



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة شاذلي بن جديد-الطارف
Université Chadli Bendjedid - El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II

Spécialité :

Agroenvironnement et bio-indicateur

THEME

Aptitude des eaux de surface du barrage Mexa à l'irrigation (région El Tarf)

Par :

Dellel Khawla

Devant le jury :

Présidente : Dr. Samira Gheid

MCB. Université C. Bendjedid El Tarf

Examinatrice : Dr. Warda Boumaraf

MCB. Université C. Bendjedid-El Tarf

Promotrice : Dr. Sofia Bahroun

MCA. Université C. Bendjedid-El Tarf

2019- 2020

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout ALLAH le Tout Puissant, de m'avoir guidée durant les années d'études et de m'avoir donnée la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

AU PROPHÈTE MOHAMED (PSL)

Ma prière est d'être toujours fidèle à ta parole pour être un modèle.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus sincères à Madame SOFIA BAHROUN, Maître de conférences « A » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, mon encadrice, ainsi que tous les enseignants et professeurs qui m'ont accompagnés et soutenus durant ma vie scolaire jusqu'ici, et tout au long de ce travail avec patience et disponibilité, « MERCI ».

Mes vifs remerciements également à Dr. SAMIRA GHEID, Maître de conférences « B » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, d'avoir bien voulu s'intéresser à ce travail et qui a bien accepté de me faire le grand honneur de présider le Jury de ma soutenance.

Mes remerciements s'adressent à Dr. WARDA BOUMARAF, Maître de conférence « B » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, d'avoir accepté d'examiner, d'évaluer ce travail et de siéger au jury de ma soutenance.

Mes remerciements à tous les enseignants du département de biologie de l'université d'El Tarf.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

À mes chers parents ma mère Houria et mon père Ammar

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

À ma sœur Dounia

À mes frères Belhacem et Sajid

À mon amie Aicha

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du

Primaire, Moyen, Secondaire et de l'Enseignement Supérieur

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

1

Chapitre I Partie bibliographique

I.1. L'eau 3

I.1.1. Type d'eau 3

I.1.1.1. L'eau du robinet 3

I.1.1.2. L'eau de source 3

I.1.1.3. L'eau minérale naturelle 4

I.1.1.3. L'eau minérale naturelle 4

I.1.1.5. Les eaux souterraines 4

I.1.2. La pollution d'eau 4

I.1.2.1. Pollution des sols 4

I.1.2.2. Pollution de l'eau 4

I.1.2.3. Pollution de l'air	5
I.2. Le sol	5
I.2.1. Constituants des sols	5
I.2.1.1. Fraction minérale	5
I.2.1.2. Fraction organique	6
I.2.2. Texture du sol	7
I.3. L'irrigation	7
I.3.1. Méthodes d'irrigation	8
I.3.1.1. Irrigation de surface	8
I.3.1.2. Irrigation par bassins	8
I.3.1.3. Irrigation par sillons/a la raie	9
I.3.1.4. Irrigation par planches	10
I.3.1.5. Irrigation par aspersion	10
I.3.1.6. Irrigation goutte à goutte	11

Chapitre II Présentation de la zone d'étude

II.1. Présentation du barrage Mexa	12
II.2. Situation géographique	12
II.3. Caractéristiques climatiques	13
II.4. Richesses Faunistiques et floristiques	13
II.4.1. Richesses Faunistiques	13
II.4.2. Richesses floristiques	13
II.5. Sol	14
II.6. Géologie	14

Chapitre III Matériels et méthodes

III.1. Objectif du travail	15
III.2. Matériels	15

III.3. Méthodes	15
III.3.1. Échantillonnage	15
III.3.2. Méthodes de prélèvement	16
III.3.3. Conditions de prélèvement	16
III.3.4. Transport et stockage	16
III.3.5. Les méthodes d'analyses	16
III.3.5.1. In situ (sur le terrain)	17
A. Conductivité	17
III.3.5.2. Au laboratoire	17
A. Calcium	17
B. Sodium	17
C. Sulfate	17
D. Chlorure	17
E. Bicarbonate	18
F. Magnésium	18
G. Potassium	18
III.3.5.3. Aptitude des eaux à l'irrigation	18
A. Risque de salinité	18
B. Risque de sodicité	19
C. Classification de Richards	19
D. Classification de Wilcox	20

Chapitre IV Résultats et discussion

IV.1. Paramètres physico-chimique (in situ)	21
IV.1.1. La conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	21
IV.2. Paramètres physico-chimique (au laboratoire)	21
IV.2.1. Le sodium Na^+ (mg/l)	21

VI.2.2. Le magnésium Mg^{++} (mg/l)	22
VI.2.3. Les Bicarbonates HCO_3^- (mg/l)	23
IV.2.4. Le potassium K^+ (mg/l)	24
IV.2.5. Le chlorure Cl^- (mg/l)	25
IV.2.6. Le sulfate SO_4^{--} (mg/l)	26
IV.2.7. Le calcium Ca^{++} (mg/l)	27
IV.3. Aptitude des eaux du barrage Mexa à l'irrigation	28
IV.3.1. Interprétation des résultats du risque de salinité	28
IV.3.2. Interprétation des résultats selon la classification de Riverside et Wilcox	28
III.6. Etablissement de la carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation	30
Conclusion	32
Références bibliographiques	

Résumé

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie, c'est une richesse nécessaire à toute activité humaine. L'objectif principal de cette présente étude est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux du barrage Mexa situé à l'extrême Nord Est de l'Algérien, wilaya d'El Tarf, et voir son aptitude à l'irrigation.

Le présent travail a été élaborée sur une base de donnée de trois ans de l'année 2017 jusqu'au 2019.

Les classifications de Richards et Wilcox ont permis de classer les eaux du barrage, et montrer que la salinité reste toujours moyenne au niveau du barrage Mexa. Pour que l'interprétation ait un sens pratique, nous avons cartographié l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, l'établissement de la carte d'aptitude des eaux du barrage Mexa à l'irrigation confirme les résultats obtenus. Ces eaux sont de bonne qualité. En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.

Mots clés : Barrage Mexa, eau, qualité, irrigation, bonne.

Abstract

Water is a natural element indispensable to life, it is a wealth necessary for all human activity. The main objective of this study is to assess the physical and chemical quality of the waters of the Mexa dam located in the extreme north-east of Algeria, wilaya of El Tarf, and to see its ability to irrigate.

This work was developed on a three year basis from 2017 to 2019.

The Richards and Wilcox classifications have allowed the dam's waters to be classified, and to show that salinity is still average at the Mexa Dam. For the interpretation to have a practical meaning, we have mapped the ability of these waters to irrigate, the establishment of the Water Ability Map of the Mexaa Dam to irrigation confirms the results obtained. These waters are of good quality. In general, water can be used without any particular control for irrigation of plants moderately tolerant to salts, on soils with good permeability.

Keywords : Mexa Dam, water, quality, irrigation, good.

ملخص

الماء هو عنصر طبيعي لا غنى عنه للحياة، بل هو ثروة ضرورية لجميع الأنشطة البشرية. والهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه سد "ماكسة" الواقع في أقصى شمال شرق الجزائر، ولاية الطارف، ودراسة قدرته على الري.

وقد تم تطوير هذا العمل على أساس ثلاث سنوات من عام 2017 إلى عام 2019.

وقد سمحت تصنيفات ريتشاردزو ويلكاكس لتصنيف مياه السد، وإظهار أن الملوحة لا تزال متوسطة في سد ماكسة التفسير ليكون له معنى عملي، قمنا برسم خريطة قدرة هذه المياه على الري، إنشاء خريطة قدرة مياه سد ماكسة على الري يؤكد النتائج التي تم الحصول عليها. هذه المياه ذات نوعية جيدة. بشكل عام، يمكن استخدام المياه دون أي رقابة خاصة لري النباتات معتدلة التحمل إلى الأملاح، على تربة ذات نفاذية جيدة.

الكلمات المفتاحية: سد ماكسة، المياه، الجودة، الري، جيدة.

Liste des figures

Figure n°1. Irrigation de surface	08
Figure n°2. Irrigation par bassins	09
Figure n°3. Irrigation par sillons/a la raie	09
Figure n°4. Irrigation par planches	10
Figure n°5. Irrigation par aspersion	10
Figure n°6. Irrigation goutte à goutte	11
Figure n°7. Barrage Mexa	12
Figure n°8. Situation géographique du barrage Mexa	13
Figure n°9. Multi-paramètres340I	15
Figure n°10. Spectrophotomètre UV	15
Figure n°11. Variation de la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	21
Figure n°12. Variation de sodium en mg/l	22
Figure n°13. Variation de magnésium en mg/l	23
Figure n°14. Variation de bicarbonate en mg/l	24
Figure n°15. Variation de potassium en mg/l	25
Figure n°16. Variation de chlorure en mg/l	26
Figure n°17. Variation des sulfates en mg/l	27
Figure n°18. Variation de calcium en mg/l	28
Figure n°19. Évolution de la conductivité au niveau du barrage Mexa	28
Figure n°20. Classification des eaux du barrage Mexa par diagramme de Riverside	29
Figure n°21. Classification des eaux du barrage Mexa par diagramme de Wicox	30
Figure n°22. Carte d'aptitude du barrage Mexa à l'irrigation	31

Liste des tableaux

Tableau n°1. Classes de salinité selon Richards	19
Tableau n°2. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR	20
Tableau n°3. Variation de la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	21
Tableau n°4. Variation de sodium en mg/l	22
Tableau n°5. Variation de magnésium en mg/l	23
Tableau n°6. Variation de bicarbonate en mg/l	23
Tableau n°7. Variation de potassium en mg/l	24
Tableau n°8. Variation de chlorure en mg/l	25
Tableau n°9. Variation des sulfates en mg/l	26
Tableau n°10. Variation de calcium en mg/l	27

INTRODUCTION

Introduction

L'eau une ressource naturelle principale et atout national précieux, constitue le principal constituant de l'écosystème. Les sources d'eau peuvent être principalement sous la forme de rivières, de lacs, de glaciers, l'eau de pluie, les eaux souterraines, etc. Outre la nécessité de l'eau pour boire, les ressources en eau jouent un rôle vital dans divers secteurs de l'économie tels que l'agriculture, l'élevage, la foresterie, activités industrielles, la production d'hydroélectricité, de la pêche et d'autres activités créatives. La disponibilité et la qualité de l'eau soit de surface ou souterraine, ont été détériorées en raison de certains facteurs importants comme l'augmentation de la population, l'industrialisation, l'urbanisation, etc.

L'eau étant nécessaire au développement de toutes les formes de vie, animales ou végétales, il faut veiller à la préservation de cette ressource des points de vue qualitatif et quantitatif. Pour cela, il faut assurer une gestion durable de cette ressource et préserver l'environnement dans lequel l'eau se trouve en interaction continue : la biosphère.

Depuis plusieurs décennies, en Algérie, les déjections animales, agricoles, industrielles ainsi que domestiques contribuent, de plus en plus qu'ailleurs, à la pollution des rivières et des nappes phréatiques.

Ces dernières années, de nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de la qualité des eaux de surface et plus particulier les eaux des barrages.

Le présent mémoire vient s'ajouter à d'autres travaux et concerne à l'étude de la qualité physico chimique des eaux de barrage Mexa appartenant à la région d'El Tarf. Cette dernière, est à vocation principalement agricole, située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie.

Pour répondre à la problématique posée, un suivi de la qualité des eaux a été réalisé durant une période de trois ans de 2017 jusqu'au 2019. Afin d'atteindre les objectifs visés, nous avons dégagé quatre chapitres.

Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique, qui est un rappelle sur l'eau, la pollution et l'irrigation d'une façon générale.

Le deuxième chapitre donne un aperçu sur le cadre général de la zone d'étude par, sa situation géographique, sa géologie, la faune et la flore de cette région.

INTRODUCTION

Le troisième chapitre intitulé matériel et méthode, est essentiellement consacrée à la présentation des matériels et différentes méthodes utilisées pour l'interprétation des résultats trouvés ainsi que la définition des paramètres physicochimiques.

La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet du quatrième chapitre de ce mémoire.

Le présent travail se termine par une conclusion faisant apparaitre les résultats de l'étude, des références bibliographiques.

CHAPITRE I

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. L'eau

L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante), composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O.

L'eau, sous sa forme liquide, est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. Ces êtres vivant peuvent par conséquent être composés jusqu'à 97% d'eau. (McDonald, 1988).

I.1.1. Type d'eau

I.1.1.1. L'eau du robinet

Elle peut provenir des rivières et fleuves, des nappes souterraines mais aussi des sources. L'eau récupérée est ensuite traitée pour la rendre parfaitement potable. La composition de l'eau du robinet en sels minéraux varie d'une région à l'autre, de fait son goût également. (Mackenzie et *al*, 1981).

I.1.1.2. L'eau de source

L'eau de source est directement potable à l'état naturel. Elle fait l'objet d'analyses régulières pour vérifier qu'elle reste de bonne qualité mais n'est pas spécialement tenue d'avoir une formule fixe. Cette eau ne subit pas de traitement avant sa mise en bouteille tout au plus peut-elle être enrichie en gaz lorsqu'il s'agit d'une eau gazeuse. Si l'eau répond à un certain nombre de critères et notamment qu'elle contient moins de 15 mg par litre de nitrates, elle peut alors comporter la mention "convient pour l'alimentation des nourrissons". Dernière obligation légale, l'eau de source ne doit pas entretenir de confusion avec une eau minérale naturelle. (OMS, 1998).

I.1.1.3. L'eau minérale naturelle

Lorsqu'une eau jaillit naturellement au cœur de la nature et qu'elle est consommable sans aucune modification, elle peut bénéficier de l'appellation eau minérale naturelle. Les eaux minérales naturelles sont caractérisées par leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur composition minérale constante. (Baudrillard, 1970).

I.1.1.4. L'eau de surface

Précise qu'une eau, telle qu'issue d'un ruissellement, reste à la surface du sol et peut être stockée en étangs ou autres ouvrages de retenue. Elle résume la collecte de l'eau souterraine ou de l'eau atmosphérique. Par définition, les eaux de surface sont tirées

des lacs, rivières, chutes d'eau et de la mer. Ces eaux superficielles jouent le plus grand rôle dans la formation de l'hydrosphère sur terre.

L'eau de surface est de l'eau qui s'accumule sur le sol ou dans un cours d'eau, dans le lit d'une rivière, d'un lac, d'une zone humide, d'une mer ou d'un océan. Son degré de pollution est mesuré par la qualité de l'eau recueillie.

I.1.1.5. Les eaux souterraines

Quand la pluie tombe sur le sol, une partie coule le long de la surface de la terre vers des ruisseaux, rivières ou des lacs et peut hydrater le sol. Une partie de cette eau est utilisée par la végétation, une autre partie s'évapore et retourne à l'atmosphère. Une partie de l'eau s'infiltre aussi dans le sol, traverse la zone non saturée et atteint la nappe phréatique, ce qui est une surface imaginaire où le sol est saturé en dessous. (Baudrillard, 1970).

I.1.2. La pollution d'eau

La pollution peut-être définie de plusieurs façons. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. Elle inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelle matière ajoutée à l'eau qui est au-delà de sa capacité à le détruire est considérée comme de la pollution. Elle peut, dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même, comme lorsque l'eau coule par des sols qui a un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau.

I.1.2.1. Pollution des sols

La pollution excessive du sol peut entraîner la contamination de l'eau et peut donc créer d'énormes dégâts sur l'environnement. Le sol contaminé est tout sauf un endroit sûr pour les cultures, les produits chimiques par ce biais peuvent atteindre le corps des organismes vivants, une fois que sont digérés les aliments affectés. (Rigaudiat, 2007).

I.1.2.2. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est mauvaise pour l'environnement car elle conduit à souiller les ressources d'eau douce, alors qu'il n'y a pas assez d'eau potable pour soutenir les écosystèmes. Les animaux boivent l'eau contenant des produits chimiques divers, la pollution de l'eau peut aussi conduire à la création de «zones mortes» où les animaux et les plantes ne peuvent plus vivre à cause du manque sévère d'oxygène.

I.1.2.3. Pollution de l'air

La pollution atmosphérique fait de gros dégâts à notre environnement. Les gaz à effet de serre sont terriblement nuisibles, non seulement ils polluent notre planète, mais ils contribuent aussi au réchauffement planétaire et entraîne le changement climatique.

I.2. Le sol

Les définitions du sol sont liées à son utilisation. Pour un ingénieur civil le sol est un support sur lequel sont construites les routes et sont fondés les bâtiments. Pour un ingénieur d'assainissement le sol est un récipient d'égouts domestiques et municipaux. Pour l'hydrologue ou l'hydrogéologue le sol est un manteau vivant et végétalisé permettant le cycle de l'eau. Pour l'écologue le sol est un habitat et un élément de l'écosystème qui est le produit et la source d'un grand nombre de processus et interactions chimiques, biochimiques et biologiques. On a d'ailleurs de plus en plus tendance à considérer le sol comme un écosystème à part entière, et non plus comme une composante d'un écosystème dont la base serait la végétation. (Jamagne et *al*, 1992).

I.2.1. Constituants des sols

I.2.1.1. Fraction minérale

La fraction minérale représente l'ensemble des produits de la dégradation physique puis chimique de la roche mère.

On peut les classer par diamètres décroissants (granulométrie) :

- Les graviers et cailloux (> 2 mm),
- Les sables (20 µm-0,2 mm),
- Les limons (2 µm-20 µm),
- L'argile granulométrique (< 2 µm).

Tous ces éléments constituent le « squelette » du sol.

La fraction minérale est composée d'une fraction grossière et d'une fraction fine :

- fraction grossière, les particules ont un diamètre supérieur à deux micromètres : les graviers et cailloux, les sables, les limons. Cette fraction est sans intérêt immédiat pour les plantes, mais est primordiale pour garder l'eau en réserve dans le sol (macroporosité). Il s'agit du squelette du sol, qui finira par se transformer en fraction fine par altération ; (Jamagne et *al*, 2008).

- fraction fine : les particules sont inférieures à 2 μm . Cette fraction est biologiquement et chimiquement active. Elle est composée de colloïdes minéraux.

I.2.1.2. Fraction organique

La matière organique du sol peut être définie comme une matière carbonée provenant de la décomposition et du métabolisme d'êtres vivants végétaux, animaux et microbiens (fongiques, bactériens). Elle constitue l'humus. Elle est composée d'éléments principaux (carbone-C, hydrogène-H, oxygène-O et azote-N), d'éléments secondaires (soufre-S, phosphore-P, potassium-K, calcium-Ca et magnésium-Mg), ainsi que d'oligoéléments.

Elle se répartit en quatre groupes :

- La matière organique vivante, animale (faune du sol), végétale (organes souterrains des plantes) et microbienne (bactéries, champignons, algues du sol), qui englobe la totalité de la biomasse en activité,
- Les débris d'origine végétale (résidus végétaux ou litière, exsudats racinaires), animale (déjections, cadavres) et microbienne (cadavres, parois cellulaires, exsudats) appelés matière organique fraîche,
- Des composés organiques intermédiaires, appelés matière organique transitoire (évolution de la matière organique fraîche),
- Des composés organiques stabilisés, les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes.

La végétation fournit des débris végétaux qui constituent la litière ou horizon organique. Sa décomposition se fait sous l'action de la microflore et de la faune du sol, et produit l'humus et des composés minéraux.

- En milieu peu actif, la décomposition des litières est lente, l'horizon organique OH est épais, brun noir, fibreux et acide. On parle de mor ou terre de bruyère.
- En milieu biologiquement plus actif mais sans bioturbation, l'horizon OH est moins épais et constitue un moder.
- En milieu biologiquement très actif, la décomposition est très rapide, l'horizon OH disparaît et apparaît un horizon A grumeleux, composé d'agrégats argilo-humiques à fer et aluminium. On parle de mull.

Selon l'acidité du sol, sous climat tempéré, l'humus prendra la forme de mull, moder ou mor (sur substrat siliceux) ou mull, amphimoder ou tangel (sur substrat carbonaté). (Cosson, 2007).

I.2.2. Texture du sol

Une des caractéristiques des sols est la taille des éléments minéraux qui le composent.

- Les cailloux ou blocs sont les éléments de taille supérieure à 2 mm,
- Les éléments de taille inférieure à 2 mm sont définis par leur classe de texture (sables, limons et argiles), les argiles étant de par leur taille des particules colloïdales).

Ces minéraux appartiennent aux groupes des silicates ou des carbonates.

- Des ions arrivent dans le sol en solution dans l'eau d'infiltration, à partir des pluvio-lessivats, de la décomposition de la litière ou bien encore des processus d'altération, et peuvent se fixer aux particules colloïdales, formant le complexe absorbant.
- D'autres ions, comme les sulfates ou les iodures sont apportés par les précipitations atmosphériques.

Les particules colloïdales chargées négativement peuvent se présenter à l'état dispersé ou floculé.

- À l'état dispersé, les particules se repoussent en raison de leur polarité, et occupent tous les interstices du sol, où elles peuvent s'accumuler (colmatage du sol) ou bien migré (lessivage du sol). Dans le premier cas le sol devient asphyxiant, et l'eau ne s'y infiltre plus, le sol est difficile à travailler. Dans le second cas il se forme un niveau d'accumulation d'argile en profondeur, pouvant entraîner la formation d'une nappe perchée.
- À l'état floculé, les particules colloïdales sont neutralisées électriquement par les ions métalliques chargés positivement, et s'agglutinent avec ceux-ci. Les flocons formés laissent un espace lacunaire, perméable à l'eau et à l'air. C'est un sol avec une bonne structure.

En agriculture, une bonne analyse de sol est nécessaire afin de corriger d'éventuelles anomalies. Par exemple, une terre sablonneuse (et donc drainante) devra être plus irriguée qu'une terre argileuse, qui retient l'eau. On peut faire analyser son sol de façon très précise en laboratoire mais il existe des techniques très simples pour faire une analyse de base.

I.3. L'irrigation

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages

et des inconvénients, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales. (Chaabouni, 1984).

I.3.1. Méthodes d'irrigation

I.3.1.1. Irrigation de surface

L'irrigation de surface (figure n°1), consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).



Figure n°1. Irrigation de surface.

I.3.1.2. Irrigation par bassins

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents (figure n°2). Cette technique est utilisée d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. (Halitim, 1988).



Figure n° 2. Irrigation par bassins.

I.3.1.3. Irrigation par sillons/a la raie

Les sillons sont des petites rigoles en terre (figure n°3), aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltre dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons.

Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée. (Couture, 2006).



Figure n°3. Irrigation par sillons/a la raie.

I.3.1.4. Irrigation par planches

Les planches sont des bandes de terrain (figure n°4), aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calants ou planches d'arrosage. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée.



Figure n°4. Irrigation par planches.

I.3.1.5. Irrigation par aspersion

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle (figure n°5). L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle. (Ayers et *al*, 1984).



Figure n°5. Irrigation par aspersion.

I.3.1.6. Irrigation goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations (figure n°6), cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation en haut degré d'efficacité de distribution d'eau.



Figure n°6. Irrigation goutte à goutte.

CHAPITRE II
PRÉSENTATION DE
LA ZONE D'ÉTUDE

II.1. Présentation du barrage Mexa

Plusieurs cours d'eau ont été modifiés, au fil des années, pour satisfaire aux besoins de l'être humain. Les barrages et les digues qui contiennent leur eau de manière temporaire ou permanente constituent de nombreux exemples.

Aujourd'hui l'Algérie compte de plus de 64 barrages en service totalisant une capacité de 7.7 milliards de m³ et permettant de régulariser un volume annuel de 3.6 milliards de m³ utilisé pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation. Parmi ces barrages le barrage Mexa (figure n° 7), ce dernier est situé à 75 kilomètres de la ville d'El Tarf. L'objectif de ce barrage est l'alimentation des villes d'Annaba, El Tarf et el Kala en eau potable. Il a été construit en 1994, mis en service en 1998, sa capacité totale est de 47 hm³/an, l'apport moyen annuel est de 103 hm³/an, la surface du bassin versant est de 650 km², avec une hauteur de 40 m et une longueur de 402 m, la cote retenue normale est de 52 m, la cote plus haute est de 58.33 m avec un déversoir à seuil libre de 1800 m³. (Direction du barrage, 2020).



Figure n° 7. Barrage Mexa (Direction du barrage, 2020).

II.2. Situation géographique

Le barrage Mexa est situé dans la commune de Bougous wilaya d'El Tarf, (près de la frontière Algéro-Tunisienne), à 8 km du chef-lieu de la wilaya El Tarf, et de 71 km de la ville d'Annaba en suivant la route nationale n°44.

Le barrage Mexa est situé au niveau du sous bassin côtier Ramel Souk 03-16, il contrôle un bassin versant de 579 Km², Il est limité (figure n° 8) :

- Au Nord par le sous bassin côtier oued oued la Kale 03-18 ;
- A l'Ouest par le sous bassin côtier oued Mafragh 03-17 ;

- Au Sud par le sous bassin côtier oued Bounamoussa03-15 ;
- A l'Est par la frontière Tunisienne.

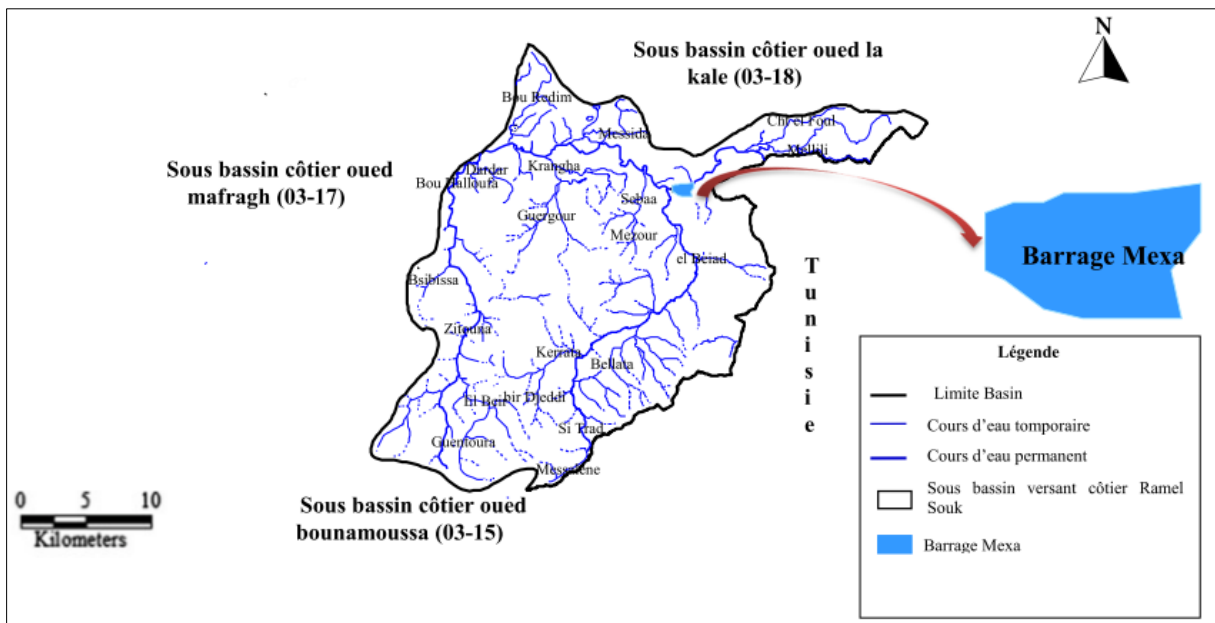


Figure n° 8. Situation géographique du barrage Mexa (Bahroun, 2020).

II.3. Caractéristiques climatiques

Le climat de la région est de type méditerranéen, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une pluvieuse humide a précipitation élevées et des températures basses, l'autre sèche moins pluvieuse avec des températures relativement élevé, les facteurs climatiques sont des variables dans l'espace et le temps, permettant d'expliquer quantitativement les variations des régimes hydrologique. Ce sont surtout les précipitations qui constituent le facteur essentiel pour l'écoulement des cours d'eau.

II.4. Richesses Faunistiques et floristiques

II.4.1. Richesses Faunistiques

Cette région a une faune très diversifiée, signale des espèces en voie de disparition telles que le cerf de barbarie, la hyène tachetée et le chacal doré, l'hyène rayée, le porc-épic, le renard doux, la loutre, la cigogne blanche, l'oie cendrée et d'autres canards d'eau. (Bahroun, 2016).

II.4.2. Richesses floristiques

La diversification du sol de la zone a contribué à l'apparition d'une multitude d'espèces végétales notamment : le pin maritime, le chêne liège, le pin d'Alep, le chêne zen, les oliviers sauvages, les frênes, les orchidées de province, ainsi que les châtaignes d'eau et les maquis.(Bahroun, 2016).

II.5. Sol

Les sols les plus répandus dans la région d'étude, particulièrement à l'Est, et au sud sont les sols podzoliques, développés autour des lacs littoraux et sur les terrains montagneux et forestiers tout le long de la frontière tunisienne et sur les terrains limitrophes avec le bassin de la Madjerdah. Ce sont des sols à travers lesquels sont développés localement des sols calcaires ou des sols insaturés. (Bahroun, 2016).

II.6. Géologie

La région d'Etude est constituée essentiellement des dépôts du crétacé et de l'éocène inférieur. La phase tectonique a provoqué des plissements anticlinaux d'orientation sud-ouest, nord-est, et la mise en place d'une série de nappes dont la nappe numidienne occupe la partie la plus importante de cette région, constituée essentiellement par des grés, il s'agit d'une région formée essentiellement de terrains secondaires et tertiaires surmontés par des formations néogènes et quaternaires.(Bahroun, 2016).

CHAPITRE III
MATÉRIELS ET
MÉTHODES

III.1. Objectif du travail

Notre travail a pour objectif l'évaluation de la qualité des eaux de barrage Mexa pour l'irrigation, sur la base du suivi des paramètres- physicochimique et suivant la classification de Richards et Wilcox pour une période de trois ans (2017-2019). Cette étude nous a permis de voir l'aptitude des eaux de barrage Mexa pendant cette période pour l'irrigation.

III.2. Matériels

L'ensemble des instruments et appareils seront cités au fur et à mesure de leurs utilisations. Ainsi on peut dénombrer (figure 9 et 10) :

- ❖ Un GPS pour relever les coordonnées ;
- ❖ Une glacière pour transporter les échantillons ;
- ❖ Des flacons stériles pour prélèvement d'eau ;
- ❖ Multi-paramètres340I-/SET WTW;
- ❖ Un spectrophotomètre UV/VIS 6705 JENWAY;



Figure n° 9. Multi-paramètres340I



Figure n° 10. Spectrophotomètre UV

III.3. Méthodes

III.3.1. Échantillonnage

Pour faire un échantillonnage on utilise des flacons lestés à cavalier mobile, à clapets spéciaux pour prélèvement en profondeur. Les échantillons seront recueillis dans les flacons soumis ou préalable à un nettoyage rigoureux et stériliser.

Chaque prélèvement est accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle est noté :

- ✓ L'origine de l'eau (eau de barrage) ;
- ✓ L'adresse exacte du lieu de prélèvement (barrage Mexa) ;

- ✓ La date de prélèvement (mensuelle) ;
- ✓ Paramètres analysés sur terrain ;
- ✓ Paramètres analysés au laboratoire.

III.3.2. Méthodes de prélèvement

Les prélèvements d'eaux brutes au niveau du barrage ont été effectués et répétés à des fréquences mensuelles et cela de l'année 2017 à 2019.

Ainsi ils sont à une profondeur de 15 à 30 cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air, dans des flacons stériles de 250 ml munis d'étiquettes (portant les coordonnées du lieu de prélèvement et la date du prélèvement).

III.3.3. Conditions de prélèvement

Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une altération, d'où la nécessité :

- ✓ D'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles,
- ✓ D'utiliser des flacons propres, secs, étanches, à col large stérilisés c'est à dire l'eau recueillie dans le récipient de prélèvement constitue un échantillon représentatif et aussi les concentrations des substances à analyser ne varient pas entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse,
- ✓ D'identifier immédiatement le produit avec une étiquette ou une référence,
- ✓ Réduire au maximum le délai avant l'analyse,
- ✓ De réfrigérer le produit au cours de son transport à une température de 4 °C ; certains germes fragiles peuvent néanmoins disparaître au cours de cette réfrigération.

III.3.4. Transport et stockage

Pour éviter des modifications des composants de l'eau dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs. Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. (Bordj, 2019).

III.3.5. Les méthodes d'analyses

Différents paramètres globaux sont ainsi mesurés dont certains sur site (sur le terrain) et les autres aux laboratoires, Les paramètres enregistrés sont :

III.3.5.1. In situ (sur le terrain)

Le paramètre enregistré in situ est la conductivité électrique (CE), l'appareil de mesure est un multi paramètre de terrain. Il est doté d'une sonde qui affiche simultanément les résultats.

A. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. (Hamed et al, 2012).

III.3.5.2. Au laboratoire

Tous les échantillons destinés aux analyses doivent toujours être prélevés dans les contenants stériles fournis par les laboratoires.

Toujours laisser un espace d'air au moins 2,5 cm entre la surface d'eau et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation de l'échantillon au moment de son analyse au laboratoire.

A. Calcium

Le calcium Ca^{2+} et le magnésium Mg^{2+} sont présents dans les roches cristallines et les roches sédimentaires. Ils sont très solubles et sont donc largement représentés dans la plupart des eaux.

B. Sodium

Le sodium Na^+ est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites).

C. Sulfate

Les origines des sulfates SO_4^{-2} dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie.

D. Chlorure

L'ion chlorure 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.

E. Bicarbonate

Les ions de bicarbonate sont définis par les hydrogénocarbonates et caractérisent essentiellement l'alcalinité des eaux naturelles.

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carboniques.

F. Magnésium

Ses origines sont comparables à celle de calcium, cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium. (Guechi, 2016).

G. Potassium

Métal blanc argentée, alcalin, radioactif, très réactif à l'eau, se trouve dans la nature sous la forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais, tels que la carnallite (très minéralisée en contact avec certaines évaporites) et se trouve également dans les centres des végétaux sous formes de carbonate ; le potassium provient de l'altération des roches silicatées des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques retrouvées dans les eaux usées agricoles. (Guechi, 2016).

III.3.5.3. Aptitude des eaux à l'irrigation

L'agriculture durable passe par le maintien de la qualité du sol et de l'eau. Certaines pratiques agricoles constituent un risque pour l'environnement dont les conséquences pourraient affecter les régions urbaines comme rurales. Les bonnes pratiques de gestion permettent de réduire les risques environnementaux de l'agriculture. Ces pratiques agricoles tiennent compte des connaissances actuelles en matière de conservation du sol et de l'eau, sans pour autant sacrifier la productivité.

Notre région d'étude est à vocation agricole, une activité qui demande beaucoup d'eau afin de subvenir aux besoins des diverses cultures. L'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques tolérables par les plantes.

A. Risque de salinité

La salinité a eu des effets sur l'agriculture depuis très longtemps. Les sels ont été reconnus comme un problème durant des milliers d'années. Les sels minéraux contenus dans l'eau ont des effets sur le sol et les plantes (Chaoui, 2007). La salinité peut entraîner des effets nocifs conséquents en raison de la fixation du sodium des sels de chlorure de

sodium par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation, de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol. Sous cette action, les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes (Todd, 1980).

Richards en 1969 a établi une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique (Tableau n° 1).

Tableau n° 1. Classes de salinité selon Richards.

	Conductivité de l'eau (mmhos/cm)	Sels correspondants estimés en NaCl (mg/l)
Excellente	< 0,25	< 160
Faible salinité	0,25 - 0,75	160 - 500
Forte salinité	0,75 - 2,25	500 - 1500
Très forte salinité	2,25 - 5	1500 - 3600

B. Risque de sodicité

L'accumulation du sodium sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols. Leur capacité de drainage donc leur perméabilité, conditionne la productivité des terres irriguées. Le sodium a un effet particulièrement néfaste sur la végétation. Les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes. Ce risque peut être déterminé par le SAR (Sodium Absorption Ratio), qui s'exprime par la relation suivante :

$$SAR = Na / \sqrt{Ca + Mg/2}$$

C. Classification de Richards

Les classes de potabilité des eaux (C1S1,...C4S4) correspondent, dans le diagramme de Richards au SAR (en ordonnées pour la lettre S) et à la conductivité (en abscisses pour la lettre C). Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C4S4 (coin haut à droite) est mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum (Richards, 1954).

La combinaison du SAR et de la conductivité électrique de l'eau permet de faire une classification de l'eau destinée à l'irrigation.

Selon les valeurs du SAR, il a été établi une classification des eaux :

SAR < 10 : Eau excellente ;

10 < SAR < 18 : Eau bonne ;

$18 < SAR < 26$: Eau convenable ;

$SAR > 26$: Eau médiocre.

Une classification plus détaillée des eaux destinées à l'irrigation a été établie par M. Louvier, (1976) (Tableau n° 2).

D. Classification de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox (Wilcox, 1984) fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau qui est exprimée en pourcentage, est définie par la relation :

$$Na\% = \left[\frac{(Na + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \right] \times 100$$

Cette classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre, mauvaise (Derradji, 2004).

Tableau n° 2. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du SAR (M. Louvier, 1976- B.R.G.M).

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

CHAPITRE IV
RÉSULTATS ET
DISCUSSIONS

IV.1. Paramètres physico-chimique (in situ)

IV.1.1. La conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Le tableau n° 3 nous a permis de déterminer les différentes fluctuations de la conductivité des eaux du barrage Mexa de 2017 à 2019 et cela suivant deux périodes. Ainsi on peut observer la valeur maximum qui est de $432,2 \mu\text{s}/\text{cm}$ pendant la saison estivale de l'année 2017, et la valeur minimum qui est de $308 \mu\text{s}/\text{cm}$ pendant la saison hivernale de l'année 2019.

Tableau n° 3. Variation de la conductivité (en $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Année	2017	2018	2019
période			
Estivale	432,2	425	428,4
Hivernale	419,83	413	308

La figure n°11 nous a permis d'apprécier la minéralisation ainsi d'autres réactions chimiques relatives à cette dernière. Ainsi on peut déduire que ces eaux varient en eau de minéralisation peut accentuée à une eau de minéralisation moyenne.

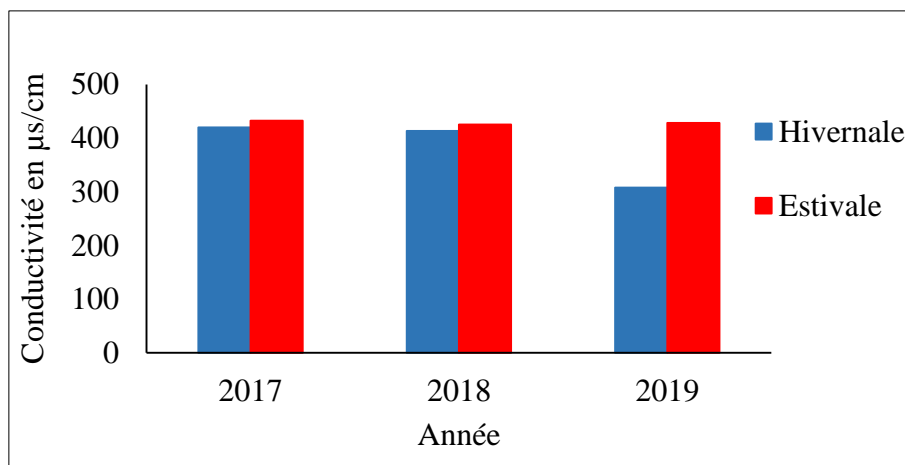


Figure n°11. Variation de la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

IV.2. Paramètres physico-chimique (au laboratoire)

IV.2.1. Le sodium Na^+ (mg/l)

Les valeurs du sodium oscillent entre la valeur minimale $26,66 \text{ mg/l}$ observée pendant la saison hivernale 2018 et la valeur maximale $32,96 \text{ mg/l}$ observée pendant la saison estivale 2018 et 2019 ; On s'aperçoit que les plus fortes teneurs sont enregistrées pendant la période

des basses eaux alors que les plus faibles teneurs sont enregistrées pendant la période des hautes eaux.

Tableau n° 4. Variation de sodium (en mg/l).

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	30,50	32,96	32,96
Hivernale	28,83	26,66	27,53

La figure n°12 nous a permis de déduire que la variation de sodium des eaux de ce barrage est très faibles et les moyennes des saisons n'ont pas dépassées la norme qui est de 150 mg/l, le sodium proviendra en partie des terrains argileux ou des rejets agricoles surtout en période estivale.

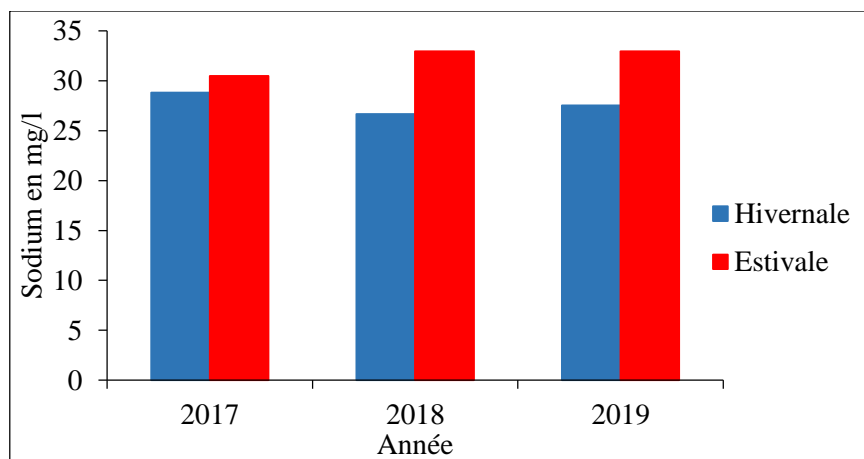


Figure n°12. Variation de sodium (en mg/l).

VI.2.2. Le magnésium Mg^{++} (mg/l)

Suite au tableau n° 5 qui détermine les différentes fluctuations de la mesure du magnésium au niveau des eaux de ce barrage et cela suivant les périodes des années 2017,2018 et 2019, on remarque que le minimum est de 0 mg/l observé pendant la saison estivale 2017 et 2019, et le maximum est de 53,46 mg/l observé pendant la saison hivernale de l'année 2018.

Tableau n°5. Variation de magnésium (en mg/l).

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	0	9,475	0
Hivernale	9,475	53,46	13,6

D'après la figure n°13 on constate que la variation du magnésium dépasse la norme qui est de 50 mg/l pendant la saison hivernale de l'année 2018, ceci s'explique par la dissolution des formations carbonatées à forte teneurs en magnésium.

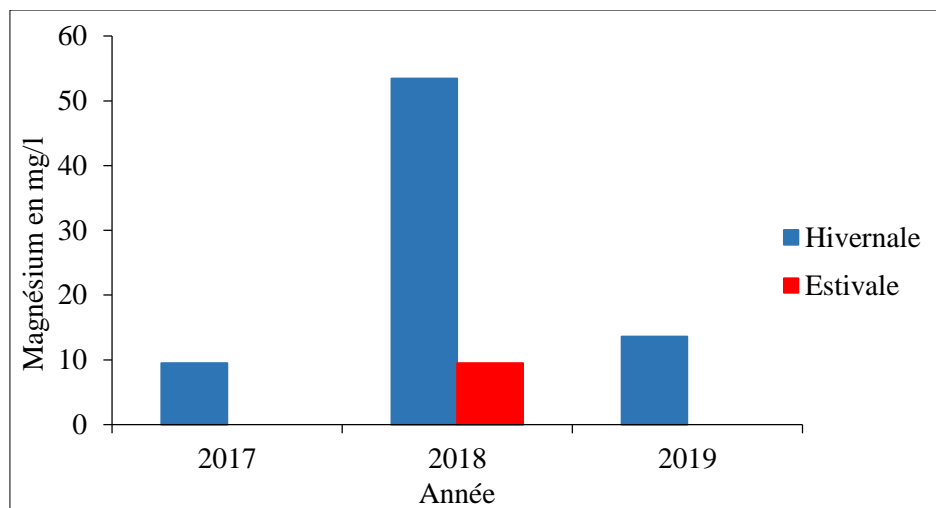


Figure n°13. Variation de magnésium en mg/l.

VI.2.3. Les Bicarbonates HCO_3^- (mg/l)

La mesure des bicarbonates suite au tableau n° 6 nous a permis de déterminer les différentes fluctuations au niveau des eaux de ce barrage pendant la période 2017 jusqu'au 2019 et cela suivant les saisons de chaque année. Le tableau nous montre que la valeur minimum observé dans la saison hivernale 2017 est de 102,718, ainsi que la valeur maximum est de 132,38 est marquée pendant la saison estivale 2018.

Tableau n° 6. Variation de bicarbonate en mg/l.

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	111,785	132,38	118,46
Hivernale	102,718	115,4875	130,54

La figure n°14 nous a permis de savoir que la variation de bicarbonate des eaux de ce barrage est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique.

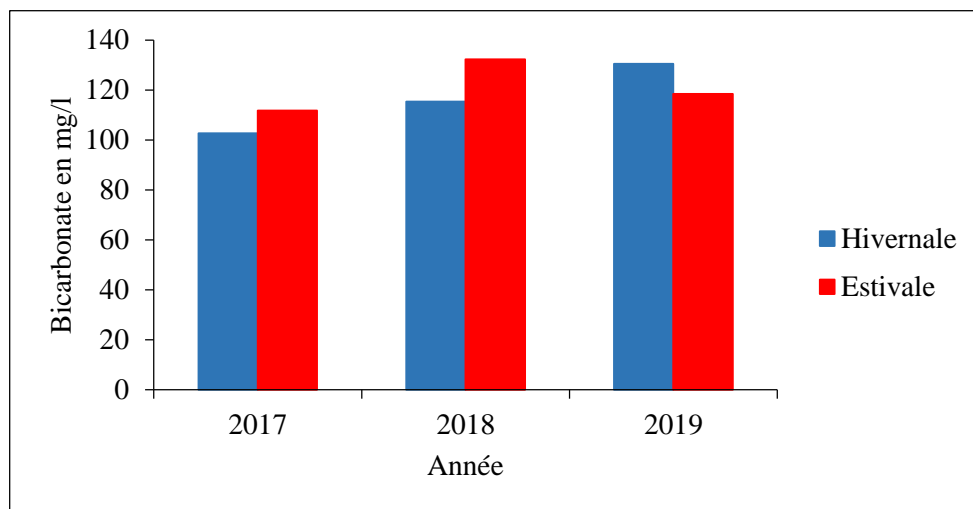


Figure n°14. Variation de bicarbonate en mg/l.

IV.2.4. Le potassium K^+ (mg/l)

La mesure de potassium suite au tableau n° 7 nous a permis de déterminer les différentes fluctuations au niveau des eaux de barrage Mexa de 2017 à 2019, on observe donc la valeur minimum dans la saison estivale 2017 qui est de 1,83 ; et la valeur maximum de 2,66 pendant la saison hivernale 2018.

Tableau n° 7. Variation de potassium en mg/l.

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	1,83	2	2,06
Hivernale	2,33	2,66	1,96

La figure n°15 nous a permis de déduire que la variation de potassium provient des argiles numidien et de la dissolution des engrais chimiques (NPK, à base d'azote, potasse et phosphore), en générale les eaux du barrage ne dépassent pas la norme qui est de 12 mg/l.

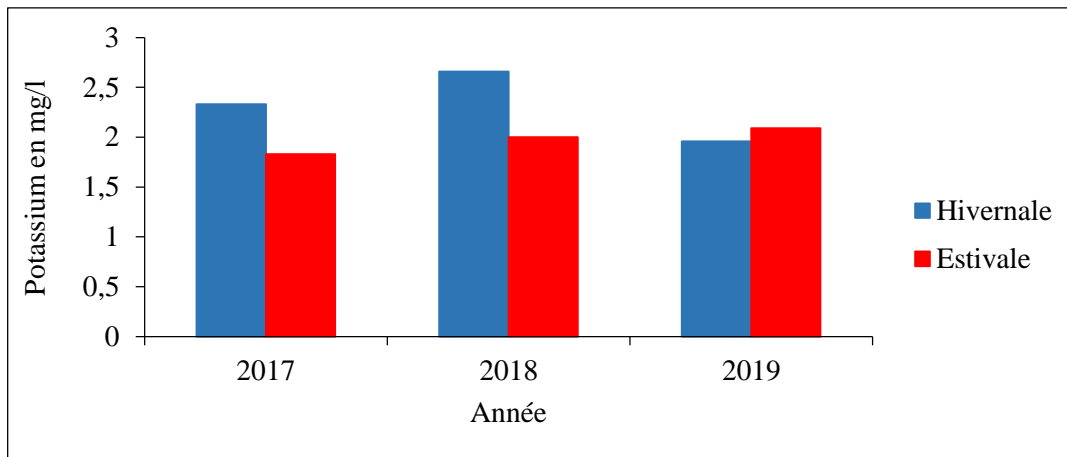


Figure n°15. Variation de potassium en mg/l.

IV.2.5. Le chlorure Cl⁻ (mg/l)

Le tableau n° 8 montre les différentes fluctuations de chlorure des eaux de ce barrage pendant la période d'étude (2017-2019) et cela suivant les saisons de chaque année. on remarque alors le minimum des chlorures pendant la saison hivernale 2019 qui est de 35,45mg/l et le maximum des chlorures pendant la saison hivernale 2018 qui est de 40,51mg/l.

Tableau n° 8. Variation de chlorure en mg/l.

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	36,14	38,18	38,78
Hivernale	39,645	40,51	35,45

La figure n°16 montre que les teneurs en chlorures des eaux de ce barrage extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés, la provenance des chlorures peut être due au passage de l'eau à travers des percolations de roches sédimentaires.

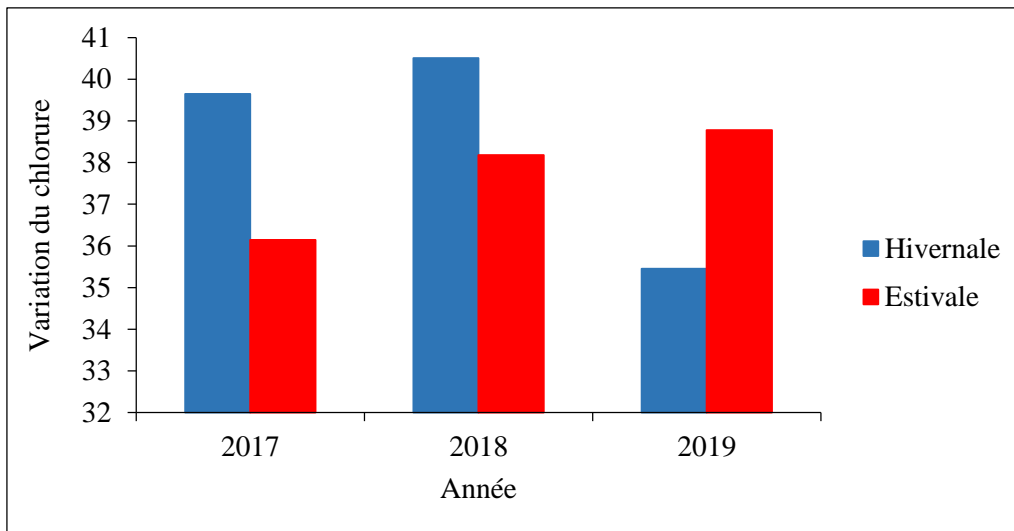


Figure n°16. Variation de chlorure en mg/l.

IV.2.6. Le sulfate SO_4^{2-} (mg/l)

D'après le tableau n° 9 on constate que la valeur maximum des sulfates est observée pendant la saison hivernale de l'année 2018 qui est de 30,65mg/l, et la valeur minimum est de 15,09 observée pendant la saison estivale de l'année 2019.

Tableau n° 9. Variation des sulfates en mg/l.

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	18	17,83	15,09
Hivernale	28,63	30,65	27,66

La figure n°17, montre que toutes les moyennes saisonnières pendant la période d'étude des teneurs inférieures aux valeurs guides des eaux superficielles qui est de 250 mg/l, et à la norme de potabilité. L'origine des sulfates des eaux du barrage sont les alluvions d'âge plio-quadernaire.

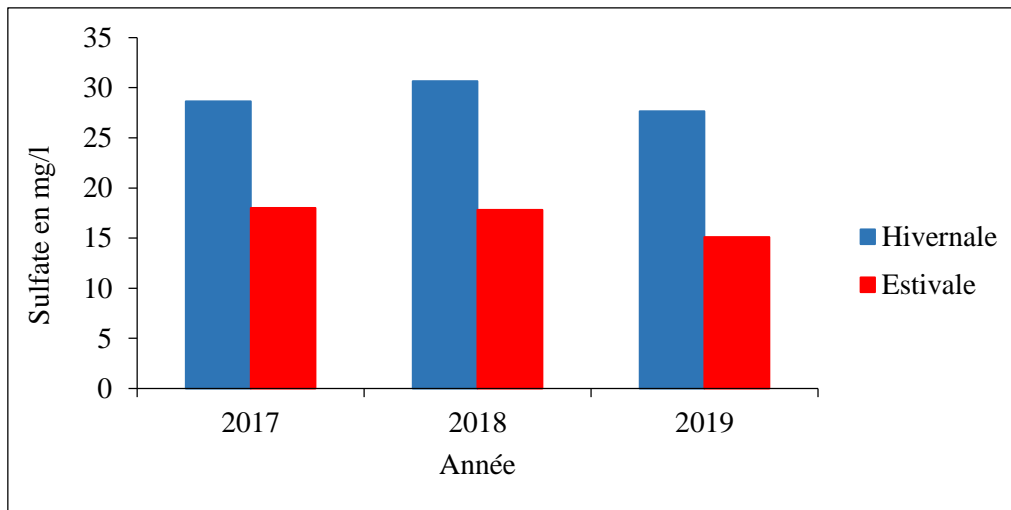


Figure n°17. Variation des sulfates en mg/l.

IV.2.7. Le calcium Ca⁺⁺ (mg/l)

Le tableau n°10 nous a permis de déterminer les différentes fluctuations de calcium des eaux du barrage Mexa de 2017 à 2019 et cela selon les périodes de chaque année. Ainsi on peut observer la valeur minimum dans la saison hivernale de l'année 2018 qui est de 42,48 mg/l, et la valeur maximum qui est de 56,11 mg/l pendant la saison hivernale de l'année 2019.

Tableau n°10. Variation de calcium en mg/l.

Année	2017	2018	2019
Période			
Estivale	53,22	52,5	52,258
Hivernale	54,237	42,48	56,11

La figure n°18 nous a permis de dire que l'intervalle de variation des teneurs en calcium des eaux de barrage est très limité, cette variation est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypsifères (CaSO₄).

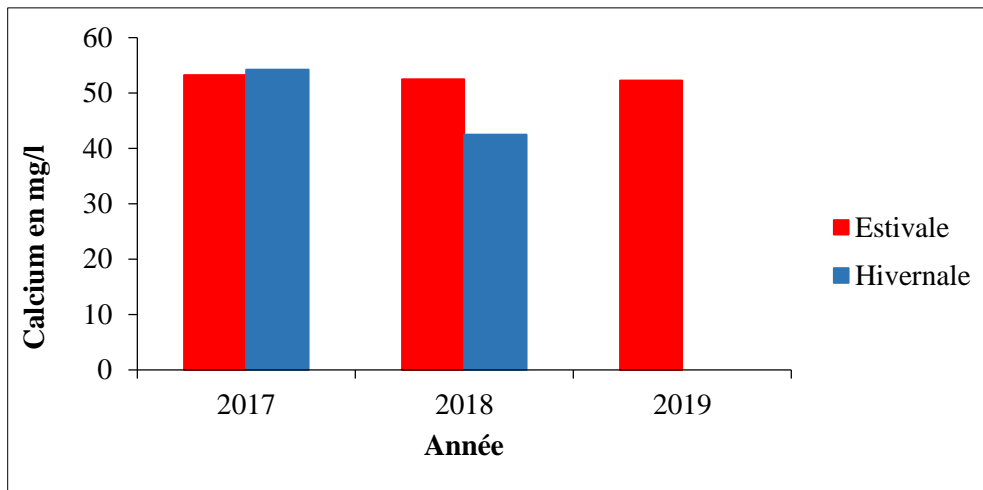


Figure n°18. Variation de calcium en mg/l.

IV.3. Aptitude des eaux du barrage Mexa à l'irrigation

IV.3.1. Interprétation des résultats du risque de salinité

Les eaux du barrage Mexa, au niveau du point de prélèvement pendant les années 201,2018 et 2019 montrent une faible salinité comprise entre 250 et 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (figure n° 19). Selon le Tableau n° 1, les sels solubles estimés en NaCl correspondant sont compris entre 160 et 500 mg/l.

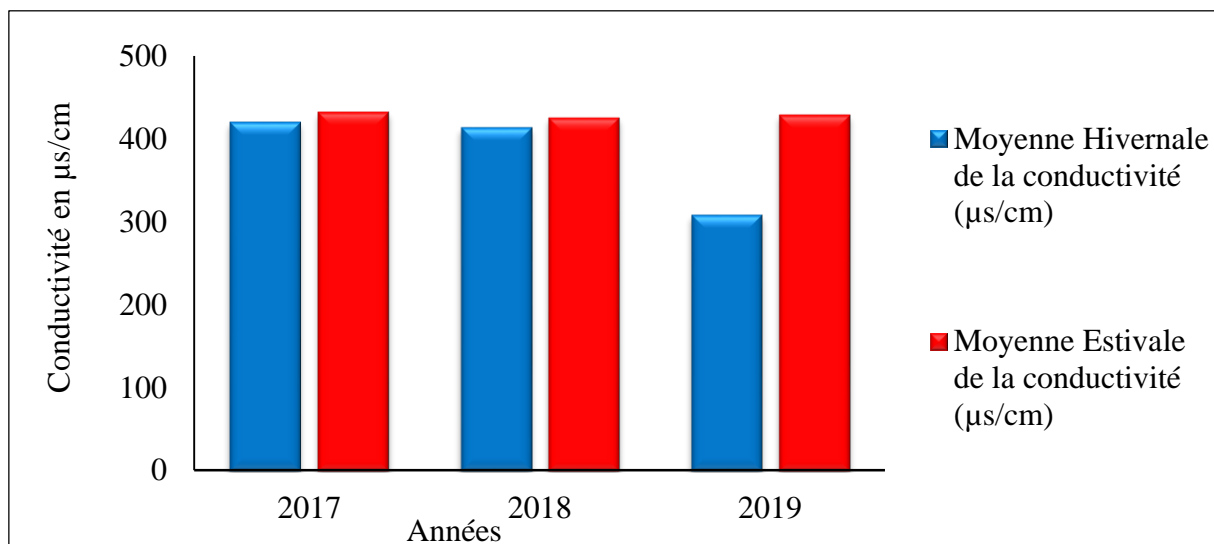


Figure n°19. Évolution de la conductivité au niveau du barrage Mexa.

IV.3.2. Interprétation des résultats selon la classification de Riverside et Wilcox

Sur le diagramme de Riverside (figure n°20), on note une concentration de la totalité des moyennes saisonnières pendant la période d'étude dans la classe 2 1 ; cela signifie une moyenne salinité mais à faible danger d'alcalinisation des sols.

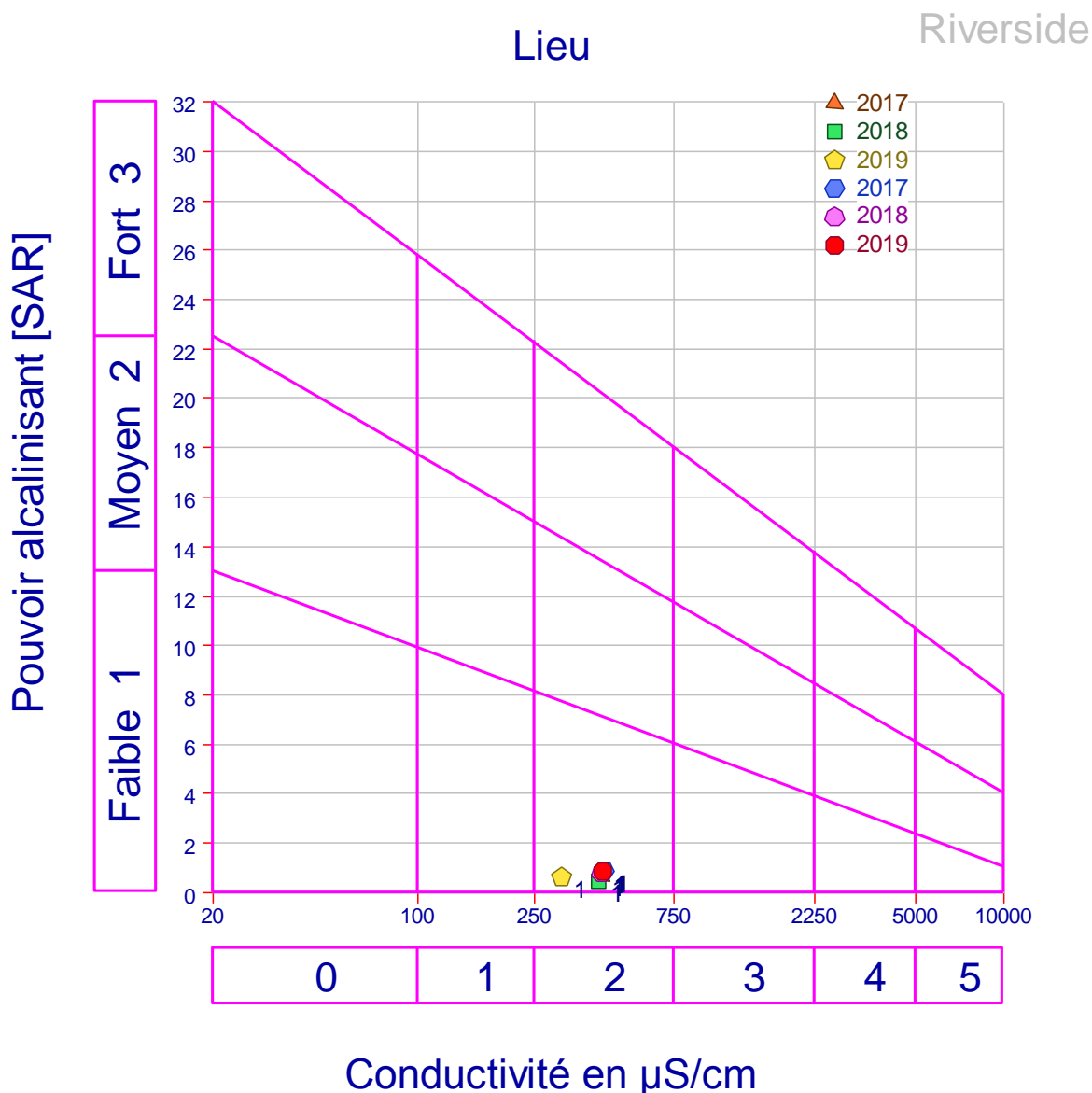


Figure n°20. Classification des eaux du barrage Mexa par diagramme de Riverside.

Sur le diagramme de Wilcox (figure n°21), la totalité des moyennes saisonnières pendant la période d'étude qui s'étale de l'année 2017 jusqu'au 2019, se trouve dans la classe C2S1, cela indique une moyenne salinité à faible danger d'alcalinisation des sols. D'après le diagramme on constate que le point de la moyenne saisonnière hivernale de l'année 2019 est décalé des autres points, ceci est expliqué par la faible conductivité qui est due à la forte dilution des eaux du barrage pendant cette période.

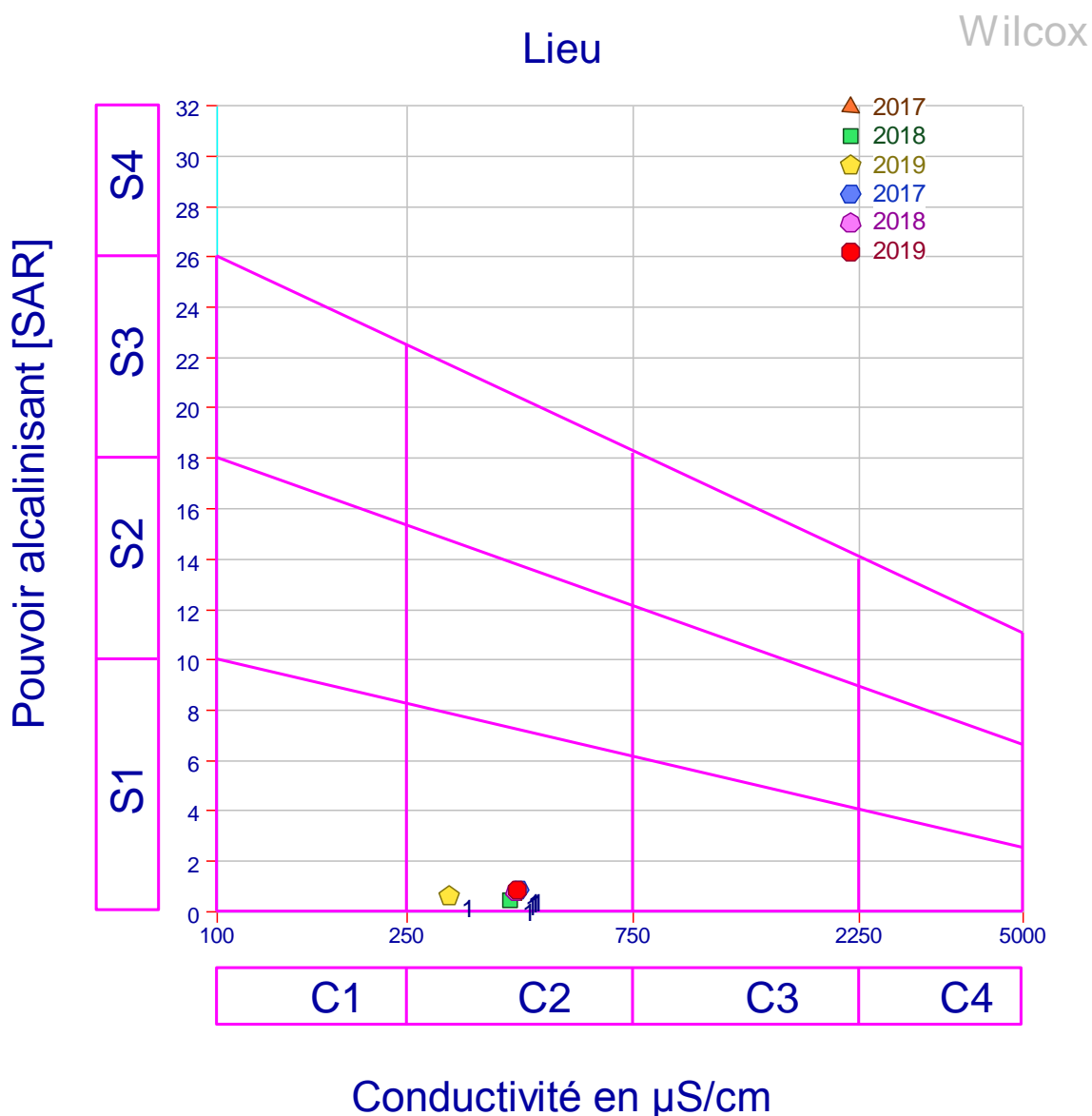


Figure n° 21 Classification des eaux du barrage Mexa par diagramme de Wicox.

III.6. Etablissement de la carte d'aptitude des eaux de l'Oued Kébir Est à l'irrigation

Les classifications de Richards et Wilcox ont permis de classer les eaux du barrage, et montrer que la salinité reste toujours moyenne au niveau du barrage Mexa (figure n° 20 et 21). Pour que l'interprétation ait un sens pratique, nous avons cartographié l'aptitude de ces eaux à l'irrigation (figure n° 22), l'établissement de la carte d'aptitude des eaux du barrage Mexa, à l'irrigation confirme les résultats obtenus par les deux méthodes. Ces eaux sont de bonne qualité. En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.

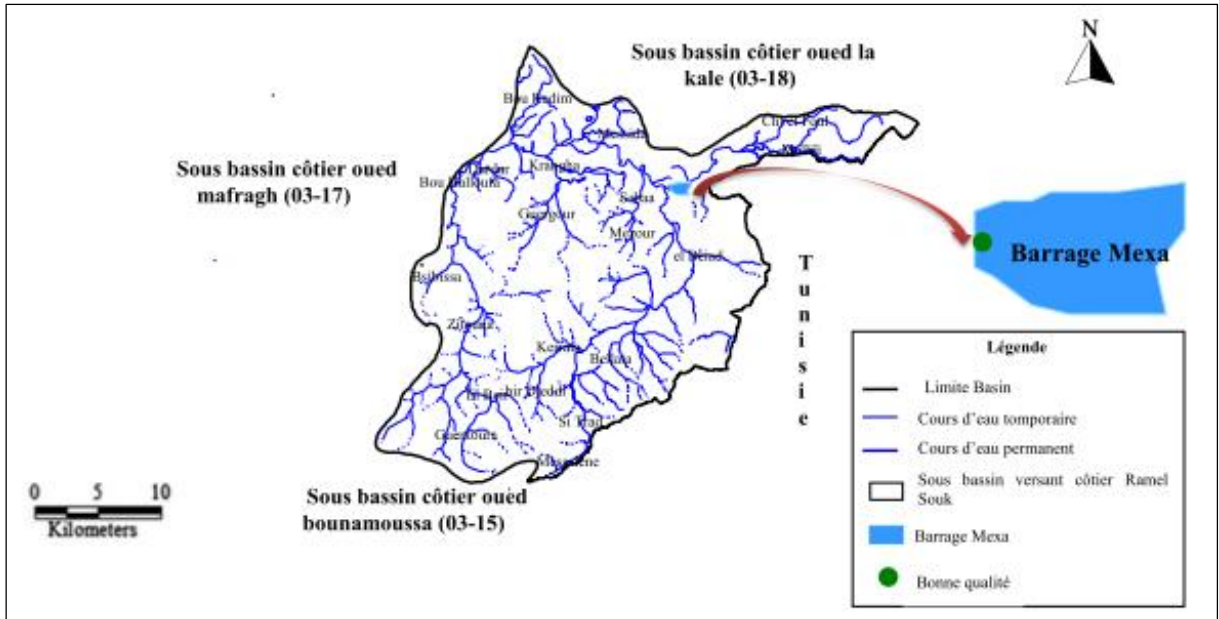


Figure n° 22. Carte d'aptitude du barrage Mexa à l'irrigation.

CONCLUSION

Conclusion

Les barrages et les retenues d'eau jouent un rôle primordial dans le cadre de gestion de l'eau et apportent une contribution à la qualité de vie de la société.

Le présent travail a été consacré à l'étude de la qualité physico chimique des eaux de barrage de Mexa Situé dans la willaya d'El Tarf à l'extrême Nord-Est Algérien près de la frontière Algéro-Tunisienne, le barrage Mexa occupe une superficie de 648,72 Km² environ, destiné essentiellement pour l'alimentation en eau potable des deux willayas El Tarf et Annaba.

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, elle est caractérisée par deux saisons distinctes l'une pluvieuse humide à précipitations relativement élevées et des températures basses, l'autre sèche moins pluvieuses avec des températures élevées.

Pour arriver aux objectifs visés on a utilisé certain matériels et on a suivi certaines méthodes pour bien interprété les résultats obtenus.

La minéralisation des eaux du barrage est influencée naturellement par la géologie et les précipitations. Les eaux brutes du barrage sont de bonnes qualités, presque tous les paramètres analysés sont dans les normes de potabilité.

Sur le diagramme de Wilcox, la totalité des moyennes saisonnières pendant la période d'étude qui s'étale de l'année 2017 jusqu'au 2019, se trouve dans la classe C2S1, cela indique une moyenne salinité à faible danger d'alcalinisation des sols. D'après le diagramme on constate que le point de la moyenne saisonnière hivernale de l'année 2019 est décalé des autres points, ceci est expliqué par la faible conductivité qui est due à la forte dilution des eaux du barrage pendant cette période.

Les classifications de Richards et Wilcox ont permis de classer les eaux du barrage, et montrer que la salinité reste toujours moyenne au niveau du barrage Mexa, l'établissement de la carte d'aptitude des eaux du barrage Mexa à l'irrigation confirme les résultats obtenus par les deux méthodes ; ces eaux sont de bonne qualité. En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Ayers R.S., Westcot D.W., 1984. La qualité de l'eau en irrigation. Bulletin d'irrigation et de drainage. 29 Rév. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 165p.

Bahroun S., 2016, Objectifs environnementaux de rejet pour les polluants dans le milieu récepteur et optimisation du pouvoir auto-épurateur : cas de l'oued Kébir est (nord est algérien). 220p.

Bordj Ahlam, 2019, qualité physico chimique et bactériologique des eaux de sources du sous bassin versant oued la kalle, extrême nord est algérien,

Couture I., 2006. Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. Communication au colloque sur l'irrigation. L'eau, source de qualité et de rendement. Québec, 13p.

Chaoui W., 2007, impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued seybose et de l'oued mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de bouchegouf (guelma), Mémoire de magister, Faculté des Sciences de la terre, Université d'Annaba, pp79-84.

Chaabouni Z., 1984, L'irrigation traditionnelle par jarres comme moyen d'économie d'eau dans les conditions arides du bassin méditerranéen. *Perspect. Méditerranéennes*, 3(17), pp 25-26.

Derradji E F., Kerici N., Romeo M et Caruba R., 2004, Aptitude des eaux de la vallée de la Seybose à l'irrigation (Nord-Est algérien), *Revue Sécheresse* ; volume 15 N°4, pp353-360.

Davy Cosson, 2017, *La permaculture en ville, c'est possible !*, Fleurus, 47p.

Directives OMS de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition, Additif au Volume 1 : Recommandations. Genève : OMS, 1998, p-8-10 ; et Additif au Volume 2 : Critères d'hygiène et documentation d'appui.

Jean Baudrillard - 1929-2007 - *La Société de consommation* - Denoël - 1970, 284p.

Jamagne et Bétremieux, in Lemonnier, 1992. Estimation de la réserve utile à partir de la texture. 25p.

Jacques Rigaudiat ; 2007, - *Le nouvel ordre prolétaire*, 184p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Halitim, A., 1988, Sols des régions arides d'Algérie Office des publications universitaire (N°2-01-2497)-01 place centrale Benaknoun. Alger. 384p.

Hamed. M, Guettache A & Bouamer L, 2012, Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar.

Guechi Amira., 2016, les eaux superficielles caractérisation physico chimique et aptitude (Lac réservoir du barrage Mexa nord est Algérien).

McDonald A T, Kay D., 1988, Water resources issues and strategies. UK: Longman Scientific and Technical, pp146-148.

Richer de Forges A.C., Feller C., Jamagne M. et Arrouays D. (2008) - Perdus dans le triangle des textures. Étude et Gestion des sols. Volume 15.

Super M, Heese HV, Mackenie D et al., 1981, an epidemiological study of well water nitrates in a group of South West African /Namibian infants. Water Research.

Todd K., 1980, Groundwater hydrology, J. Wiley & Sons, 2nd Edition, New York, USA