifouti Ramzi
- Traïfi Aïcha

Membres de Jury :

Mr : KHALFAOUI H	(MCA) Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : SAADOUNE A	(MAA) Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : MELLAL N	(MAA) Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et les moyens pour accomplir ce modeste travail.

Puis nos parents pour leurs soutiens moraux et leurs aides.

Nous tenons à remercier:

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à notre encadrant, Mme, Mellale Nour Elhouda, pour sa confiance, son soutien, son attention, ses bons conseils, ses qualités humaines, ainsi que la confiance qu'il nous a accordées dans la réalisation de ce mémoire. Pour tout cela, nous tenons à lui exprimer toute notre gratitude.

Nous tenons à remercier infiniment tous ceux qui ont participé à La réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également notre responsable de Master Mr, Sadoune Abdelaaziz pour accepter d'examiner ce travail.

Nos remerciements sont adressés également à Mr. Khalfaoui Hakime pour avoir accepté de présider ce jury.

Sans oublier, nos remerciements vont à tous : l' ADE , l' ONEED-D et la

DSA et toutes les personnes qui travaillent sont

si serviables et solidaires .

Enfin nous remercions tous ce qui nous ont aidé de près ou de loin

à Réaliser ce modeste travail.




DEDICACE

Je remercie Dieu de m'avoir donné la force et le courage de faire ce travail et de terminer mes études.



Je dédie ce travail aux personnes qui m'ont donné l'espoir et le courage dont j'avais besoin pendant mon long trajet d'étude, à mon père (SALAH), et ma mère (HADDA).




À mes sœurs : IBTISSEM et ses deux fille HANIN , ALAE ELRAHMEN , et ma sœur de soutien CHAHRA

À mes frères : LOUTFI, SAAD ALLAH


Et À toute ma famille : REZAGUI

À mes amies : SAFA, KENZA, MARWA, HOUNAIDA, IKRAM

• À mes collègues de travail : Saci safa , Traifi Aicha



À notre promotrice Madame Mellal Nour Elhouda et à toute la promotion d'aménagement hydro-agricole et toute personne qui a connue et aime (AMIRA).



Enfin a celui qui lira ce document un jour

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail:

*A mes chers parents, mon pere SACI Elhachmi, et ma mère Saci Djamilâ, que
nulle dédicace ne puisse exprimer nos sincères sentiments, pour leur patience
illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de notre profond
amour et respect pour leur grands sacrifices.*

Mes frères :

- *Mohamed*
- *Fouad*
- *Salim*

Mes sœur :

- *Ismahan*
- *Khaoula*

Mon cher neveu :

- *Abd Elrahmen*

Pour leur grand amour et leur soutien.

*A étudiants de la promotion de master 2 aménagement Hydro-agricole, et surtout
mes colleges de mémoire Amira, Aicha, Ramzi.*

Mes amis :

Amira, Amar, Aicha, Aya, Hadjer.



Dédicace

*Je dédus ce travail à toute ma famille et
spécialement ma chère mère qui a été
toujours à mes côtés dans les hauts et les
bas, et elle m'a aidée dans tous les
stations de ma vie.*

*Qui m'a encouragée pour accomplir ce
travail.*

Merci beaucoup maman.

Je t'aime

TIFOUTI RAMZI



DEDICACE

Merci à dieu le tout puissant pour son aide et courage qu'il nous a donné pour surmonter toutes les difficultés durant nos années d'étude ainsi que l'endurance pour terminer ce travail .

Avec grand plaisir je dédie mon travail à mes chers et magnifiques parents : qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné l'encouragement et la détermination pour continuer mes études jusqu'à l'instant.

*À toutes personnes proches de mon cœur
Ma sœur **Soulafa** et mes sœurs **Fares** et **Iheb**
Ma cousine **Samira***

*À toute ma grande famille **traifi** de près ou de loin sans exception
À mon fiancé **Zouheir** et sa famille **Sayoud** , Merci et reste avec moi toujours....*

*À mes très chères amies: **Wafa** , **Khawla** , **Asma** , **safa** et **Amira**
À mes collègues **Amira** , **Safa** et **ramzi** j'ai partagé des moments inoubliables et ainsi dépassé tous les obstacles durant la Réalisation de ce travail.*

*Sans oublier tout la promotion et madame **Mellal Nour Elhouda***

À toute personne m'ayant consacré un moment pour m'aider, me conseiller m'encourager ou simplement me sourire.

Liste des figures

N° de la figure	Titre de figure	N° de page
1	Situation du Barrage de Zit-Emba	3
2	Occupation du sol dans le périmètre de Zit-Emba	4
3	Variation de la consommation en eau du périmètre de Zit-Emba	5
4	Secteurs du périmètre de Zit-Emba	6
5	Variation des températures moyennes mensuelles (C°) de 1991 à 2020	7
6	Variation des précipitations moyennes mensuelles (mm) de 1991 à 2020	8
7	Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%) de 1991 à 2020	9
8	Variation des vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s) de 1991 à 2020	10
9	Diagramme ombrothermique de Gaussen de 1991 à 2020	11
10	Appareil multi paramètre PH, Température	18
11	Turbidimètre	22
12	DBO5 mètre OxiTop®	23
13	Variation moyenne du potentiel d'hydrogène de l'eau d'irrigation	29
14	Variation moyenne de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation	30
15	Variation moyenne de la température de l'eau d'irrigation	31
16	Variation de sodium de l'eau d'irrigation	32
17	Variation du potassium de l'eau d'irrigation	32
18	Variation du SAR de l'eau d'irrigation	33
19	Diagramme de Riverside de l'eau d'irrigation du barrage de Zit-Emba	34
20	Variation de THT de l'eau d'irrigation	36
21	Variation de TAC de l'eau d'irrigation	36
22	Variation moyennes des chlorures de l'eau d'irrigation	37
23	Variation des teneurs en ammonium de l'eau d'irrigation	38
24	Variation des teneurs nitrites de l'eau d'irrigation	38
25	Variation des teneurs en phosphate de l'eau d'irrigation	38
26	Variation de la turbidité de l'eau d'irrigation	39
27	Variation de la DBO5 et DCO de l'eau d'irrigation	40
28	Diagramme de Piper de l'eau d'irrigation du Barrage de Zit-Emba.	41

Liste des tableaux

N° du tableau	Titre du tableau	N° de page
1	Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	12
2	Classe d'alcalinité des eaux selon U.S.S.L (1954)	13
3	Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation	14
4	Dureté de l'eau en fonction de la teneur en carbonates de calcium	14
5	Valeurs maximales admissibles de l'eau d'irrigation	16
6	Grille de qualité des eaux de surface	16
7	Grille de qualité des eaux de surface	17
	Paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation du barrage de Zit	
8	Emba	28

Liste des Symboles:

$\mu\text{S/cm}$: Micro Siemens par centimètre

$\Omega.m$: Ohm-mètre =unité de mesure de la résistivité

$^{\circ}\text{C}$: le degré Celsius

Mg/l : milligramme par litre

$\%$: pour cent

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles

Sommaire

Introduction générale

	pages
Chapitre I	
Présentation de la zone d'étude	
I.1.Contexte naturelle de la zone d'étude (Périmètre de Zit Emba)	3
I.1.1.Relief	3
I.1.2.Occupation du sol	4
I.1.3. Ressource en eau	4
I.1.4. Secteurs du périmètre de Zit Emba	6
I.1.4.1. Secteur n°1 (Bekkouch Lakhdar)	6
I.1.4.2. Secteur n°2 (Bekkouch Lakhdar et Ain Charchar)	6
I.1.4.3. Secteur n°3 (Mekkassa - Bekkouch Lakhdar)	6
I.2. Etude de la composante climatique	7
I.2.1. Variation de la température	7
I.2.2. Les précipitations	8
I.2.3. Variation de l'humidité relative de l'air	8
I.2.4. Variation de la vitesse du vent	9
I.2.5. Diagramme ombrothermique de Gaussen	10
I.3. Qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation	11
I.3.1. Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation	11
I.3.1.1. Température	11
I.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	12
I.2.1.3. Salinité	12
I.3.1.4. Taux d'adsorption de sodium (SAR)	13
I.3.1.5. Dureté et alcalinité de l'eau d'irrigation	14
I.3.1.6. Calcium (Ca ⁺⁺) et magnésium (Mg ⁺⁺)	15
I.3.1.7. Sodium (Na ⁺) et potassium (K ⁺)	15

I.3.1.8. Chlorures (Cl ⁻)	15
I.3.2. Evaluation de la pollution de l'eau d'irrigation	16
I.3.3. Le faciès hydro chimique	
Conclusion	17

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Introduction	18
II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique	18
II.2.1. Mesure de la température(T)	18
II.2.2.Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)	18
II.2.3Mesure de la conductivité électrique (CE)	19
II.2.4Mesure de l'alcalinité simple (TA)	20
II.2.5.Mesure de l'alcalinité complète (TAC)	20
II.2.6.Mesure du titre hydrotimétrique (THT)	20
II.2.7. Dosage volumétrique du calcium (Ca ²⁺)	21
II.2.8.Dosage volumétrique du magnésium (Mg ²⁺)	21
II.2.9. Dosage volumétrique de chlorure (Cl ⁻)	22
II.2.10. Mesure de la turbidité	22
II.2.11.Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	23
II.2.12.Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)	24
II.2.13. Mesure des matières en suspension(MES)	24
II.2.14. Détermination du Phosphate (PO ₄)	25
II.2.15. Détermination des nitrites (NO ₂ -)	25
II.2.16. Détermination de l'ammonium (NH ₄ ⁺)	26
II.2.17. Dosage de sodium (Na) et de potassium (K)	26
Conclusion	27

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Introduction	28
III.2. Variation des paramètres physico-chimiques	28
III.2.1. Variation du potentiel d'hydrogène (pH)	28
III.2.2. Variation de la conductivité électrique (CE)	29
III.2.3. Variation de la Température (T)	30
III.2.4. Calcium (Ca) et magnésium (Mg)	31
III.2.5. Sodium (Na) et potassium (K)	31
III.2.6. Taux d'adsorption de sodium (SAR)	33
III.2.7.Dureté et alcalinité	35
III.2.8. Chlorures (Cl ⁻)	36

III.3. Variation de la pollution de l'eau d'irrigation	37
III.3.1. Ammonium (NH ₄) et nitrites (NO ₂ ⁻)	37
III.3.2. Phosphates (PO ₄)	38
III.3.3. Turbidité et Matières en suspension (MES)	39
III.3.4. Demandes biologique et chimique en oxygène (DBO ₅ et DCO)	39
III.4. Faciès hydro chimique de l'eau d'irrigation	40
Conclusion	42

Conclusion générale

Introduction générale

Introduction générale

Le potentiel naturel en eau, en Algérie, est estimé à 18 milliards de mètres cubes par an, l'irrigation joue un rôle important dans la consommation d'eau (62% de la demande nationale totale). Le prélèvement annuel d'eau pour l'irrigation est estimé à environ 2,5 milliards de mètres cubes. De plus, 37% des terres sont utilisées pour l'élevage et l'agriculture (**Un water, 2015**). Il est à noter que ces ressources sont très variables, notamment en provenance des nappes phréatiques dépendantes des aléas climatiques. (**KADI, 1997**)

Selon **Messahel et al., (2003)**, la superficie irriguée est d'environ 420 000 hectares dont 100 000 hectares au Sahara et la surface agricole utile est de 8 666 715 hectares, soit près de 5% de la surface agricole utile (SAU). Les 320.000 ha irrigués dans le nord, soit 4,6 % de la SAU, se répartissent en deux groupes, bien différenciés en fonction de la taille de l'aménagement et les modes de gestion, les grands périmètres irrigués (GPI) et petite et moyenne hydraulique (PMH).

Aussi, l'Algérie compte actuellement dix-sept (17) bassins dont les ressources en eau sont issues d'eaux de surface et souterraines renouvelables et non renouvelables. En particulier, Skikda compte quatre (4) barrages : Zerdazas, Zit Emba, Beni Zid et Guenitra.

Notre étude est portée sur le périmètre de Zit Emba, alimenté par le barrage de Zit Emba, situé dans la basse vallée d'Oued Kébir et Oued Emchekel à l'est de Skikda, à 2 km de la commune de Bakkouche Lakhdar, Daira de Ben Azzouz et à 50 km du chef-lieu de la wilaya. Il est bordé par le lac Fizara à l'est, la commune de Azzaba à l'ouest, la route nationale Annaba-Constantine au nord, et les montagnes et le bassin du barrage au sud.

Selon les informations issues de la direction des services agricoles de la wilaya de Skikda (**DSA, 2022**), le périmètre de Zit Emba couvre une superficie totale de 2750 ha et une superficie nette de 2516 ha. De plus, la distribution de l'eau d'irrigation est assurée par goutte à goutte, gravitaire et par aspersion. Le périmètre se compose de trois secteurs bien distincts dont le premier secteur est de Bekkouch Lakhdar d'une superficie de 323 ha, incluant la ville de Bekkouch Lakhdar avec des besoins en eau d'irrigation de 2.180.250 m³.

Deuxième secteur est celui de Bekkouch Lakhdar et Ain Charchar, d'une superficie de 1091 ha et fournit de l'eau potable et de l'eau d'irrigation aux communes de Bekkouch Lakhdar et Ain Charchar. Enfin, le secteur de Mekkassa - Bekkouch Lakhdar est localisé dans la partie nord de la commune de Bekkouch lakhdar, d'une superficie de 1100 ha et formant un réseau très ramifié avec des réservoirs de régulation quotidiens. Concernant l'approvisionnement en eau du périmètre est assuré par le barrage de Zit Emba avec une capacité de 120 Hm³ et un volume d'eau régularisé de 43 Hm³, dont l'eau est distribuée dans un réseau de canaux gravitaires (ONID, 2021).

En général, les ressources en eau sont limitées par l'irrégularité temporelle, la rareté, la mauvaise répartition spatiale et la forte sensibilité à la sécheresse et à la pollution (Boukhari, 2008), tandis que la connaissance de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation est importante et doit être examinée car elle affecte les cultures et les sols.

C'est dans cette optique que s'inscrit l'objectif de ce mémoire de fin d'étude qui porte sur l'évaluation de la qualité physicochimique de l'eau d'irrigation du périmètre de Zit Emba dont la vocation est essentiellement agricole. Lors de la réalisation de cette recherche, les différentes analyses ont été effectuées dans les trois laboratoires de la wilaya de Skikda à savoir l'observatoire national de l'environnement et de développement durable (ONDD), l'Algérienne des eaux et le laboratoire de biologie de l'université du 20 août 1955.

Pour atteindre cet objectif, ce travail se compose de trois (3) chapitres, dont le premier consiste à donner le contexte naturel de la zone d'étude, sa situation géographique, composante climatique et les paramètres physico-chimiques à analyser. Le second porte sur les modes opératoires des différents paramètres en se référant toujours à **Rodier et al, (2009)**. Le troisième chapitre englobe les résultats du suivi de trois mois de la composition physico-chimique de l'eau d'irrigation. Enfin, on termine par une conclusion qui présente quelques perspectives.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I.1. Contexte naturelle de la zone d'étude (Périmètre de Zit Emba)

Notre étude a été réalisée sur le barrage de Zit-Emba, situé dans la basse vallée d'Oued Kébir et Oued Emchekel à l'est de Skikda, à 2 km de la ville de Bakkouche Lakhdar, Daira de Ben Azzouz et à 50 km du chef-lieu de la wilaya. Il est bordé par le lac Fizara à l'est, la commune d'Azaba à l'ouest, la route nationale Annaba-Constantine au nord, et les montagnes et le bassin du barrage au sud. Le bassin versant du barrage est de 485 km² de superficie, de forme triangulaire et compacte. Bien que la majeure partie (68%) de la surface du bassin soit située entre 600 et 200 m au-dessus du niveau de la mer dont la hauteur moyenne du bassin est de 376m avec un réseau hydrologique bien développé (Fig. I.1).

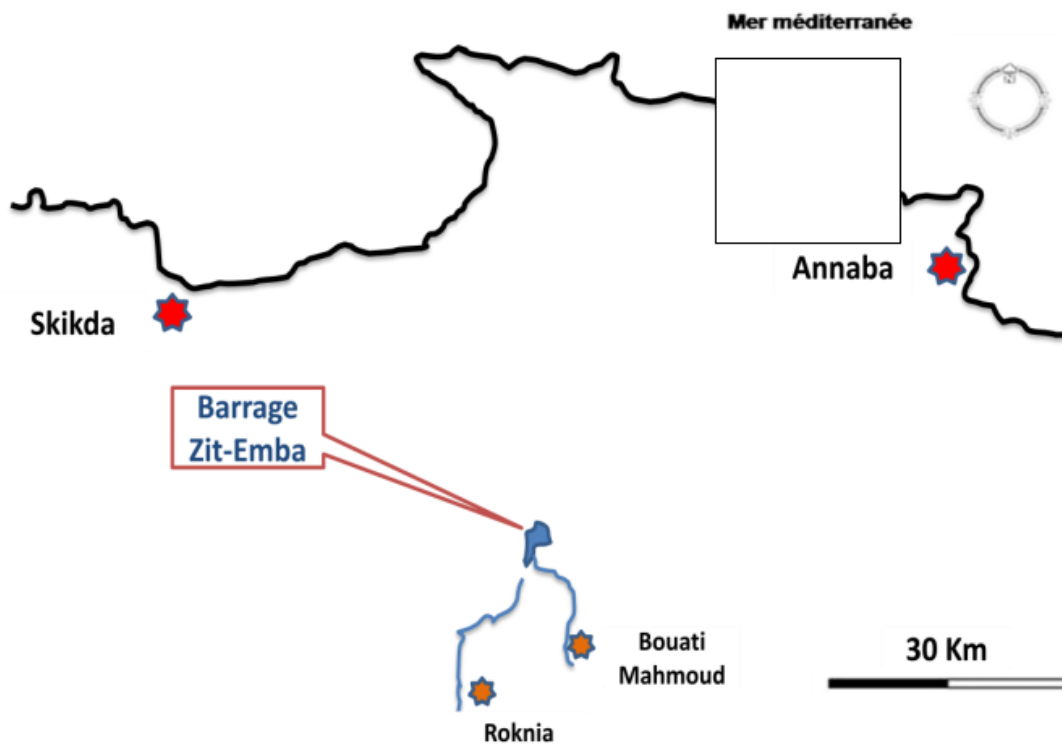


Figure I.1: Situation du Barrage de Zit-Emba (Belaid et al, 2013)

I.1.1. Relief

La région fait partie de l'Atlas tellien, elle est constituée de plaines et de vallées fertiles irriguées par des cours d'eaux, de collines à pentes régulières, de montagnes (Djebel Elgrar 1078 m, Djebel Bouaslouge 879 m etc..) et d'Oueds. Les principaux Oueds sont Oued El-Hammam et Oued Emchekel affluents de l'Oued Kebir.

I.1.2. Occupation du sol

La texture du sol dans notre zone d'étude est généralement argilo-limoneuse. Cependant, sur la base des données recueillies auprès de l'Office national d'irrigations et de drainage de Azzaba (ONID) sur l'occupation du sol du périmètre de Zit Emba, il nous montre (Figure I.2.) que les céréales dominent (40%), suivies de 25% de la superficie totale cultivée de tomate industrielle, l'arboriculture et les terres en jachère représentaient respectivement 11 % et 12 %, alors que le maraichage et le fourrage représentaient que 6 %.

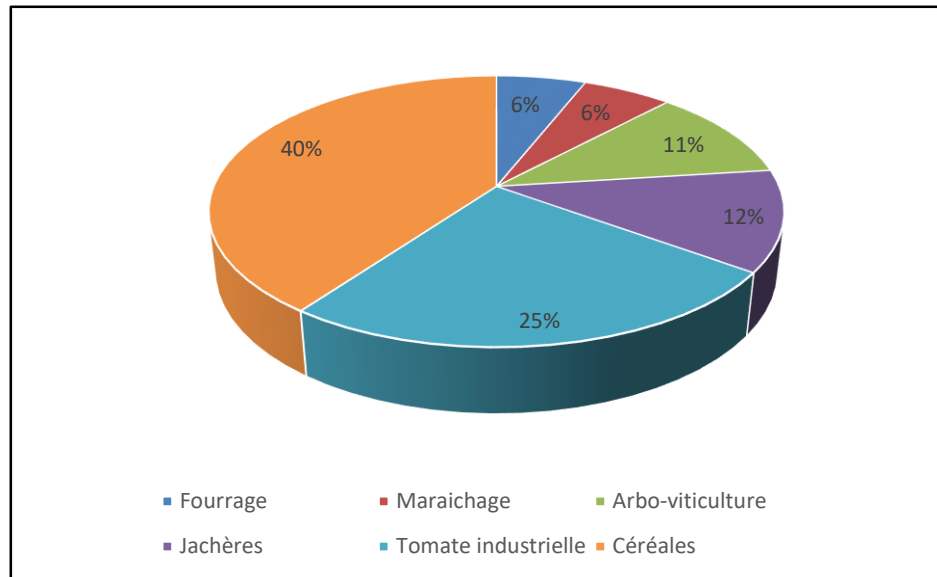


Figure I.2 : Occupation du sol dans le périmètre de Zit-Emba (ONID, 2021)

I.1.3. Ressource en eau

L'approvisionnement en eau du périmètre de Zit Emba est assuré par le barrage de Zit Emba qui a une capacité de 120 millions de mètres cubes et un volume d'eau régularisé de 43 Hm³, dont la l'eau est distribuée dans un réseau de de canaux gravitaires.

En effet, le barrage fournit de l'eau d'irrigation aux communes de Ben Azzouz et Ain Charchar, et de l'eau potable aux communes d'Ain Charchar, Azzaba et Saadi Mouhamed. Vous trouverez ci-dessous les données de distribution d'eau pour l'AEP et l'irrigation au cours des huit dernières années (2013-2021), selon toujours l'ONID:

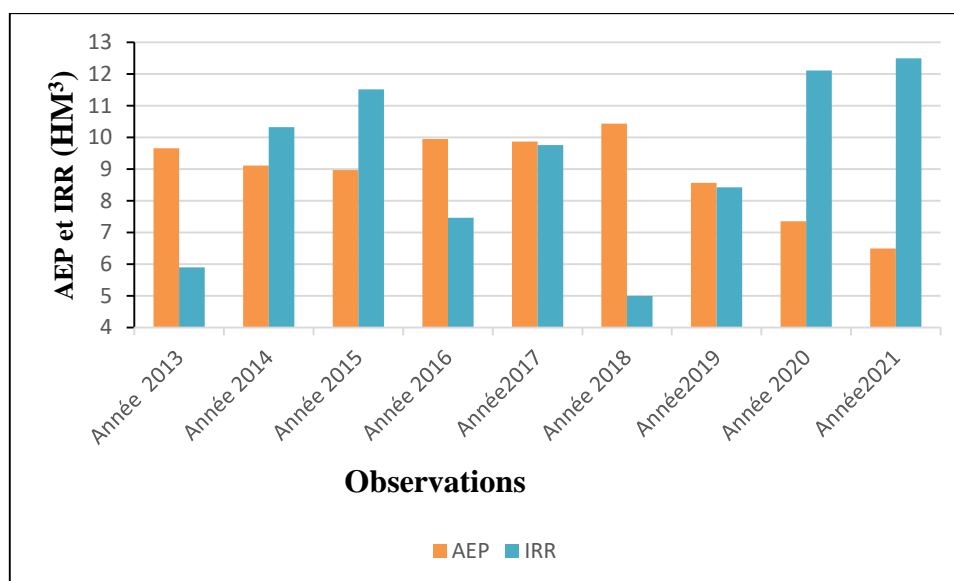


Figure I. 3: Variation de la consommation en eau du périmètre de Zit-Emba (ONID, 2021)

La **Figure I.3** montre les modalités de consommation de l'AEP et l'IRR dans les neuf dernières années du Zit-Emba.

Commençons par l'année 2013 la consommation de l'AEP était majeure 9,5 HM³ par rapport à la consommation de l'IRR qui était presque la moitié 5,9 HM³. En 2014 le taux de consommation était totalement inversé par rapport à l'IRR il a touché 10,2 HM³ et l'AEP a diminué un petit peu là où il a touché 9 HM³. 2015 l'AEP reste constant au 9 HM³ et l'IRR a augmenté vers 11,5 HM³. 2016 l'IRR a rencontré une chute vers 7,5 HM³ tandis que l'AEP a vécu une légère augmentation vers 10 HM³. 2017 l'AEP a resté stable et l'IRR a vécu une augmentation significative vers le même stade de l'AEP presque 10 HM³. 2018 l'augmentation de l'AEP est visible mais ça reste légère vers 10,5 HM³ par contre l'IRR a vécu une chute sévère il a touché la Seuil minimale depuis ces 9 dernière années vers 5 HM³. 2019 l'IRR a remonté vers 8,2 HM³ ce qui est en égalité avec l'AEP. Et en 2020 on peut voir le recul de la consommation d'eau potable vers 7,5 HM³ et l'IRR a touché un nouveau seuil depuis 8 ans vers 12 HM³ ce qui est en corrélation avec la consommation de l'eau dirigé vers l'irrigation en 2021 mais dans la même année l'AEP a reculé un petit peu vers 6,5 HM³.

I.1.4. Secteurs du périmètre de Zit Emba

Selon les informations issues de la direction des services agricoles de la wilaya de Skikda (DSA, 2022), le périmètre de Zit Emba a une superficie totale de 2750 ha, une superficie nette de 2516 ha, un débit de pointe 4 m³/s et débit de lâcher dans l'Oued de 68 m³/s. De plus, la distribution de l'eau d'irrigation est assurée par goutte à goutte, gravitaire et par aspersion. Ce périmètre est composé de trois secteurs bien distincts :

I.1.4.1. Secteur n°1 (Bekkouch Lakhdar)

Il couvre une superficie de 323 ha, incluant la ville de Bekkouch Lakhdar avec des besoins en eau d'irrigation de 2.180.250 m³.

I.1.4.2. Secteur n°2 (Bekkouch Lakhdar et Ain Charchar)

Il est d'une superficie de 1091 ha et fournit de l'eau potable et de l'eau d'irrigation (la consommation d'eau d'irrigation estimée est proche de 7 377 750 mètres cubes) aux communes de Bekkouch Lakhdar et Ain Charchar.

I.1.4.3. Secteur n°3 (Mekkassa - Bekkouch Lakhdar)

Le site de 1 100 hectares situé dans la partie nord de la commune de Bekkouch lakhdar, formant un réseau très ramifié avec des réservoirs de régulation quotidiens.

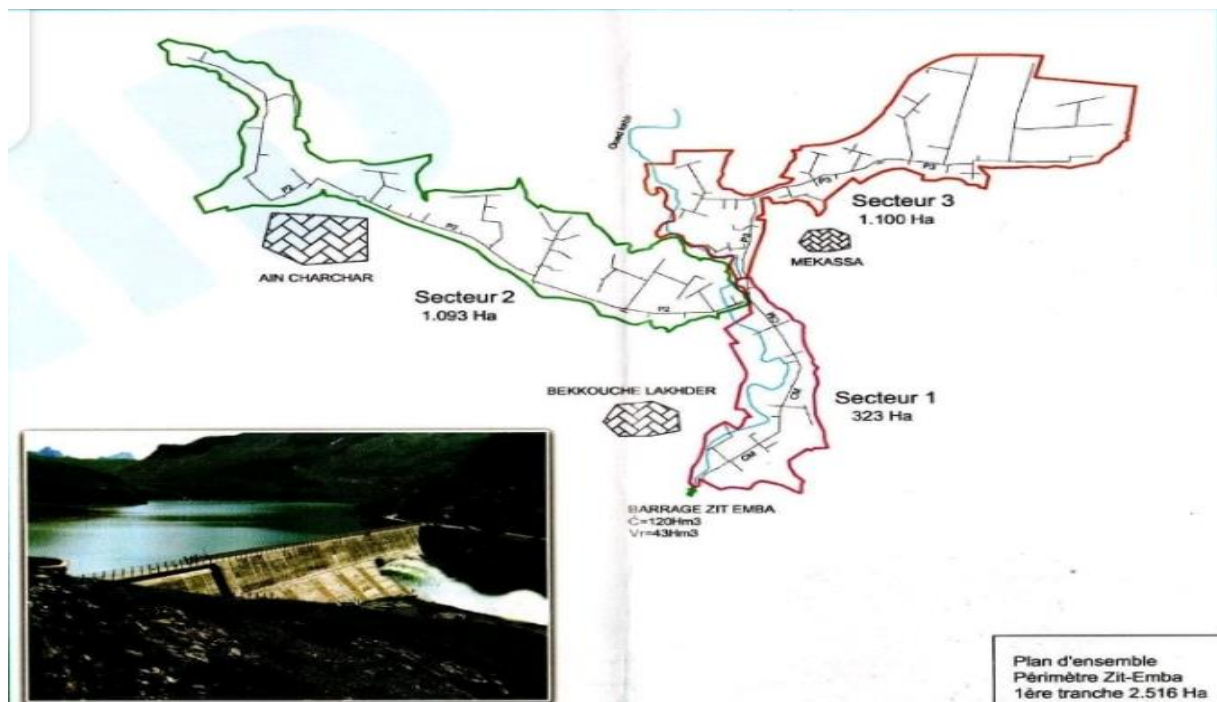


Figure 1.4. Secteurs du périmètre de Zit Emba

I.2. Etude de la composante climatique

La connaissance précise des différents paramètres qui caractérisent le climat de la zone d'étude est cruciale, car ils permettent de mieux identifier les contraintes naturelles qui pourraient nuire au développement agricole. En effet, l'état de l'atmosphère peut être caractérisé en mesurant différentes grandeurs physiques, comme la température, les précipitations, l'humidité, le vent, etc. (Vilain, 1987).

Dans le cadre de notre projet et afin de caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons utilisé des relevés climatiques mensuels sur une période de 30 ans allant de 1991 à 2020. Ces données sont issues de la station météorologique du port de Skikda, gérée par l'office national de météorologie (ONM) de coordonnées suivantes : Longitude de 06° 54'E, latitude de 36°53'N et altitude de 1m.

En fait, nous avons choisi cette station météorologique du fait que les stations voisines ne disposent pas de relevés climatiques complets.

I.2.1. Variation de la température

La température moyenne annuelle est de 13,9 °C, le mois le plus froid est février avec 12,9 °C et le mois le plus chaud est août avec 26,6 °C. Ces données indiquent un climat doux, avec des températures minimales mensuelles moyennes variant entre 4,8 °C et 19,7 °C et des températures maximales entre 22,6 °C et 37,2 °C (Figure I.5)

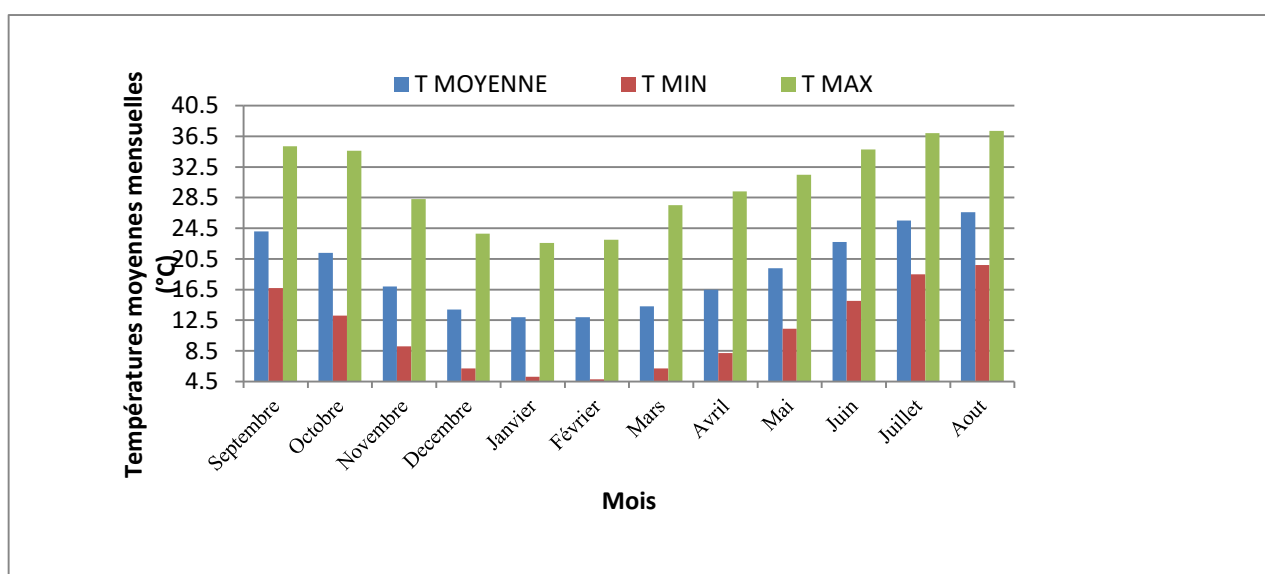


Figure I.5: Variation des températures moyennes mensuelles (C°) de 1991 à 2020 (ONM, 2021).

I.2.2. Les précipitations

Les précipitations englobent toutes les chutes d'eau météoriques sous ses différentes formes (Vilain, 1987).

Les données pluviométriques ci-dessous (figure I.6) montrent une pluviométrie moyenne annuelle de 967.9 mm. Cependant, les mois les plus humides entre novembre et février connaissent de fortes précipitations, avec une hauteur maximale de 295,4 mm enregistrée en janvier. Quant aux mois les plus secs, ils coïncident avec les mois d'été de juin, juillet et août, avec une pluviométrie minimale de 11,8 mm enregistrée en août.

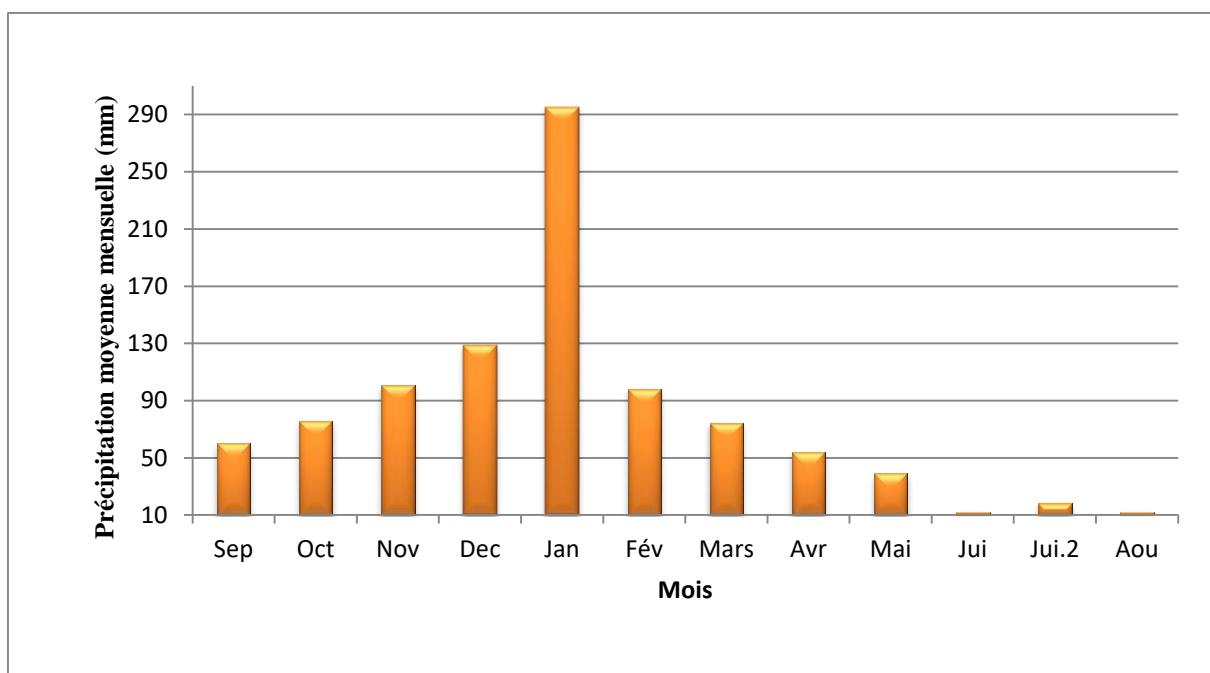


Figure I.6 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (mm) de 1991 à 2020 (ONM, 2021).

I.2.3. Variation de l'humidité relative de l'air

L'humidité relative moyenne maximale est enregistrée pendant le mois de décembre où elle atteint 72,6 %, la plus basse est celle du mois de janvier avec 69,5%. L'humidité de l'air est relativement élevée tout au long de l'année, avec une moyenne annuelle de 71,20 % (Figure 1.7).

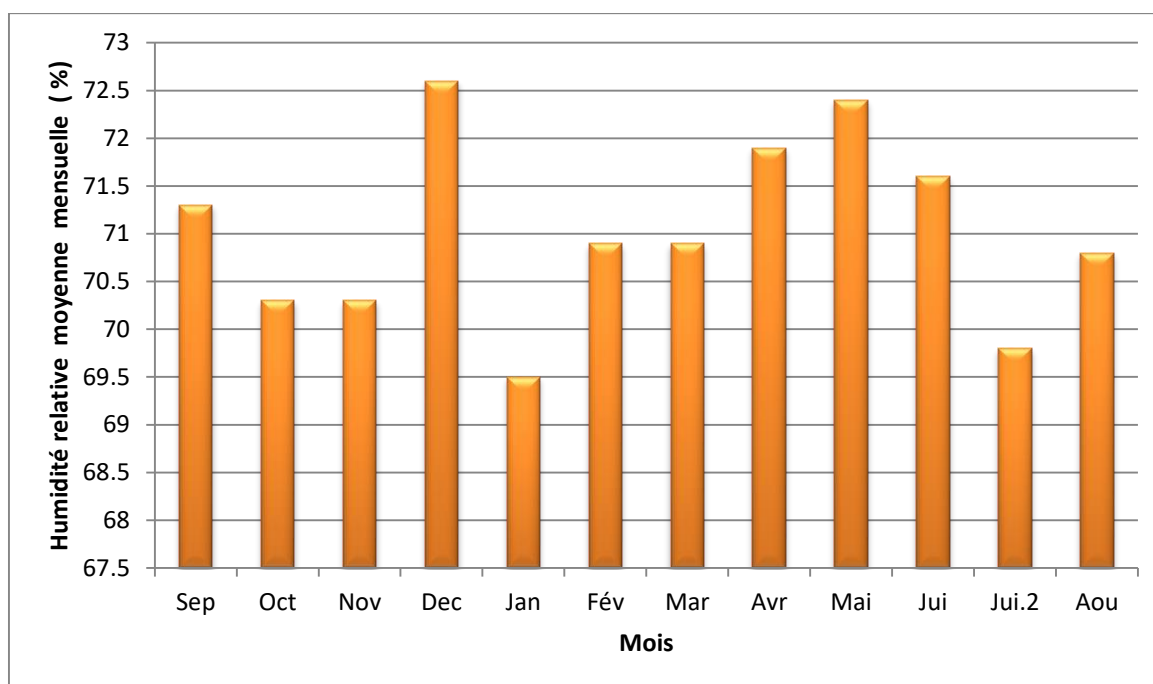


Figure I.7 : Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%) de 1991 à 2020 (ONM, 2021).

I.2.4. Variation de la vitesse du vent

La vitesse la plus élevée enregistrée en décembre est de 3,8 m/s, tandis que la vitesse la plus faible enregistrée en juillet est de 2,9 m/s. Les vents dominants sont les vents du nord, du nord-est, du nord-ouest et du sud, du sud-ouest. Alors que la vitesse annuelle moyenne du vent est d'environ 3,25 m/s, ce qui se situe dans la plage de vitesse de vent modérée comprise entre 2 m/s et 5 m/s (FAO, 1975).

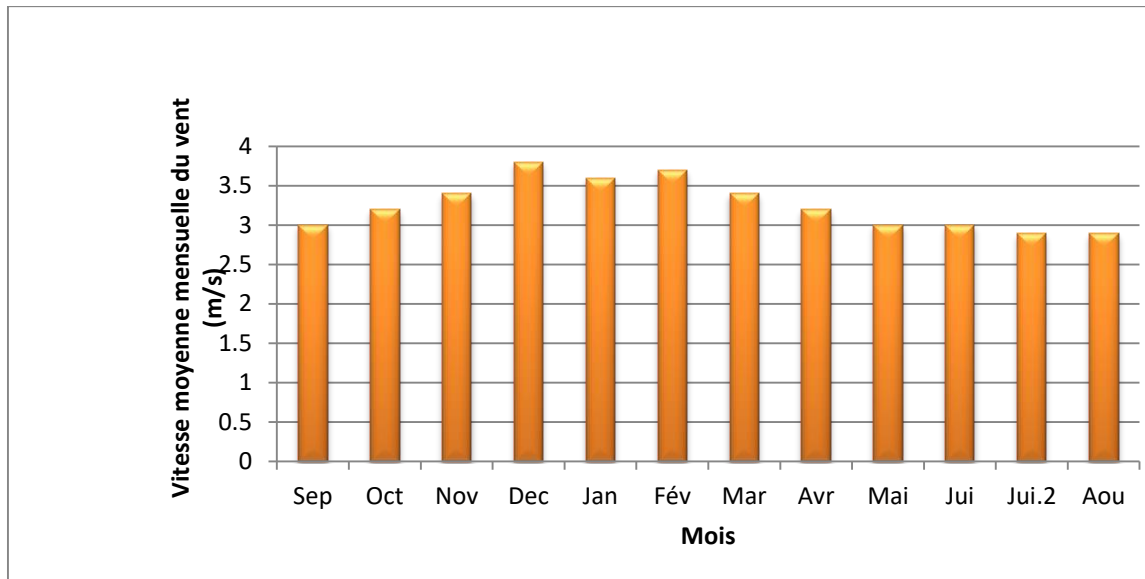


Figure I.8 : Variation des vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s) de 1991 à 2020 (ONM, 2021).

I.2.5. Diagramme ombrothermique de Gausson

Pour comprendre les caractéristiques saisonnières de notre zone d'étude, nous avons établi le diagramme ombrothermique combinant les températures et les précipitations moyennes mensuelles avec $P = 2T$ afin de déterminer les périodes sèches et humides.

On peut voir sur **la figure I.9** que la saison sèche se produit alternativement de mai à septembre où l'irrigation est indispensable. Par contre, la période de janvier à fin avril puis de début octobre à fin décembre est la période humide.

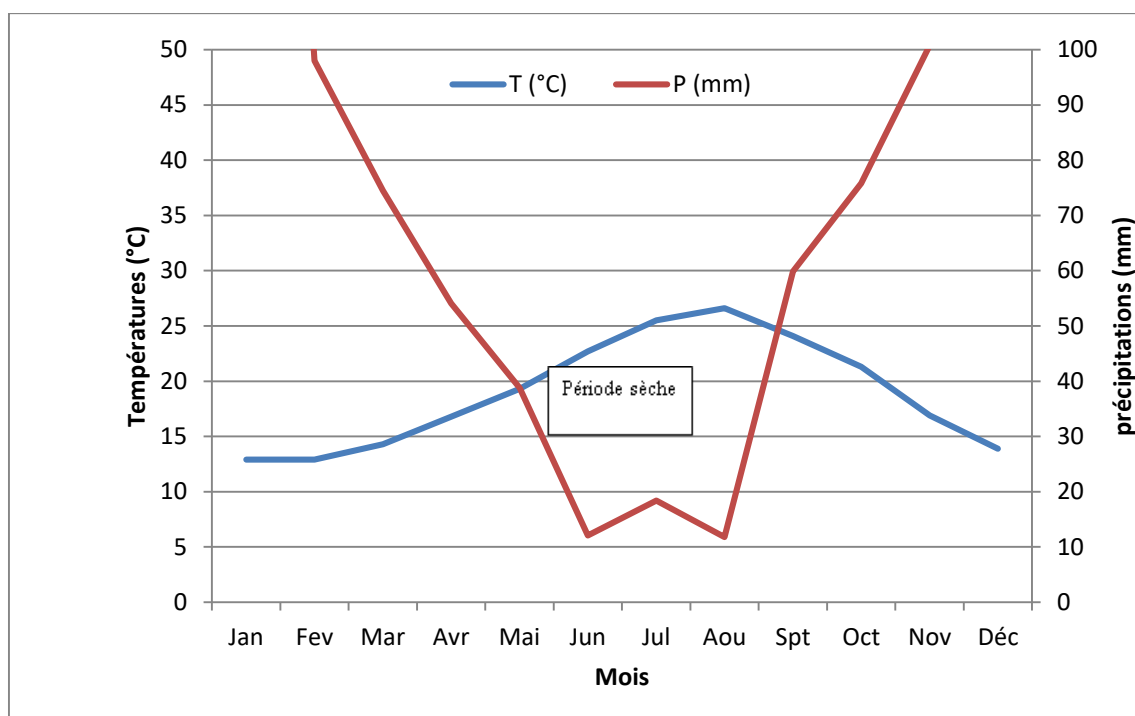


Figure I.9 : Diagramme ombrothermique de Gausson de 1991 à 2020 (ONM, 2021).

I.3. Qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation

La connaissance de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation est essentielle du fait qu'elle affecte la structure du sol, le développement des plantes et le système d'irrigation lui-même. La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée en laboratoire par une analyse complète des paramètres physico-chimiques, à savoir : température, potentiel hydrogène (pH), conductivité électrique (CE), turbidité, salinité, sodium (Na), calcium (Ca), Magnésium (Mg), Taux d'adsorption de sodium (SAR), Titre d'alcalinité complète (TAC), Titre d'alcalinité simple (TA), Titre hydrotimétrique (THT), Chlorure, Demande chimique en oxygène (DCO), Demande biologique en oxygène (DBO_5), Matières en suspension (SS), Ammonium (NH_4^+), Phosphate (PO_4), Nitrite (NO_2^-), Nitrate (NO_3^-), Potassium (K^+).

I.3.1. Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation

I.3.1.1. Température

C'est un facteur important de l'activité biologique (**Benallou, 2004**). Cela dépend de l'emplacement géographique, de la saison, de la profondeur (l'eau de profondeur est généralement plus froide que la surface), de la couleur de l'eau (l'eau sombre absorbe plus de chaleur), du volume d'eau (volume d'eau plus élevé, fluctuations de température plus faibles) (**Mahamat et al. 2010**).

I.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes (H^+) de la solution. Il influe sur la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation.

Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des microéléments est optimale (Couture, 2006).

Connaître le pH de l'eau d'irrigation est important, d'une part pour éviter le colmatage des émetteurs notamment dû aux précipitations minérales de carbonates de calcium surtout en irrigation goutte à goutte et d'autre part il peut affecter l'absorption de nutriments (Oliveri, 2020).

I.2.1.3. Salinité

La qualité de l'eau d'irrigation est liée à la détermination de sa teneur en sels solubles qui peut se mesurer de deux façons, soit par la quantité totale de matière dissoutes (TDS) exprimée en mg/l soit grâce à la conductivité électrique (CE) exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou deciSiemens par mètre (dS/m) ou microSiemens par centimètre avec $1dS/m = 1000\mu S/cm$ (Anonyme 1, 2022).

L'excès de la salinité dans l'eau ou dans le sol provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines et affectera le rendement des cultures (Lallemand-Barrès, 1980). En effet, quatre classes de risque salin ont été définies selon le tableau I.1.

Tableau I.1 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique selon Clément et Françoise (2003) et Ayers et Westcot (1994)

Classes	Conductivité électrique ($\mu S/cm$) à 25°C	Risque	
C1	$CE \leq 250$	Faible	Convient pour toutes les cultures sur tous les sols
C2	$250 < CE \leq 750$	Moyen	Moins appropriée pour les cultures sensibles aux sels ainsi que les sols peu perméables.
C3	$750 < CE \leq 2250$	Risque élevé	Préconisée pour les plantes très tolérantes avec maîtrise de lessivage et de drainage
C4	$CE > 2250$	Risque très élevé	Recommande les cultures tolérantes aux sels avec

			nécessité de lessivage et de drainage
--	--	--	---------------------------------------

I.3.1.4. Taux d'adsorption de sodium (SAR)

Il représente la proportion de sodium adsorbé par rapport aux cations de calcium et magnésium. Etant donné que le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation du fait de son effet sur la perméabilité du sol puisqu'il remplace le calcium et le magnésium sur le complexe argilo-humique (CAH) provoquant ainsi la disparition des particules du sol ce qui génère un sol dur, compact et imperméable (**Couture, 2006**).

Le sodium est évalué par le SAR qui est donné par la formule suivante :

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

Avec : Na^+ , Mg^{++} et Ca^{++} en meq/l.

En ce qui concerne les risques liés au sodium, il en existe également quatre classes définies dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : Classe d'alcalinité des eaux selon U.S.S.L (1954)

Classe	S.A.R.	Risque
S1	$\text{SAR} \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < \text{SAR} \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < \text{SAR} \leq 26$	Risque élevé
S4	$\text{SAR} > 26$	Risque très élevé

Il est à noter que le SAR dépend étroitement de la conductivité électrique. Il est d'autant plus grand que la salinité est importante. En se basant sur ces deux paramètres, on peut classer l'eau d'irrigation en différentes classes en utilisant le diagramme de classification des eaux de Riverside de l'U.S.S. L (1954), avec les conductivités électriques en abscisses et les SAR en ordonnées. Ce diagramme contient quatre classes dont les eaux de la 1^{ère} classe conviennent

pour toutes les cultures et tous les sols. Par contre celles des classes 2 et 3 doivent être utilisées avec précaution mais l'eau de la 4^{ème} classe sera directement rejetée.

Tableau I.3 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation (Bulletin FAO N° 29, 1976)

Nature de problème	Unité	Guide pour la qualité de l'eau		
		Pas de problème	Problème de croissance	Problème grave
Conductivité CE	mS/cm	<0.75	0.75	>3
SAR		<6	6-9	>9
Toxicité Spécifique de certain ions sodium (Na ⁺)	meq/l		3-9	
Chlore (Cl ⁻)		<3	4-10	>9
Effets divers Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	meq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
PH		<6.5	6.5-8.4	>8.4

*1mS/cm = 1000µS/cm

I.3.1.5. Dureté et alcalinité de l'eau d'irrigation

La dureté est définie par la présence de magnésium et de calcium dans l'eau. Par contre l'alcalinité correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres. Alors que l'alcalinité est bicarbonatée du fait que le pH est inférieur à 8,3 (Rodier et al., 2009). Globalement, la dureté de l'eau peut être due à la nature géologique des terrains traversés (Harrat et Achour, 2011). En effet, en agriculture, l'eau dure aide le sol à maintenir une bonne structure grâce aux ponts calciques (Couture, 2004). Par contre, une dureté supérieure à 200 mg/L peut provoquer un encrassement du réseau de distribution dû à un excès de calcaire (Hawa, 2001).

Tableau I.4 : Dureté de l'eau en fonction de la teneur en carbonates de calcium (CRAAQ, 2003)

Dureté (ppm deCaCO ₃)	Degré relatif de dureté
0-50	Très douce
50-100	Douce
100-200	Modérément douce
200-300	Dure
300 et plus	Très dure

I.3.1.6. Calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++})

Le calcium est plus abondant que le magnésium, sodium et potassium. En outre, le calcium et le magnésium sont les principaux cations adsorbés sur le complexe argilo-humique du sol, conférant au sol une structure granuleuse qui favorise la perméabilité et est donc bénéfique à la croissance des cultures (Anonyme 1, 2022). Les valeurs maximales de calcium et le magnésium dans l'eau d'irrigation ne doivent pas dépasser respectivement 20 et 5 meq/l (**Ayerset Westcot, 1994**).

I.3.1.7. Sodium (Na^+) et potassium (K^+)

Une teneur élevée en sodium réduit la perméabilité de l'eau dans le sol car elle déplace le calcium et le magnésium fixés sur le complexe argilo-humique, entraînant la dispersion des particules du sol. En conséquence, il en résulte un sol dur et compact. Le sodium affecte aussi directement la salinité totale de l'eau et peut nuire les cultures sensibles (**Couture, 2006**). Bien que sa valeur maximale dans l'eau d'irrigation ne doit pas dépasser 40 meq/l (**Ayerset Westcot, 1994**).

Or, le potassium existe dans le milieu naturel sous forme de cation monovalent (K^+). Il est présent dans l'eau brute non contaminée, généralement à de très faibles concentrations, et sa partie naturelle provient de l'infiltration de mica et de feldspath potassique ou de sels de potasse. En revanche, la partie artificielle peut provenir de l'action de l'homme utilisant les engrais (**BEER, 2010**). Bien que sa valeur maximale dans l'eau d'irrigation ne doit pas dépasser 2 meq/l (**AyersetWestcot,1994**).

I.3.1.8. Chlorures (Cl^-)

L'eau naturelle est riche en chlorures sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), souvent à des concentrations variables, qui peuvent affecter la croissance de la flore et la faune aquatiques. Ils sont souvent utilisés comme indices de pollution (**Makhoukh, 2011**). Sa valeur maximale dans l'eau d'irrigation ne doit pas dépasser 10 meq/l (**Ayerset Westcot, 1994**).

Tableau I. 5. Valeurs maximales admissibles de l'eau d'irrigation (Ayerset Westcot ,1994)

Paramètre physico chimiques	Normes
Conductivité CE	<3 mS/cm
pH	
Calcium (Ca)	20 meq/l
Magnésium (Mg)	5 meq/l
Sodium (Na)	40 meq/l
Potassium (K)	2 meq/l
Chlorure (Cl)	10 meq/l
Sulfate (SO4)	20 meq/l
Bicarbonate (HCO3)	50 meq/l

I.3.2. Evaluation de la pollution de l'eau d'irrigation

Divers outils d'évaluation de la qualité de l'eau de surface, tels que le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau), qui peut diagnostiquer avec précision la qualité de l'eau et aider à identifier les actions correctives nécessaires pour améliorer cette qualité en fonction de l'utilisation souhaitée (Boissonneault, 2009). Plusieurs paramètres physico-chimiques ont été utilisés pour cette évaluation, les plus couramment utilisés sont NH₄, NO₂, PO₄, MES, DBO₅ et DCO, ...etc. Inspiré de SEQ Eau, ABH et ANRH classent les eaux de surface selon les grilles suivantes (Tableaux I.5 et tableau I.6):

Tableau I.6: Grille de qualité des eaux de surface (ABH ,2009)

Paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
O ₂ dissous	mg/l d'O ₂	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
DCO	mg/l d'O ₂	20	30	40	80	>80
DBO ₅	mg/l d'O ₂	3	6	10	25	>25
NH ₄	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4
NO ₃	mg/l	2	10	25	50	>50
PO ₄	mg/l	0.1	0.5	1	2	>2
NO ₂	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	>1
Conductivité	µs/cm	180-2500	120 - 3000	60 - 3500	0- 4000	> 4000

Tableau I.7: Grille de qualité des eaux de surface (ANRH, 1999).

Paramètres	Unité	C I	C II	C III	C IV
Cl	mg/l	10-150	150-300	300-500	> 500
MES	mg/l	0-30	30-75	75-100	> 100

I.3.3. Le faciès hydro chimique :

C'est un terme utilisé pour désigner l'aspect chimique diagnostique par l'établissement de diagramme de Piper des solutions d'eau présentes dans les systèmes hydrologiques. Les faciès reflètent la réponse des processus chimiques de l'eau. Il représente le faciès cationique pour les cations comme Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+ et le faciès anionique pour les anions comme HCO_3^- , CO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- et Cl^- et d'un losange synthétisant le faciès global.

Conclusion

Ce chapitre révèle que la zone d'étude a un climat typiquement méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides (967,9 mm de précipitation moyenne annuelle) dont la température moyenne varie selon l'altitude, de 12,9°C à 26,6°C. Les conditions climatiques et pluviométriques de la zone d'étude en font une zone riche en cours d'eau naturels dont les plus importants sont Oued El-Hammam, Oued Emchekel et Oued Kebir.

De plus, la qualité de l'eau d'irrigation est principalement liée à la composition physico-chimique, plus précisément la composition minérale qui détermine la pertinence de l'eau d'irrigation car elle affecte le développement des cultures, le sol et les équipements d'irrigation. Par conséquent, le protocole expérimental pour chaque paramètre sera décrit en détail dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Introduction

L'analyse physicochimique de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba a été effectuée dans les laboratoires de l'ADE de Azzaba, ONEDD Skikda et laboratoire de biologie de l'université du 20 août 1955, selon la méthode préconisée par la norme AFNOR, (1999), en se référant à Rodier et al, (2009) et sur une période de trois (03) mois de l'année 2022 (Janvier, février et mars). Les protocoles expérimentaux sont décrits comme suit :

II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique

II.2.1. Mesure de la température(T)

Principe

La mesure de la température s'effectue à l'aide d'un multiparamètre.

Méthode

Après avoir immergé la sonde pendant une minute (1min), mesuré la température de l'eau au point de prélèvement. Le résultat est en °C

II.2.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

Principe

Il se compose de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur. Le fonctionnement du pH-mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ions H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique établie dans l'électrode de verre.



FigII.1. Appareil multi paramètre PH, Température.

Méthode

- Branchement du pH-mètre, après sa stabilité pendant quelques minutes, l'installation des électrodes aux entrées correspondante sur l'appareil.
- Etalonnage de l'appareil l'aide d'une solution tampon. En suite rinçage de l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon analyser.
- Conduire l'échantillon d'eau à analyser à la température désirée.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur de pH directement.
- Après chaque détermination de pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience on la laisse tremper dans l'eau distillée, ou dans la solution tampon ou dans une solution de KCL saturée.

II.2.3 Mesure de la conductivité électrique (CE)**Principe**

La conductivité électrique d'une eau (γ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique : $\gamma = 1/\rho = (1/R)$. (L/S).

Où :

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

ρ : résistance (en $\Omega \cdot \text{m}$).

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

S : surface de chaque électrode (en m^2)

La conductivité mesurée également sur le terrain à aide d'un conductimètre.

Méthode

- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau permutée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à analyser.
- Refaire la mesure dans un deuxième récipient à condition que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant, pour assurer que les bulles d'air sont éliminées sur les électrodes.
- Exécuter à la température de référence de 25C° . La température du liquide devra être constante pendant la mesure. L'utilisation du bain thermostat facilite l'équilibre thermique et améliore les résultats de la mesure.

II.2.4 Mesure de l'alcalinité simple (TA)**Principe**

L'alcalinité se mesure par titration à l'aide d'une solution titrée d'acide fort.

Méthode

- 100 ml d'eau à analyse.
- 02 gouttes phénolphtaléine et titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4).
- L'estimation du titre alcalimétrique a été faite par l'expression suivante :

$$TA = (N_{HCL} * V_{HCL} * 1000) / 10$$

TA : Titre Alcalimétrique en meq /l

V_{HCL} : volume en ml de solution d'HCL utilisé pour le titrage.

N_{HCL} : Concentration en meq /l d'HCL.

II.2.5. Mesure de l'alcalinité complète (TAC)**Principe**

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

Méthode

- 100 ml d'eau à analyse.
- 02 gouttes de méthylorange. Titre avec H_2SO_4 (l'acide sulfurique).
- L'estimation du titre alcalimétrique a été faite par l'expression suivante :

$$TAC = (N_{HCL} * V_{HCL} * 1000) / 10$$

TAC : Titre Alcalimétrique en meq /l

V_{HCL} : volume en ml de solution d'HCL utilisé pour le titrage.

N_{HCL} : Concentration en meq /l d'HCL.

II.2.6. Mesure du titre hydrotimétrique (THT)**Principe**

Le THT permet de connaître la dureté de l'eau en évaluant sa concentration en sels minéraux (calcium, magnésium et potassium). La norme NF EN 14743 définit le milli mole comme unité de mesure de la dureté de l'eau (1mmol/l de $CaCO_3 = 10^\circ f$).

Méthode

- 50 ml d'eau à analyse (échantillon).
- 04 ml solution tapon K 10.
- 03 gouttes de l'indicateur enrochons.
- Titre avec EDTA (10mmol/L).

$$\text{THT} = V * 2 * 10.$$

II.2.7. Dosage volumétrique du calcium (Ca^{2+})**Principe**

Le principe de cette méthode est de doser le calcium avec une solution d'EDTA en présence d'un indicateur spécifique.

Méthode

- 50 ml d'eau à analyse (échantillon).
- 02 ml de NaOH (02 mol /l).
- Pincée de murexide HSN
- Titrer avec E.D.T.A (10 mmol/l).
- Expression de résultat :

$$\text{Ca}^{+2} = V * 10.$$

II.2.8. Dosage volumétrique du magnésium (Mg^{2+})**Principe**

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA Ce dosage se fait en présence de noir Eriochrome T. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec indicateur qui vire de la couleur violette à la couleur bleue.

Méthode

A 50 ml d'eau à analyser, sont ajouté 4 ml de $\text{NH}_4 \text{OH}$, puis des gouttes de noir Eriochrome et titre avec l'E.D.T.A jusqu'au virage bleu puis notée le volume V.

Pour une prise d'essai de 50 ml la teneur en magnésium est égale à :

$$\text{Mg}^{+2}(\text{mg/l}) = (V_2 - V_1) * 4, 86 * F (\text{mg/l})$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée (volume de titrage de $\text{Ca}^{++} \text{Mg}^{++}$)

V_2 : Volume totale d'EDTA.

F : facteur de dilution.

II.2.9. Dosage volumétrique de chlorure (Cl⁻)

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Méthode

- 5 ml d'eau à analyse (échantillon).
- 02 gouttes de K₂CrO₄.
- Titre avec AgNO₃ (V le volume titré).
- Expression de résultat : $Cl^- = V * 71$.

II.2.10. Mesure de la turbidité

Principe

La turbidité d'une eau est une mesure internationale de la transparence d'une eau qui prend en compte toute la matière d'origine minérale organique (Limon, argiles, micro-organismes). L'unité de mesure est NTU (unités de turbidité néphélométrique).



FigII.2. Turbidimètre

Méthode

- Homogénéiser avec Sion, et sans mouvement, contenant le produit à mesurer.
- Calibrer l'appareille avec les solutions debarrien de l'appareille.
- Bien essuyé le support et la cellule de papier torchant.
- Introduire, avec précautions 100ml produite dans la cellule de mesure de turbidimètre.
- Attendre une minute pour que la valeur de
- Noter la valeur de turbidité obtenue.

II.2.11. Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Principe

La DBO₅ ou demande biologique en oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.



FigII.3. DBO₅ mètre OxiTop®

Méthode

- Pour mesurer la DBO₅, on réalise une première mesure de la concentration en dioxygène d'un échantillon d'eau. On répète cette mesure 5 jours plus tard. La DBO₅ représente la différence entre les deux concentrations mesurées. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un oxiTop.
- Eau (x) à tester en flacon fermé.
- Oxitop équipé en oxymétrie.
- Le prélèvement a été effectué sans former de bulles d'air et le flacon fermé (flacon à bouchon rodé) sans emprisonner d'air l'intérieur. La mesure initiale doit s'effectuer le plus rapidement possible, de préférence immédiatement.
- Après avoir étalonné rigoureusement la sonde à oxygène, placer cette sonde dans l'eau du flacon sans l'agiter ni le faire déborder et le reboucher immédiatement après :

- La mesure peut s'effectuer en sélectionnant dans le menu "affichage numérique" en attendant que la valeur affichée se stabilise ; la concentration initiale est donnée en μmoles^{-1}
- La seconde mesure ,5 jours après, doit s'effectuer dans les mêmes conditions.
- Calculer la DBO_5 à partir de ces deux mesures.

II.2.12.Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

Principe

La DCO est une mesure de toutes les matières organique (ou presque) contenus dans les eaux naturelles ou usées. L'oxydation est effectuée dans des conditions énergétiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H_2SO_4) et au reflux. Dans ces conditions, la plupart des matières organiques sont oxydées en CO_2 et H_2O à 90 %. La valeur de DCO est exprimée en mg/L d'oxygène.

Méthode

- L'échantillon de 3,0 ml préparé est soigneusement pipeté, le long de la paroi interne du tube à essai incliné.
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté. Lors des opérations suivantes, toujours saisir le tube par son bouchon.
- Mélanger énergiquement le contenu du tube.
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans un support d'éprouvettes. (Ne pas refroidir à l'eau froide)
- Au bout de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans son support jusqu' à refroidissement à la température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes).

II.2.13. Mesure des matières en suspension (MES)

Principe

Récupérer les matières en suspension contenues dans un échantillon par filtration puis séchage et pesée

Méthode

On lave un papier filtre avec de l'eau distillée, puis on l'introduit dans l'étuve à 60°C pendant 12 heures. Le papier filtre est ramené ensuite dans un dessiccateur pour une éventuelle mesure

exacte du poids P_0 du papier. Puis on filtre 100 ml d'eau d'irrigation. On procède comme à l'étape 1 et on mesure le poids P_1 .

La valeur des matières en suspension (MES) est donnée par :

$$\text{MES (mg/l)} = (P_1 - P_0) \cdot 100 / V$$

P_0 : poids du papier filtre vide (mg)

P_1 : poids du papier filtre après filtration (mg)

V : volume d'échantillon filtré (ml)

II.2.14. Détermination du Phosphate (PO_4)

Principe

La détermination du phosphate inorganique consiste en une hydrolyse acide des phosphates présents dans l'échantillon.

Méthode

Le dosage des phosphates a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium ($\text{Mo}(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$) réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique, qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique. Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphates (PO_4).

II.2.15. Détermination des nitrites (NO_2^-)

Principe

Le principe du dosage est basé sur la réaction de Griess (diazotation d'une amine primaire aromatique en présence de nitrite en milieu acide puis copulation avec une autre amine aromatique) action du nitrite (NO_2^-) sur la sulfanilamide en milieu acide et formation d'un sel de diazonium.

Méthode

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 01 ml de réactif coloré.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Temps de repos 20 minutes.
- Longueur d'onde 540 nm.
- Après 20min, le couleur devient rose.

- On met ces solutions des échantillons dans les petites cuvettes en ver de spectrophotométrie un par un.
- Essayez à blanc pour régler à 0 après mettez les autres échantillons.

II.2.16. Détermination de l'ammonium (NH₄⁺)**Principe**

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique.

Méthode

Le dosage de l'ammonium est réalisé selon la méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur. Les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol, susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Les résultats de la teneur en ion ammonium sont exprimés en mg/l de NH₄.

- Prendre 40 ml d'eau à analyse
- Ajouté 01ml acide ascorbique
- Ajouté 02ml de réactifs mélange
- Attendre 19min (indique la coloration bleue).

II.2.17. Dosage de sodium (Na) et de potassium (K)**Principe (Méthode par spectrométrie d'émission de flamme)**

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité E_n et le niveau fondamental E_0 .

Méthode

Cette méthode par rapport aux méthodes chimiques courantes, des possibilités intéressantes pour l'étude de la composition minérale de produits très variés. Elle permet de doser les alcalins (Na, K, Li) et les alcalinoterreux (Ca, BA, Mg, Sr). Effectuer le dosage le plus rapidement possible après le prélèvement. Si l'échantillon contient des matières en suspension, le filtrer au préalable pour éviter l'encrassement du brûleur

Matériel

L'appareillage utilisé comprend généralement :

- un générateur de photons
- un générateur d'atomes
- un monochromateur simple
- un récepteur

II.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné différentes méthodes d'analyse physico-chimique de paramètres jugés importants lors du suivi de la qualité de l'eau d'irrigation, dans le but d'assurer l'équilibre environnemental et la bonne croissance des cultures.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons interpréter les résultats des paramètres physico-chimiques qui ont été mené au laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE) de Azzaba, à l'observatoire national de l'environnement et du développement durable (ONEDD) et au laboratoire de biologie de l'université du 20 août 1955 Skikda où l'ensemble des résultats avec leurs fréquences d'analyse sont récapitulés dans le tableau III.1:

Tableau III.1: Paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba

Paramètres	n	Min	Max	Moyenne	Ecar-type
T(C°)	58	13	19,8	15,19	1,50
PH	58	7,79	8,29	8,11	0,12
Turbidité (NTU)	61	0,21	5,2	2,50	1,03
Conductivité (µS/cm)	62	803	840	820,29	7,48
Salinité (mg/l)	90	0,3	0,3	0,3	5,02
TA	43	0	0	0	0
TAC (mg/l)	31	40	120	70,55	16,14
THT (mg/l)	24	165	300	221,12	40,18
Ca ⁺² (mg/l)	31	41	326	84,71	47,03
Cl ⁻ (mg/l)	19	71	220	144,78	47,62
DBO ₅ (mg/l)	3	0,3	5	2,65	3,32
DCO (mg/l)	3	49	57,9	53,45	6,29
MES (mg/l)	3	1	3	2	1,41
NH ₄ (mg/l)	3	0,015	0,5	0,26	0,34
PO ₄ (mg/l)	3	0,02	0,1	0,06	0,057
NO ₂ (mg/l)	3	0,01	0,02	0,015	0,007
Mg ⁺² (mg/l)	24	85	210	147,37	36,91
Na ⁺ (mg/l)	3	60	67	62,33	4,04
K ⁺ (mg/l)	3	120	123	121,66	1,53
SAR	3	1.29	1.44	1.34	0.087

III.2. Variation des paramètres physico-chimiques

III.2.1. Variation du potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du pH de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba varient d'un minimum de 7,79 à un maximum de 8,29. Ces valeurs de pH indiquent que cette eau est légèrement alcaline, avec une valeur moyenne de 8.11 proche de de la valeur 7.8 donnée par **Belhadj (2017)** et dans la norme de **Ayerset Westcot (1994)** pour l'eau d'irrigation de 6.5 à 9.

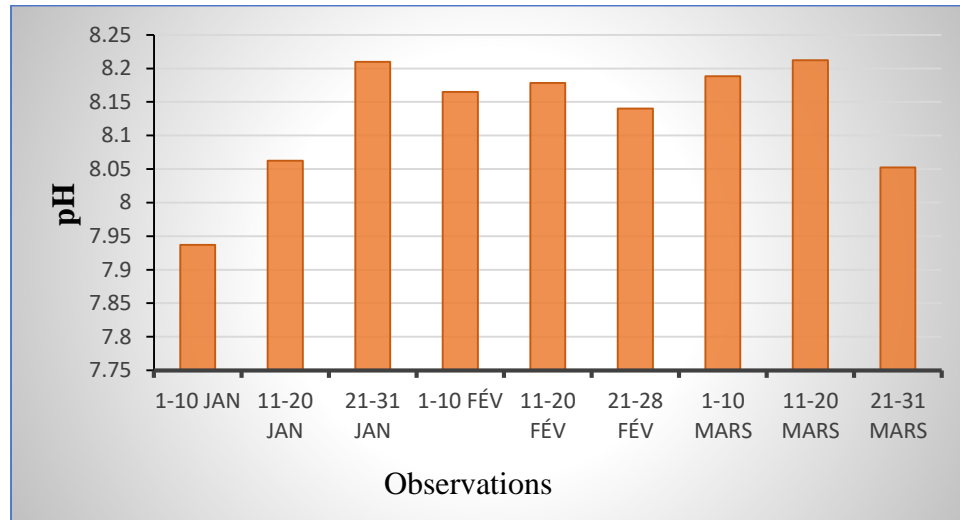


Figure III.1. Variation moyenne du potentiel d'hydrogène (pH) de l'eau d'irrigation.

III.2.2. Variation de la conductivité électrique (CE)

Les valeurs de CE au cours de la période d'échantillonnage de trois mois étaient comprises entre 803 et 840 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de 820,29 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indiquant une minéralisation moyenne de l'eau d'irrigation. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Belhadj (2017)** et peuvent s'expliquer par la concentration suite au phénomène d'évaporation de l'eau du barrage.

Si en comparant les valeurs de la conductivité de l'eau d'irrigation de la zone d'étude avec les critères **d'Ayers et Westcot (1994)** et **USSL (1954)**, on peut dire que notre eau rentre dans la classe 3 avec $750 < \text{CE} \leq 2250 \mu\text{S}/\text{cm}$, et donc une qualité admissible à médiocre où il faut maîtriser parfaitement les techniques d'aménagement spécifiques comme le lessivage et le drainage (**Lallemand-Barrès, 1980**).

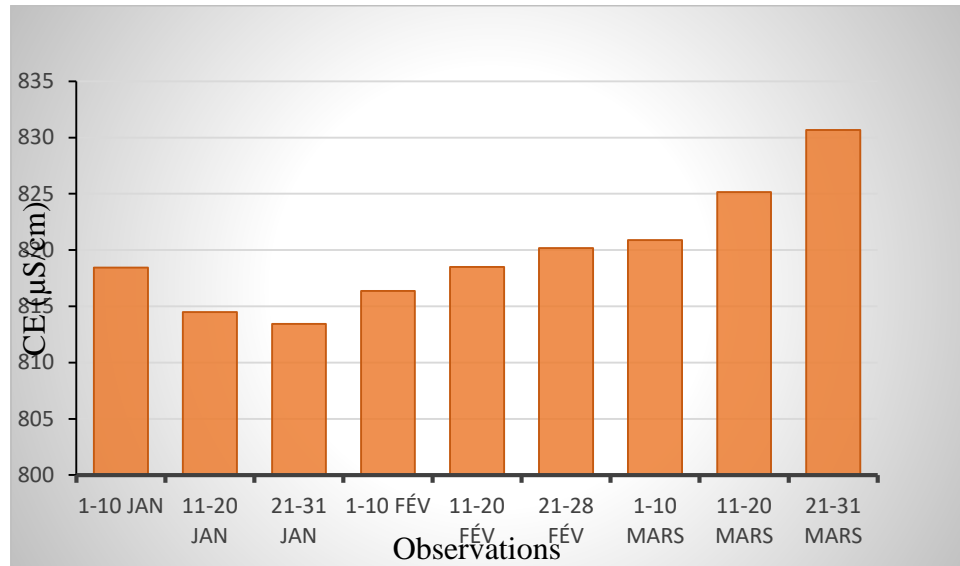


Figure III.2. Variation moyenne de la conductivité électrique (CE) de l'eau d'irrigation.

III.2.3. Variation de la Température (T)

Les différentes températures obtenues varient entre 13 et 19,8°C, ce qui explique le meilleur accord pour un climat coïncidant avec l'hiver, et ces observations suggèrent que l'effet saisonnier du climat sur les régimes thermiques est important. Ces résultats ont également montré que la température était presque stable tout au long de la période d'observation.

En effet, une augmentation de la température s'accompagne d'une diminution de la viscosité, d'une augmentation de la pression de vapeur saturante superficielle (évaporation) et d'une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). Certains de ces effets peuvent avoir des effets bénéfiques, tels qu'ils favorisent l'auto-épuration et augmentent le taux de sédimentation. De plus, les réactions

chimiques et biochimiques sont accélérées (Rodier et al, 2009).

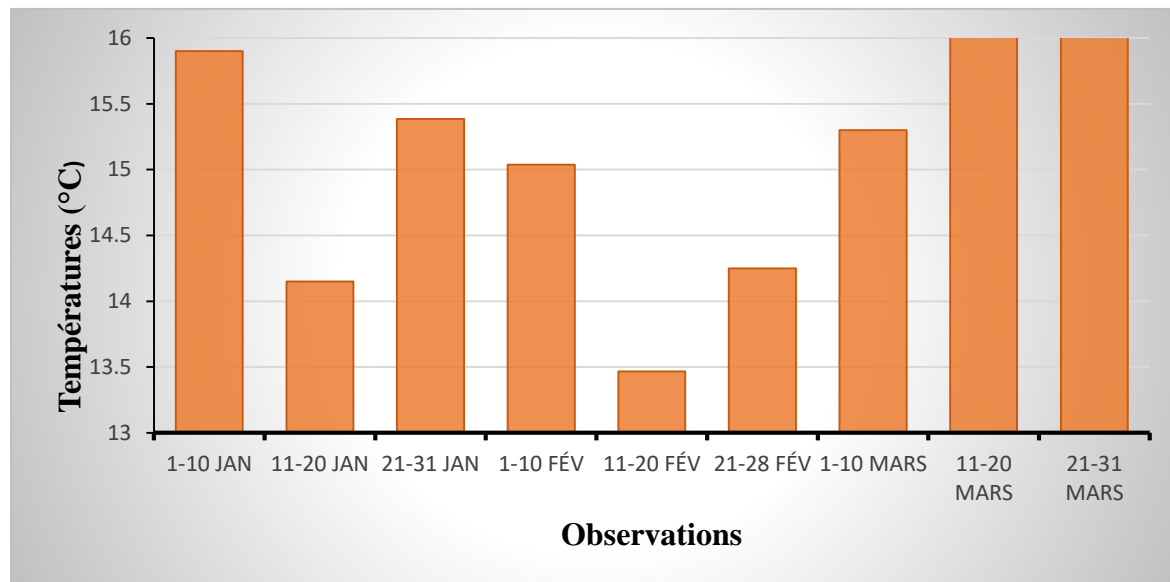


Figure III.3. Variation moyenne de la température (T) de l'eau d'irrigation.

III.2.4. Calcium (Ca) et magnésium (Mg)

La présence de calcium et magnésium dans l'eau est principalement liée à la dissolution des formations gypseuses et carbonatées à fortes teneurs en magnésium. Les observations montrent des concentrations moyennes de Ca et Mg respectivement de 4.23 meq/l et 6.06 meq/l. Selon **Ayers et Westcot (1994)**, la concentration de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est inférieure à la valeur limite de 20 meq/l, alors que la concentration en magnésium dépasse légèrement la limite de 3 meq/l.

III.2.5. Sodium (Na) et potassium (K)

Les teneurs moyennes de sodium et de potassium enregistrées étaient respectivement de 2.71 meq/l et 3,11 meq/l. Selon **Ayers et Westcot (1994)**, la concentration en sodium de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est inférieure à la valeur limite de 40 meq/l, tandis que la concentration en potassium dépasse légèrement la limite de 2 meq/l. Pour le potassium, généralement très inférieur au sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l (**Tardat-Henry et Beaudry, 1984**), bien que K soit l'une des sources possibles de radioactivité de l'eau, il ne représente aucun désavantage particulier (**potelon, 1998**).

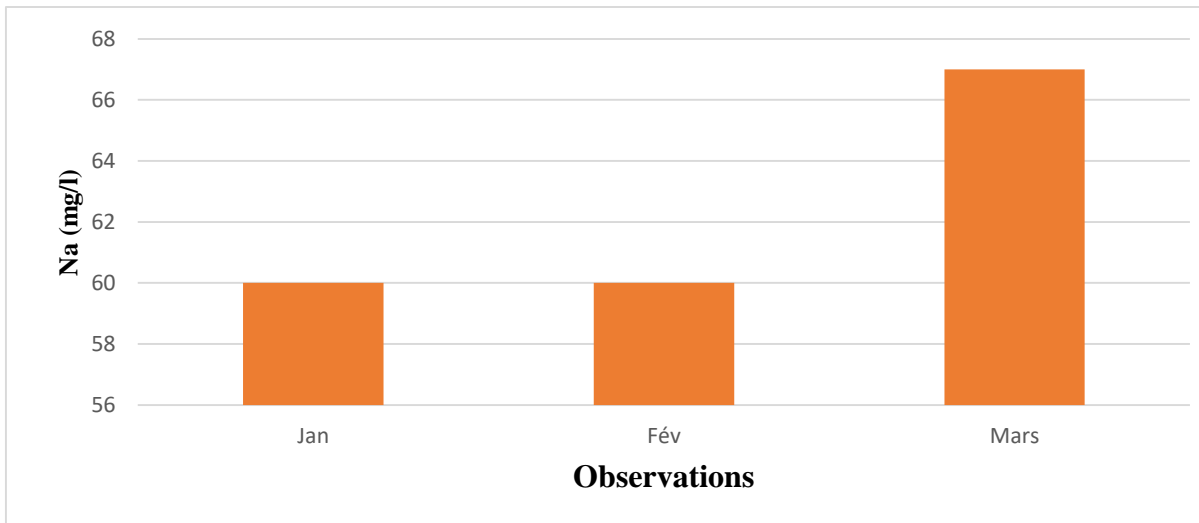


Figure III.4. Variation du sodium de l'eau d'irrigation

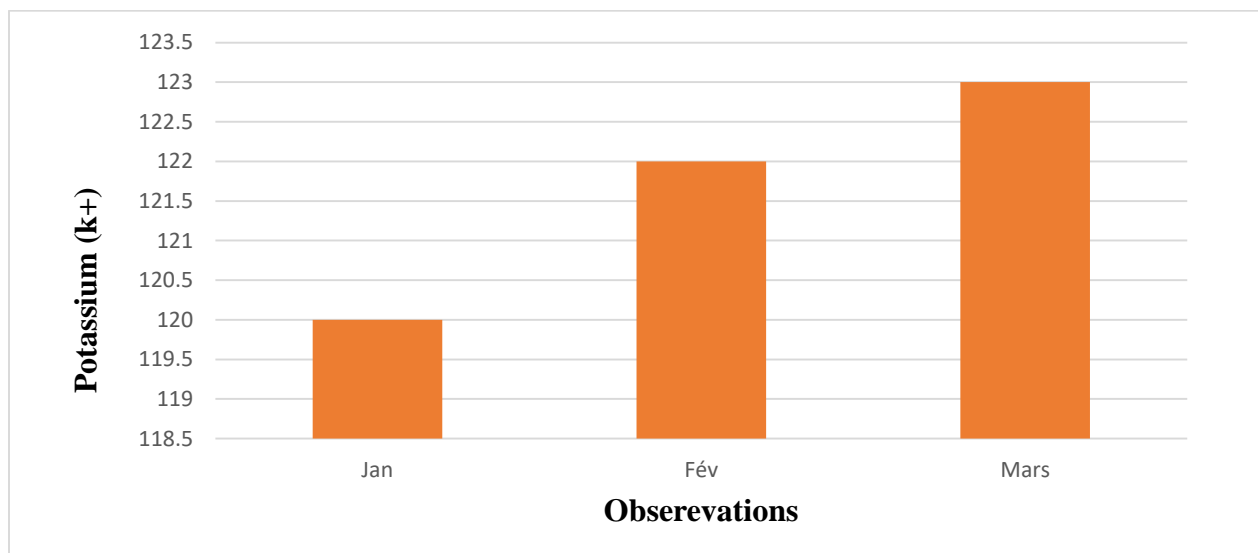


Figure III.5. Variation du potassium (K) de l'eau d'irrigation

III.2.6. Taux d'adsorption de sodium (SAR)

Le taux d'adsorption du sodium (SAR) est utilisé comme indicateur de l'activité relative des ions sodium dans les réactions d'échange dans le sol. Cet indicateur mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Des valeurs de SAR observées allant de 1,44 à 1,49, en accord avec le bulletin FAO N°29 (1976) et U.S.S.L (1954) avec un SAR inférieur à 6 et 10 respectivement, ce qui explique que cette eau ne présente aucun risque d'alcalinisation et convient à toutes les cultures et les types de sol.

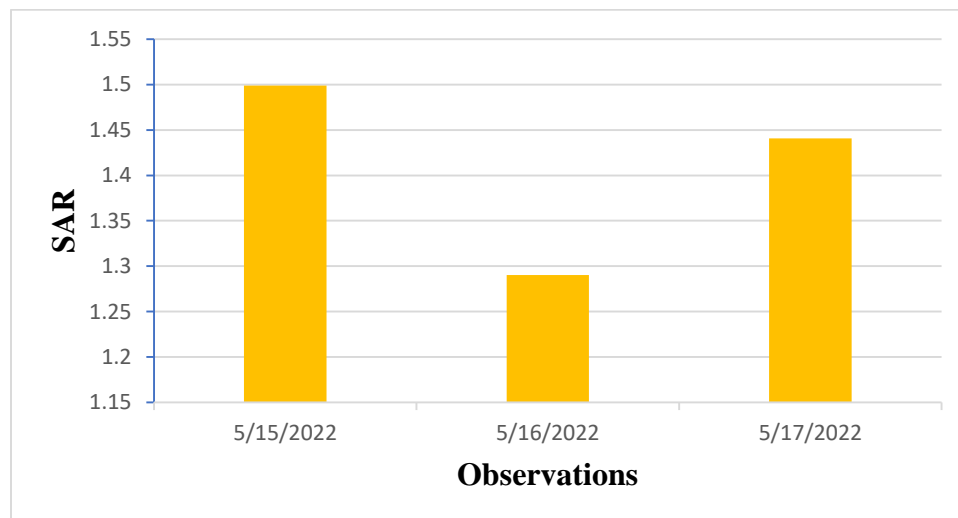


Figure III.4 : Variation du SAR de l'eau d'irrigation

Après avoir projeté les valeurs de conductivité électrique et de SAR sur le diagramme de Riverside (**Richards, 1954**) (Fig. III.5), nous avons pu identifier un résultat proche à celui de Belhadj (2017) que l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est de qualité admissible et appartient à la classe C3S1, convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. Cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée par la maîtrise des systèmes de drainage et de lessivage

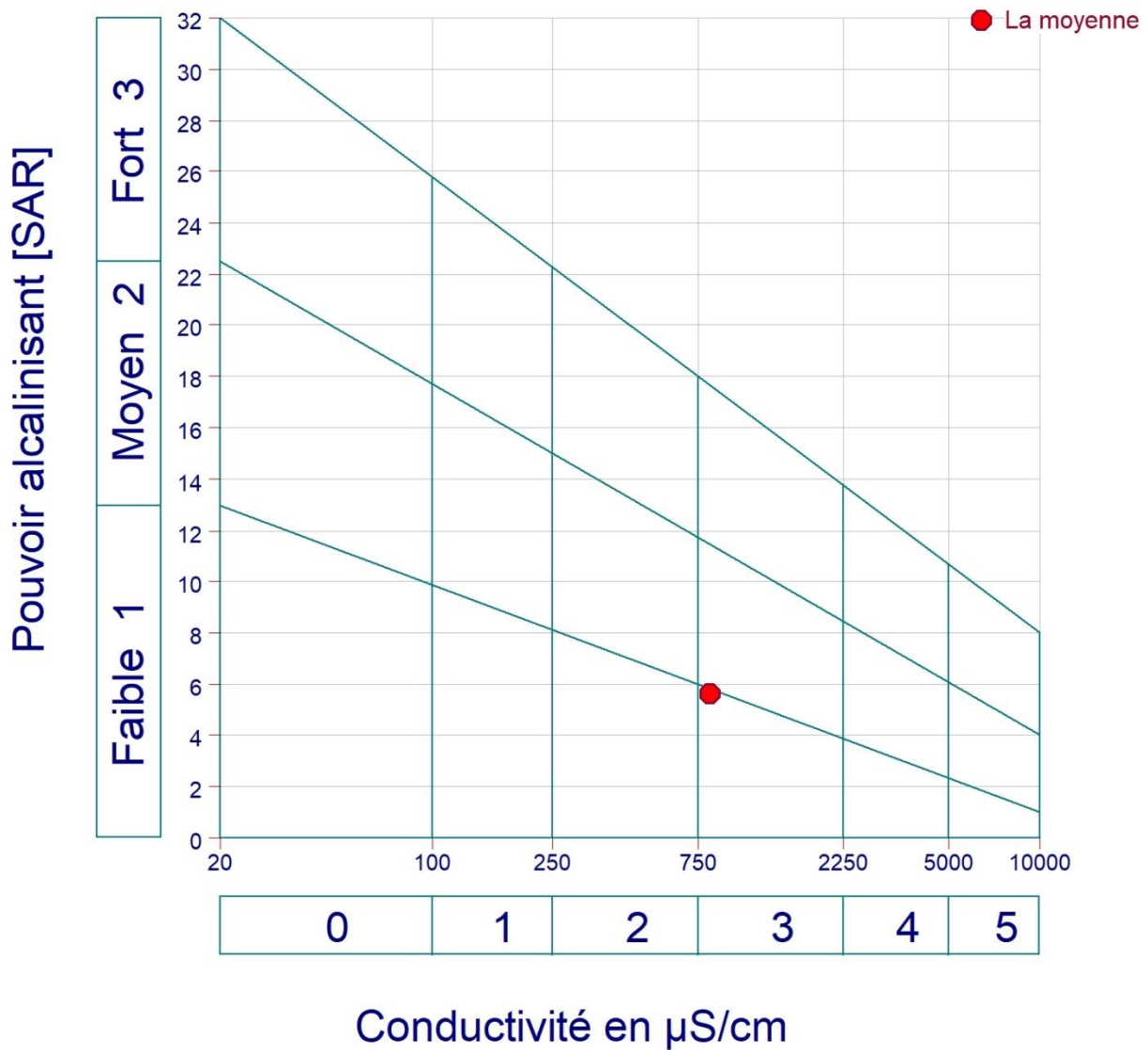


Figure III.5 : Diagramme de Riverside de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba.

Selon **Douaoui et Hartani, (2007)** ; **Bouhlassa et al, (2008)** ; **Rouabhia et Djabri, (2010)** ; **Gouaidia et al, (2012)**, Le degré de salinisation dépend des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau utilisée, des conditions d'utilisation, et surtout de l'efficacité du système de drainage. Cependant, les pratiques d'irrigation augmentent le risque de salinisation, à tel point que plus de 20% des sols irrigués de l'Algérie sont affectés par ce problème.

Lors de l'irrigation avec une eau saline, la culture bénéficie de l'eau et les sels s'accumulent dans la zone racinaire limitant ainsi la disponibilité de l'eau dans le sol et pour la culture elle-même (Ayers et Westcot ,1994). De même, de fortes teneurs en sodium (au moins trois fois plus élevés que le calcium) peuvent perturber la structure du sol, la perméabilité et l'aération du sol, les besoins en eau des cultures qui affectent directement le développement des plantes (Person, 1978) ; (Suyama et al., 2007) ; (Khechana, 2014) ; (Khelef , 2006) ; (Papaioannoua et al., 2007) ; (Khechana et al., 2014) ce qui n'est pas le cas pour l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba où la teneur en sodium représente 0.68 par rapport à celle de calcium (60 mg/l de Na avec 41 mg/l de Ca).

III.2.7.Dureté et alcalinité

La dureté est définie par la présence de magnésium et de calcium dans l'eau. Par contre l'alcalinité correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres.

Les résultats obtenus pendant la période d'observation montrent que la dureté varie entre 165 et 300 mg/l avec une moyenne de 221.12 mg/l, ce qui donne une eau modérément douce à dure selon la classification de **CRAAQ (2003)**. Alors que l'alcalinité est bicarbonatée du fait que le pH est inférieur à 8,3 (**Rodier et al, 2009**). D'après les résultats du TAC, les valeurs obtenus varient entre 40 et 120 mg/l et sont similaires aux résultats trouvés par **SELLAH (1993)** Globalement, la dureté de l'eau peut être due à la nature géologique des terrains traversés (**Harrat et Achour, 2011**).

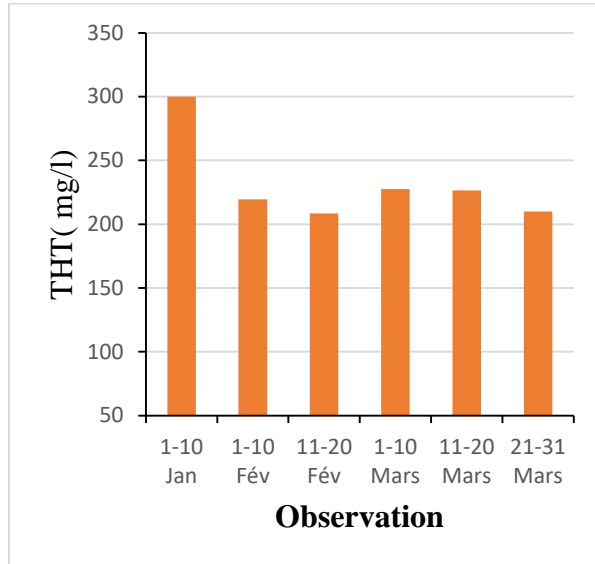


Figure III.06. Variation de THT de l'eau d'irrigation

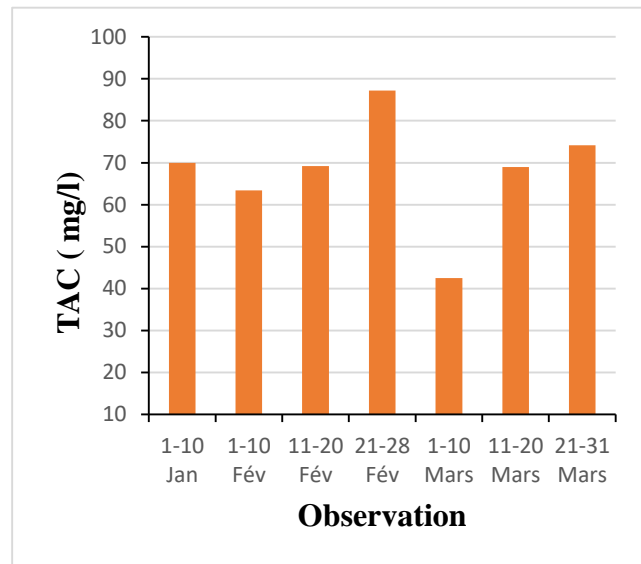


Figure III.07. Variation de TAC de l'eau d'irrigation

III.2.8. Chlorures (Cl⁻)

Les valeurs des chlorures varient d'un minimum de 71 mg/l à un maximum de 220 mg/l avec une moyenne de 144.78 mg/l équivaut à 4.08 meq/l, inférieure à la valeur maximale admissible 10 meq/l) selon **Ayerset Westcot (1994)**. Ces résultats sont proches à ceux trouvés par **Harrat et Achour (2011)**.

Or, une eau riche en chlorures peut endommager les cultures et détériorer les conduites des réseaux d'irrigation par son effet corrosif. D'une manière générale, plusieurs raisons expliquent la présence de chlorures dans l'eau, telles que la géologie des terres traversées, la pollution due aux activités anthropiques en détergents ou la pollution due à l'utilisation d'engrais chimiques dans l'agriculture (**Harrat et Achour, 2011**).

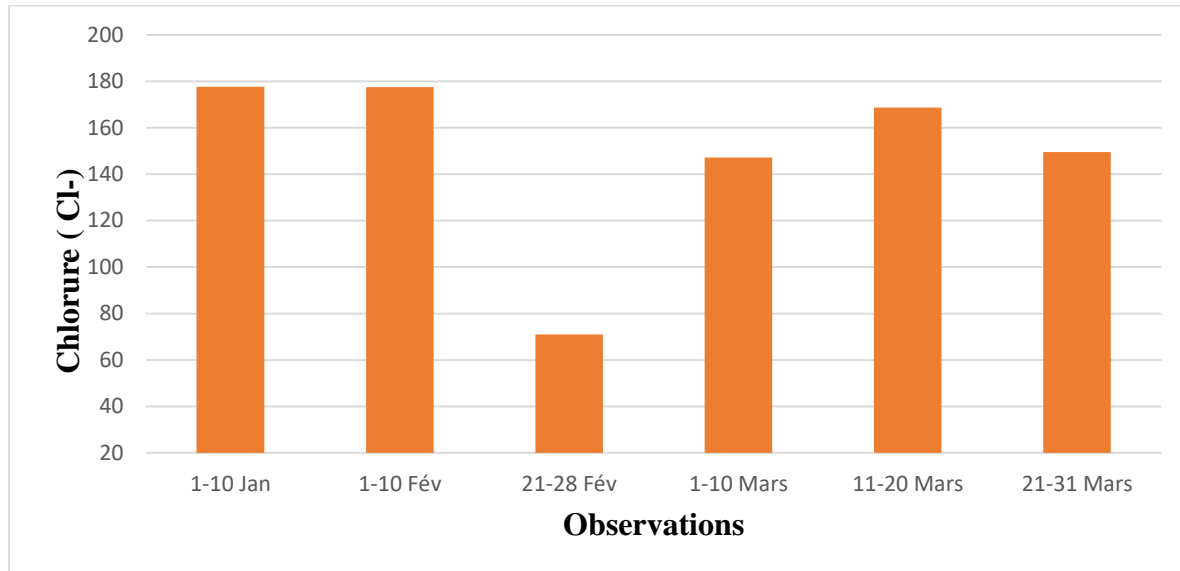


Figure III 8. Variations moyennes des chlorures de l'eau d'irrigation

III.3. Variation de la pollution de l'eau d'irrigation

L'évaluation de la pollution de l'eau repose sur la détermination de paramètres globaux de pollution, dont les plus couramment utilisés sont NH_4 , NO_2 , PO_4 , la turbidité, MES, DBO_5 et DCO.

III.3.1. Ammonium (NH_4) et nitrites (NO_2^-)

Le dosage d'ammonium est effectué une fois par mois et pendant une durée d'observation de trois mois successifs, le 13 février, 15 mars et 14 avril 2022. Les valeurs de NH_4 varient de 0.015 mg/l à 0.2 mg/l avec une moyenne de 0.1 mg/l. Tandis que les valeurs des nitrites apparaissent comme négligeables et varient de 0.01 à 0.02 mg/l avec une moyenne de 0.016 mg/l. Ces résultats sont proches de ce qui a été trouvé par (Harrat et Achour, 2011). En effet, l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est de très bonne qualité selon la grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielle établie par l'ABH (2009), ce qui signifie qu'il n'y a pas de pollution anthropique.

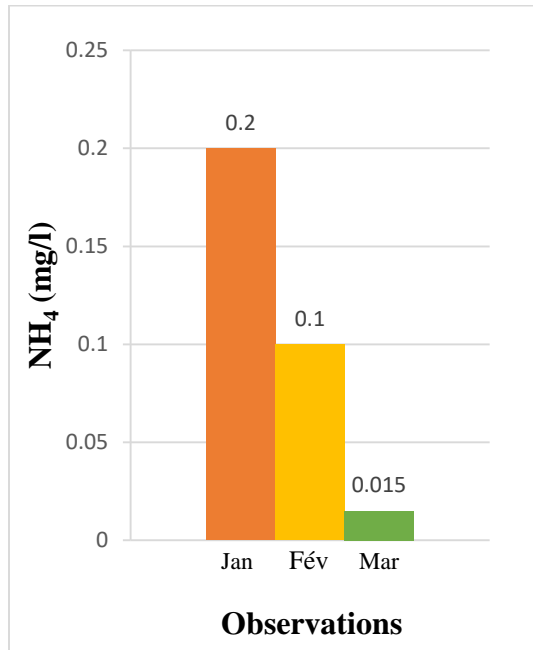


Figure III. 10. Variation des teneurs en ammonium de l'eau d'irrigation

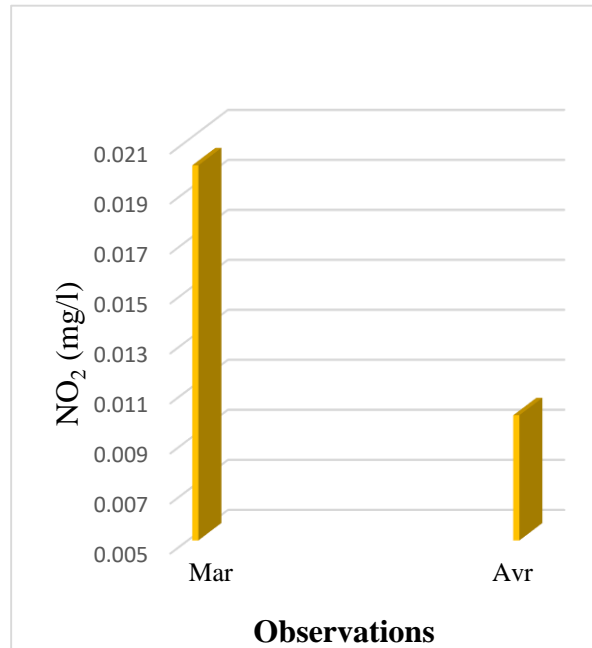


Figure III .11 .Variation des teneurs nitrites de l'eau d'irrigation

III.3.2. Phosphates (PO₄)

Dans notre étude, les teneurs en phosphate variaient d'un minimum de 0,02 mg/L à un maximum de 0,1 mg/L, avec une moyenne de 0,07 mg/L. Sa valeur dans l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est négligeable car il a tendance à se déposer et se précipiter sur le sol (Sharpley, 1980) ; (Golterman et Meyer, 1985).

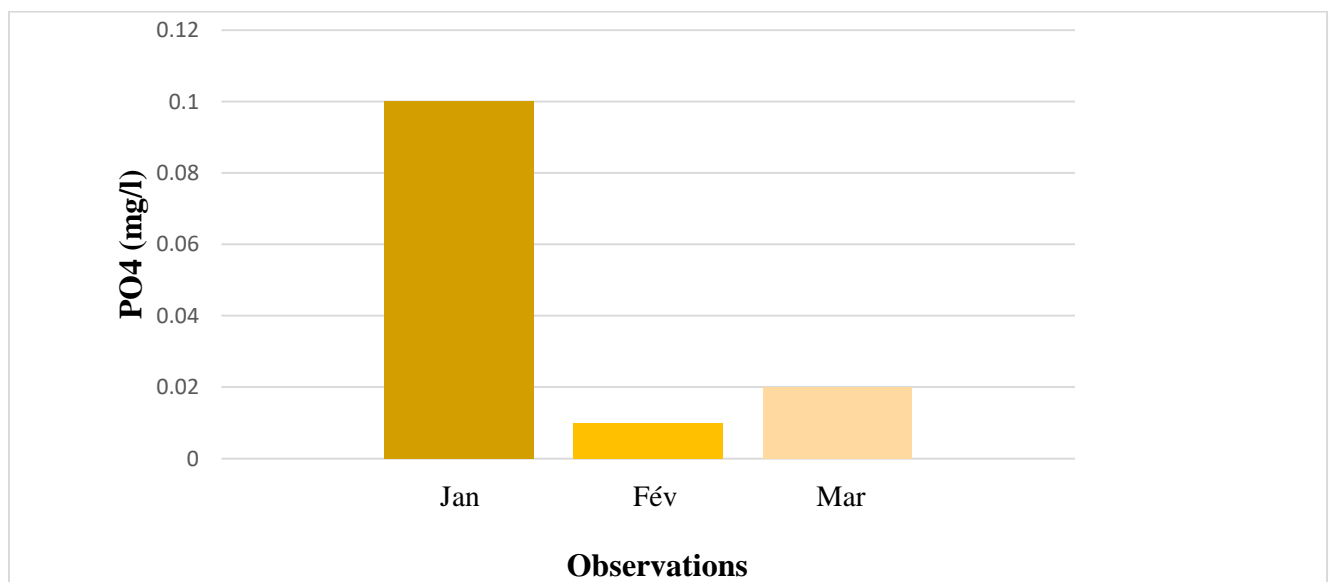


Figure III.10. Variation des teneurs en phosphate de l'eau d'irrigation

III.3.3. Turbidité et Matières en suspension (MES)

Les valeurs de la turbidité sont très faibles, elles varient de 0.21 NTU à 5.2 NTU avec une valeur moyenne de 2.5 NTU qui nous a permis de classer l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba dans la classe 1 (turbidité inférieure à 5 NTU) à eau incolore selon la classification **ANRH (1999)**. Concernant la variation de MES, ses valeurs sont aussi faibles et oscillent d'un minimum de 1 mg/l à un maximum de 3 mg/l avec une moyenne de 1.66 mg/l. Ces valeurs négligeables de turbidité et de matières en suspension s'expliquent par la densité du couvert végétal qui réduit l'intensité du phénomène d'érosion. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Harrat et Achour (2011)** et **Belhadj (2017)**.

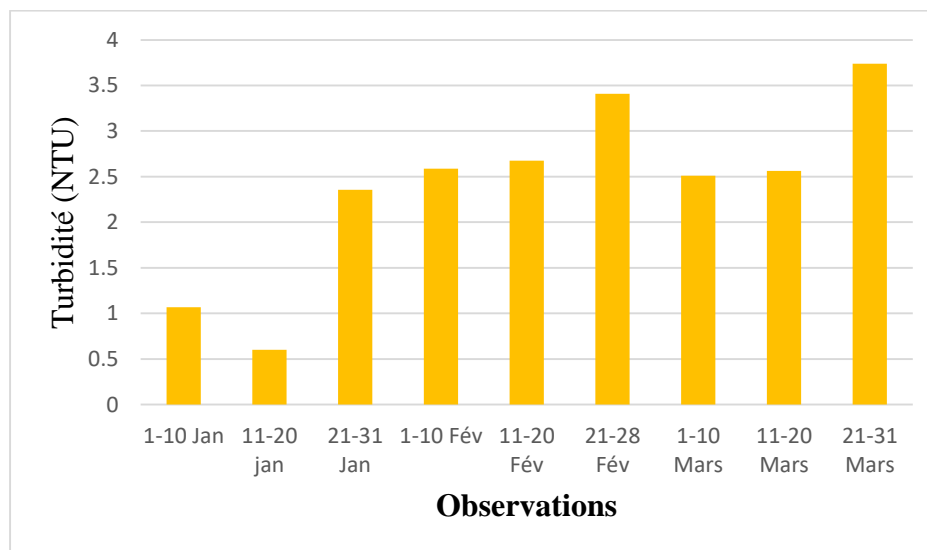


Figure III.11: Variation de la turbidité de l'eau d'irrigation

III.3.4. Demandes biologique et chimique en oxygène (DBO₅ et DCO)

DBO₅ signifie la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique par les micro-organismes pendant une durée déterminée de cinq jours (**Rodier et al., 2009**).

Au cours de la période d'observation, les valeurs de DBO₅ ont fluctué d'un minimum de 0,3 mg/L à un maximum de 5 mg/L avec une moyenne de 2,1 mg/L. Alors que la variation de la teneur en DCO variait entre une valeur maximale de 57,9 mg/l et une valeur minimale de 30 mg/l, la moyenne se situait autour de 45,63 mg/l. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par **Belhadj**

(2017), montrant que la charge polluante de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba a augmenté suites aux activités anthropiques.

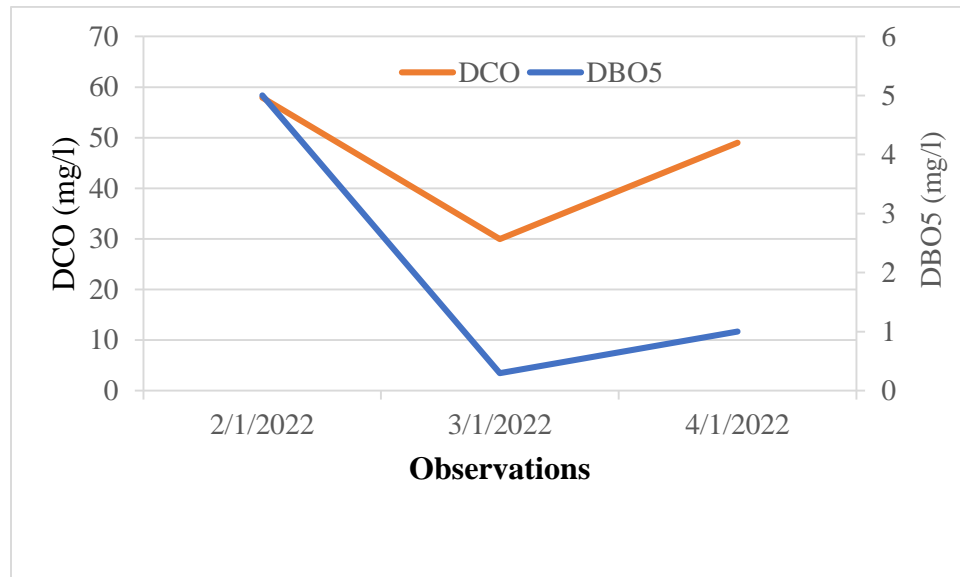


Figure III.12: Variation de la DBO5 et DCO de l'eau d'irrigation

III.4. Faciès hydro chimique de l'eau d'irrigation

La représentation graphique des résultats sur le diagramme de Piper a été réalisée à l'aide du logiciel DIAGRAMMES version 6.77 Roland SIMLER du Laboratoire Hydrogéologique d'Avignon.

III.1

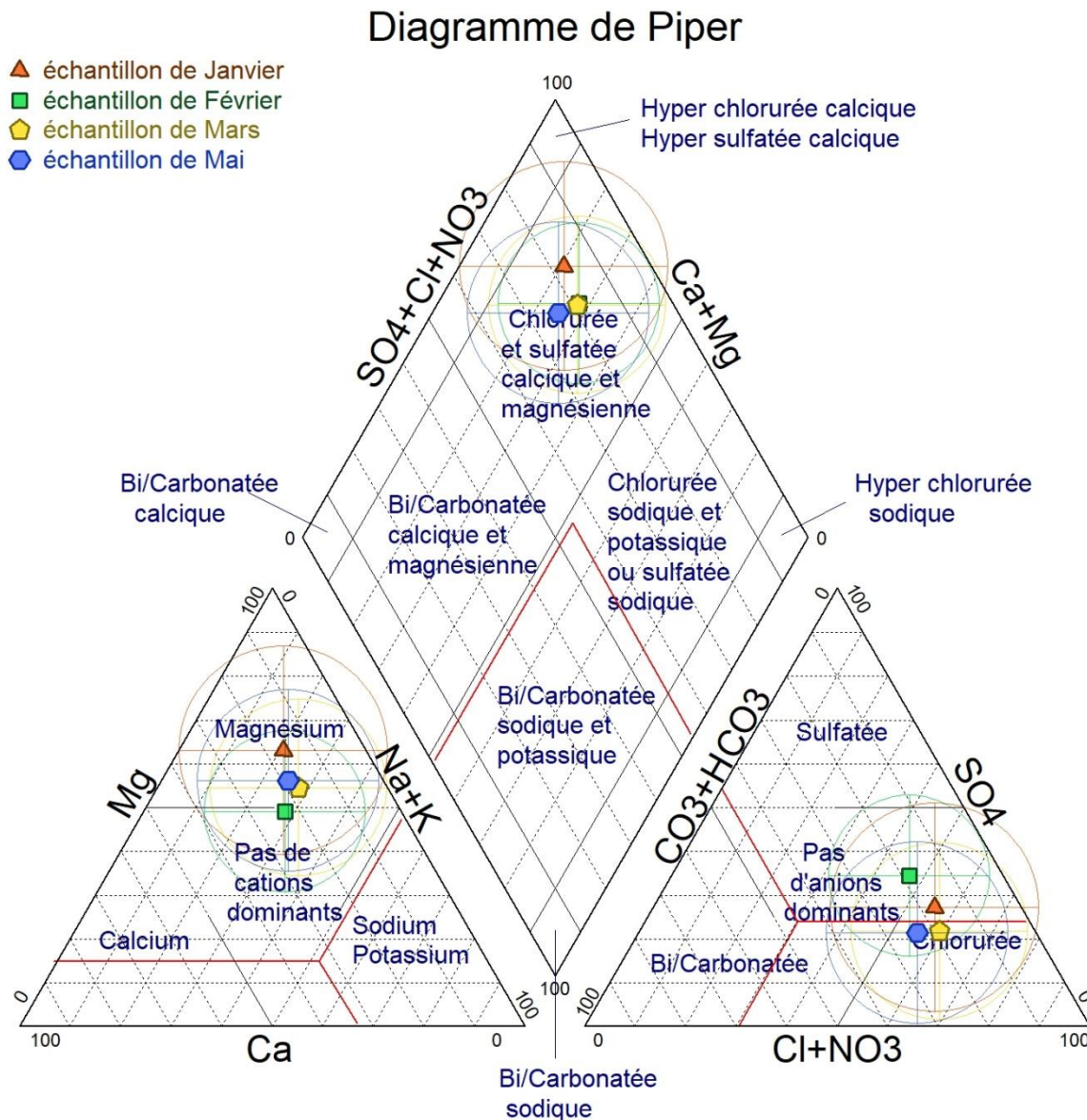


Figure III.3 : Diagramme de Piper de l'eau d'irrigation du Barrage de Zit Emba.

Selon le diagramme de Piper, le faciès chimique de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est de nature chlorurée et sulfate de magnésium en janvier et février, puisque le magnésium est le cation prédominant. Alors que pour les deux mois de mars et mai, il est de type chloruré magnésien, car le composant dominant des cations est le magnésium et celui des anions et le chlorure.

Conclusion

A la fin de ce chapitre, nous avons évalué la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba sur une période d'observation de trois mois allant de janvier, février et mars 2022. Les résultats ont montré que :

La valeur moyenne de la conductivité est de l'ordre de 820 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) indiquant que notre échantillon est de qualité admissible à médiocre où il faut maîtriser parfaitement les techniques d'aménagement spécifiques tels que le lessivage et le drainage. La valeur moyenne de pH (8.11) indique que cette eau est légèrement alcaline.

Cependant, la valeur moyenne du SAR, égale à 1.34 sans risque d'alcalinisation. Les chlorures avec une teneur moyenne de 4.08 meq/l, inférieure à la valeur maximale admissible pour les plantes (10 meq/l).

Les teneurs en cations Ca et Na sont respectivement de l'ordre de 4.23 et 2.71 meq/l et sont inférieurs au seuil maximal 20 et 40 meq/l, tandis que Mg et K sont de l'ordre de 6.06 et 3 meq/l, légèrement supérieurs aux limites maximales de 2 et 5 meq/l respectivement. Or la dureté est en moyenne de 221.12 mg/l, ce qui donne une eau modérément douce à dure. Alors que l'alcalinité est bicarbonatée du fait que le pH est inférieur à 8,3. D'après les résultats du TAC, les valeurs obtenues varient entre 40 et 120 mg/l. Globalement, la dureté de l'eau peut être due à la nature géologique des terrains traversés.

Concernant l'évaluation de la pollution de notre échantillon, des teneurs faibles en ammonium (NH_4) et nitrites (NO_2^-) de l'ordre de 0.1 mg/l et 0.016 mg/l respectivement inférieurs aux normes, ce qui signifie qu'il n'y a pas de pollution anthropique.

La teneur moyenne en phosphate est négligeable, de l'ordre de 0,07 mg/L car il a tendance à se déposer et se précipiter sur le sol.

Aussi, les valeurs de la turbidité sont très faibles, avec une moyenne de 2.5 NTU qui nous a permis de classer l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba dans la classe 1 (turbidité inférieure à 5 NTU) à eau incolore selon. Concernant la variation de MES, ses valeurs sont aussi faibles avec une moyenne de 1.66 mg/l. Ces valeurs négligeables de turbidité et de matières en suspension s'expliquent par la densité du couvert végétal qui réduit l'intensité du phénomène d'érosion.

Au cours de la période d'observation, la valeur moyenne de DBO_5 est de 2,1 mg/L inférieur à la limite supérieur. Alors que la variation de la teneur moyenne en DCO se situait autour de 45,63

mg/l est légèrement supérieur à la norme. Ces résultats montrent que cette eau est moyennement polluée suite aux activités anthropiques.

Enfin, le faciès chimique de l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba est globalement de nature chlorurée et sulfate de magnésium.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité de l'eau d'irrigation du barrage Zit-Emba à savoir sa qualité physicochimique réalisée sur trois mois d'observation (janvier février et mars) de l'année 2022.

Les résultats ont montré que la valeur moyenne de la conductivité (CE) est de l'ordre de 820 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) indiquant que notre échantillon est de qualité admissible à médiocre où il faut maîtriser parfaitement les techniques d'aménagement spécifiques tels que le lessivage et le drainage. La valeur moyenne de pH (8.11) indique que cette eau est légèrement alcaline et se trouve dans la gamme standard.

Cependant, la valeur moyenne du SAR, égale à 1.34 sans risque d'alcalinisation. Les chlorures avec une teneur moyenne de 4.08 meq/l, inférieure à la valeur maximale admissible pour les plantes (10 meq/l).

Les teneurs en cations Ca et Na sont respectivement de l'ordre de 4.23 et 2.71 meq/l et sont inférieurs aux seuils maximaux 20 et 40 meq/l, tandis que Mg et K sont de l'ordre de 6.06 et 3 meq/l, légèrement supérieurs aux limites maximales de 2 et 5 meq/l respectivement. Or la dureté est en moyenne de 221.12 mg/l, ce qui donne une eau modérément douce à dure. Alors que l'alcalinité est bicarbonatée du fait que le pH est inférieur à 8,3. D'après les résultats du TAC, les valeurs obtenues varient entre 40 et 120 mg/l. Globalement, la dureté de l'eau peut être due à la nature géologique des terrains traversés.

Concernant l'évaluation de la pollution de notre échantillon, des teneurs faibles en ammonium (NH_4) et nitrites (NO_2^-) de l'ordre de 0.1 mg/l et 0.016 mg/l respectivement inférieurs aux normes, ce qui signifie qu'il n'y a pas de pollution anthropique. La teneur moyenne en phosphate est négligeable, de l'ordre de 0,07 mg/L car il a tendance à se déposer et se précipiter sur le sol.

Aussi, les valeurs de la turbidité sont très faibles, avec une moyenne de 2.5 NTU qui nous a permis de classer l'eau d'irrigation du barrage de Zit Emba dans la classe 1 (turbidité inférieure à 5 NTU) à eau incolore. Concernant la variation de MES, ses valeurs sont aussi faibles avec une moyenne de 1.66 mg/l. Ces valeurs négligeables de turbidité et de matières en suspension s'expliquent par la densité du couvert végétal qui réduit l'intensité du phénomène d'érosion.

Au cours de la période d'observation, la valeur moyenne de DBO_5 est de 2,1 mg/L inférieur à la limite supérieur. Alors que la variation de la teneur moyenne en DCO se situait

Conclusion générale

autour de 45,63 mg/l est légèrement supérieur à la norme. Ces résultats montrent que cette eau est moyennement polluée suite aux activités anthropiques.

Enfin le faciès chimique est de type chloruré sulfate magnésienne. Donc cela nous montre que la qualité de cette eau est bonne pour l'irrigation en maîtrisant certaines mesures de dépollution en amont et en aval, et d'installer des systèmes d'épuration naturels ou artificiels pour protéger cet écosystème et assurer son équilibre environnemental.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABH ,2009. Grille de la qualité des eaux superficielles en Algérie.
2. Afri- Mehennaoui F.Z, 1998.Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'oued kébir-Rhemel.
3. Anonyme1, https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/salinite/irrigation/salinite-risque_irrigation.htm#ixzz7Ub1L82sb.
4. ANRH, 1999.Grille de la qualité des eaux superficielles.
5. Beaudry, T, Henry, T, M, 1984, Chimie des eaux, édition. Les griffons d'argiles, 1^{ère} édition, INC canada. 537 pp. E,Paris. 179 p.
6. Belhadj M. Z. 2007- Etude de la pollution des eaux de surface du barrage de Zit Emba. Région Est de Skikda. NE algérien. Mémoire de Magister Dép. Hydrau. Univ. Batna.
7. Belhadj MZ, 2017. Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider Biskra. 1-179 pp.
8. Belkhiri L. 2011. Étude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d'Ain Azel - Est Algérien. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences option : hydraulique, Dép. Hydrau. Univ. Batna.
9. Benallou, A. (2004) : Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arib., Mémoire de Master, Centre universitaire de Khemis Miliana. p12.
10. Boudoukha A. et Belhadj M. Z. 2012. Impact d'une pollution anthropique et d'une contamination naturelle sur la qualité des eaux du barrage de Zit Emba. Est algérien. Revue La Houille Blanche, n° 4, 2012, p. 34-41
11. Boudoukha A. et Boulaarak M. 2013. Pollution des eaux du barrage de Hammam Grouz par les nutriments (Est algérien). Bull. Serv. Géol. Nat. 24 (2).139-149.
12. Bouhlassa S., Alechcheikh C. et Kabiri L. 2008. Origine de la minéralisation et de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique du Quaternaire du bassin-versant de Rheris (Errachidia, Maroc). Sécheresse, vol. 19, n° 1, p. 67-75.
13. Bremond. R et Vuichard R, 1973. Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. SPEP.
14. COTE M, 1998a. Les régions bioclimatiques de l'Est algérien, Rhumel, n° 6, pp. 57-71.

15. Couture I, 2006. Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. Colloque sur l'irrigation, l'eau, source de qualité et de rendement. Edition CRAAQ. 13p.
16. COUTURE, I, 2006, agr., M.Sc. Conseillère en production maraîchère Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Direction régionale de la Montérégie, secteur est Saint-Hyacinthe (Québec). P : 3.
17. DPAT, 2013. Annuaire statistique de la Wilaya de Skikda.
18. eduterre.ens-lyon.fr
19. Felfoul, R. et Hadjyahya, S. (1999) : Contribution au traitement des eaux d'oued Boutane (Khemis Miliana) Choix d'un procédé d'épuration. Mémoire de Master, Centre université de Khemis Miliana. p16.
20. Fischer, J. C., Boughriet A., Ouddane B., Bodineau L., 2000. Comportement des polluants métalliques et de la matière organique en Manche. Revue Océans, 23(1), 89-111.
21. Gaujous, D. (1985) : La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté, p. 49.
22. Golterman, H. L. & Meyer, M. L. (1985) the geochemistry of two hard water rivers, the Rhine and the Rhone: Part 4: The determination of the solubility product of hydroxyapatite. Hydrobiologia 126, 25-29.
23. Gouaidia L., O. Guefaifia, A. Boudoukha, M. Laid Hemila et C. Martin 2012. Évaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risques de dégradation des sols : exemple de la plaine de Meskiana (Nord-Est Algérien). Revue : physio-Géo, volume 6, p.141-160
24. Harrat N, Achour S, (2011). Qualité et réactivité des eaux de barrage de zit el-emba alimentant la station de traitement d'Azzaba. Edition Courier du Savoir – N°11, Mars 2011, pp.113-117.
25. Harrat. N, 2013. Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse Doctorat en sciences Spécialité: Hydraulique, Université Mohamed Khider – Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie, Département : Génie civil et hydraulique.
26. Hawa, S. (2001) : Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la Ville de Bamako. Université de Bamako
27. Joel, G. (2003) : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Paris, France.p 65.

28. Kattan, Z., Salleron, J. L. & Probst, J. L. (1987) Bilans et dynamique de transfert de l'azote et du phosphore sur le bassin de la Moselle (Nord-Est de la France), *Sciences de l'Eau* 5 no. 4, 437-461.
29. Kempe, S. (1982) Long-term records of the C07 pressure fluctuations in fresh water. *Mitt. Geol.-Palaont. Inst. (Proc. Hamburg Symp. SCOPE/UNEP)*, Sonderband Heft 52, 91- 332.
30. Khechana.S, 2014. Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien). Thèse doctorat ès sciences en Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Faculté des Sciences de la Terre Département de Géologie
31. Khechana.S, et El-Fadel Derradji, 2014. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole (Cas des eaux souterraines d'Oued-Souf, SE algérien), *Rev. Sci. Technol.*, Synthèse 28 : p58-68
32. Khelef K, 2006. Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique d'Oued-Souf. Thèse de Master d'école de Management Euro-Med, Université de Marseille, 100p.
33. Khelili, R et Lazali, D. (2015) : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla). p10
34. Lallemand-Barrès A, 1980. Aménagement des sols salés, irrigation avec des sols salés. Etude documentaire. 80 SGN 922 EAU. 1-42 pp.
35. Mahamat, B et Beskri, A. (2010) : Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana. p42
36. Maiga, A. (2005) : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako évaluation saisonnière, Thèse de Doctora. Bamako (Mali), p77.
37. Makhoukh, M. (2011) : Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. (Maroc) p46.
38. Mebarki A. 2005. Hydrologie des bassins de l'est Algérien : ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'état (Géographie et Aménagement du Territoire, option Hydrologie).
39. Menad, K et Metadjer. (2012) : Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Khemis Miliana.p14.
40. PapaioannouA., Plageras P., Dovriki E., Minas A., Krikelis V., Nastos P.Th., Kakavas K., & Paliatsos A.G., 2007. Groundwater quality and location of productive activities in the region of Thessaly (Greece), *Journal of Desalination*, 213, 209–217.

41. Person J. 1978. Irrigation et drainage en Tunisie problème posé par la salinité des sols et des eaux. Bull. BRGM (2ème série) section III, n°2 : 143-151.
42. QAE, 2011. La Qualité et les Analyses de l'eau, Action contre la faim, publier par : Saidou Gayet, p40.
43. Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook 60, USDA, Washington D.C. 160 p
44. Rodier J. 1996. L'analyse de l'eau. Dunod, Paris. Rodier J., 1996 – Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod Bordas, Paris, 7ème édition,
45. Rodier J. 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition: Dunod, Paris.
46. Rodier J., Legube B. et Merlet N. 2009. L'analyse de l'eau, Ed. Dunod
47. Rodier, J et al. (2009) : L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, p1579.
48. Rodier, J. (2005) : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.
49. Sahraoui, N. (2015) : Etude de la cohérence 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. p32.
50. SELLAH S. (1993), Optimisation de la floculation au cours du traitement de l'eau de la station de Souk El Djemaa, Thèse d'Ingénieur en construction hydraulique. Université de Tizi-Ouzou.
51. Sharpley, A. N. (1980) the enrichment of soil phosphorus in runoff sediment. J. Environ. Qual. 9 (3), 521-526.
52. Suyama H., Benes S.E., Robinson P.H., Grattan S.R., Grieve C.M. & Getachew G., 2007. Forage yield and quality under irrigation with saline-sodic drainage water, Greenhouse evaluation. Agricultural water management, 88, 159–172.
53. TARDAT-HENRY M, BEAUDRY J. (1984), Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.
54. Un water, 2015. L'eau, source de vie, 2005-2015. Publié par le Département de l'information de l'ONU. 03972—DPI/2378—septembre 2005—5M.
55. Verneaux. j, 1973, cours d'eau de franche – comté ; recherches écologique sur le réseau hydrographique de doubs ; France, p ; 241.
56. Vnoukov.A et Kovalev. A, 2000. Barrage de Zit-Emba, pièces d'exécution et notice explicative.

Nom et prénom : Rezagui Amira

Nom et prénom : Saci Safa

Nom et prénom : Ramzi Tifouti

Nom et prénom : Traïfi Aïcha

Titre : Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation du périmètre de Zit Emba (Wilaya de Skikda)

Résumé : Le premier objectif de cette étude était d'évaluer la qualité physicochimique de l'eau d'irrigation du périmètre de Zit Emba qui compte parmi les périmètres de hautes potentialités agricoles de la wilaya de Skikda et couvre une superficie de 4586 ha. Cette évaluation est basée sur la détermination des critères d'importance majeures telles que la conductivité électrique, le taux de sodium absorbé, potentiel d'hydrogène et la composition minérale. Les échantillons ont été prélevés pendant trois mois (Janvier, février et mars 2022) et analysés selon les méthodes préconisées par l'agence Française de normalisation en se référant à Rodier. En outre, les résultats d'analyses trouvés sont comparés aux critères et recommandations fixant la qualité de l'eau d'irrigation. Les résultats ont montré que l'eau du barrage est acceptable pour l'irrigation en contrôlant certaines mesures pour protéger cette ressource de la pollution anthropique.

Mots clés : Qualité physicochimique, eau d'irrigation, périmètre de Zit Emba.

ملخص : الهدف الأول من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الري لمحيط زيت إمبا الذي يعد أحد المحيطات ذات الإمكانيات الزراعية العالية لولاية سكيكدة ويغطي مساحة 4586 هكتار. يعتمد هذا التقييم على تحديد المعايير الرئيسية مثل التوصيل الكهربائي ومعدل الصوديوم الممتص وإمكانات الهيدروجين والتركيب المعدني. تم أخذ العينات لمدة ثلاثة أشهر (جانفي و فيفري ومارس 2022) وتم تحليلها وفقاً للطرق التي بالإضافة إلى ذلك ، تمت مقارنة نتائج التحليلات التي تم العثور عليها مع المعايير Rodier أوصت بها وكالة التقييس الفرنسية بالرجوع إلى التوصيات التي تحدد جودة مياه الري. أظهرت النتائج أن مياه السد مقبولة للري من خلال التحكم في بعض الإجراءات لحماية هذا المورد من التلوث البشري.

الكلمات المفتاحية: الجودة الفيزيائية والكيميائية ، مياه الري ، محيط زيت إمبا.

Abstract: The first objective of this study was to evaluate the physicochemical quality of the irrigation water of the perimeter of Zit Emba which is one of the perimeters of high agricultural potential of the wilaya of Skikda and covers an area of 4586 ha. This evaluation is based on the determination of major criteria such as electrical conductivity, absorbed sodium rate, hydrogen potential and mineral composition. The samples were taken for three months (January, February and March 2022) and analyzed according to the methods recommended by the French standardization agency with reference to Rodier. In addition, the results of analyzes found are compared with the criteria and recommendations fixing the quality of irrigation water. The results showed that the water from the dam is acceptable for irrigation by controlling certain measures to protect this resource from anthropogenic pollution.

Keywords: Physicochemical quality, irrigation water, perimeter of Zit Emba.

Année Universitaire : 2021/2022