

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES



DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : science du sol

N° :

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: AMMICHE Loubna

Intitulé

**Contribution à la connaissance des propriétés
physicochimiques des eaux d'irrigation dans la zone
D'Ouled Derradje (wilaya de M'SILA)**

Soutenu devant le jury composé de:

M. MIMECHE Fateh	Université de M'Sila.	Président
Melle TIR .C	Université de M'Sila.	Rapporteur
Melle MADANI .DJ	Université de M'Sila.	Examineur

Année universitaire : 2017 /2018



Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant qui m'a donné la santé, le courage et la patience afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et en particulier:

- M^{elle} TIR CHAFIA ma promotrice, pour ses conseils précieux et de son savoir tout au long de la période de l'élaboration de ce travail;
- Le membre de jury qui ont bien voulu examiner mon travail et de l'apprécier à sa juste valeur: M^r MIMECHE. F et M^{elle} MADANI DJ
- Mr Amroune A, Mr Tallache S pour leurs aides et conseils;
- Mr Aouina Hossine pour toutes les informations ainsi qu'aide au laboratoire
- Mes coullèges MSAOUDA, FATIMA ABDELKBIRE, RACHIDA, AFAF et FATIMA RADJAI pour leur aides durant la réalisation de ma partie pratique;
- Merci à tous le personnel des directions (Direction des ressources en eau, sous-direction de l'agriculture) pour le bon accueil et pour fournir toutes les informations nécessaires et les conseils importants, en particulier KARA Saida et ELHWASSE ;
- Je n'oublie pas non plus les amis du chemin sur tous les conseils et le soutien psychologique tout au long de mes études ainsi que ceux qui ont prié pour que je réussisse (IMANE, SADIA, MONA, FATIMA ZITOUNE, FATIMA KHADAR, FATIMA KROUMI ET MESSOUDA AICHE);
- Les agriculteurs des sites d'échantillonnages ;
- Tous les agentes du cité (Mohammad BLEKADHE)
- Je voudrais adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont enseigné une lettre et me soutenir pour le succès et l'avancement de tous mes enseignants estimés.

Dédicace

C'est avec toute affection que

Je dédie ce modeste travail:

A celui qui m'a donné vie et qui m'a apporté sans

Cesse, sa considération, son intérêt; mon père

A ma très chère mère, qui m'a soutenu toujours par son

amour, sa compréhension et son encouragement

A mes très chers frères (Abdelaziz, Hicham, Sami, Mohammad)

Mon instituteur (ben Hamida Kamel)



Tableaux de matière

Introduction générale	01
Partie I: synthèse bibliographique	
I.1.Introduction	03
I.2. L'Origine des eaux	03
I.2.1. Eau de surface	04
I.2.2. Eau souterraines	04
I.3. Ressource en eaux et l'irrigation en Algérie	05
I.4. Généralité sur l'irrigation	06
I.4.1 Définition d'irrigation	06
I.4.2 Les systèmes d'irrigation	06
I.4.2.1 Irrigation de surface	06
I.4.2.2 Irrigation par aspersion	06
I.4.2.3 Irrigation par goutte à goutte	07
I.5.les propriétés des eaux d'irrigation	07
I.5.1.Les paramètres physique-chimique	08
I.5.2.1-Température	08
I.5.1.2-Conductivité électrique	08
I.5.1.3-Potentiel d'hydrogène	10
I.5.1.4. Matière en suspension	10
I.5.1.5.Dureté totale	11
I.5.1.6.Résidus sec	11
I.5.1.7.Alcalinité (TA- TAC)	11
I.5.1.8.Nitrate	11
I.5.1.9.Le nitrite	11
I.5.1.10.Les chlorure	13
I.5.1.11.Les bicarbonates (HCO_3^-)	13
I.5.1.12.Les sulfates (SO_4^{2-})	13
I.5.1.13.Le calcium	13
I.5.1.14. Magnésium	13
I.5.1.15. Potassium	14
I.5.1.16. Le sodium	14
I.6-Qualité de l'eau et les effets de l'agriculture	14
I.7.Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation	15

Tableaux de matière

I.8.La qualité de l'eau et ses conséquences	17
I.9.Conclusion	19

Partie II : matériel et méthodes d'étude

Chapitre 1: étude du milieu physique

II.1.1.Introduction	20
II.1.2.présentation du milieu physique de la région d'Ouled Derradje	20
II.1.2.1.Situation géographique	20
II.1.2.2 Géologie	20
II.1.2.3-Aperçu pédologique	21
II.1.2.4.Hydrologie de la zone étude	22
II.1.2.5.L'agriculture et l'irrigation	22
II.1.2.6.Climat de la région étude	23
a. Origine des données climatiques	23
b. Température	24
C. La pluviométrie	26
d. Le régime climatique	26
II.1.3.Conclusion	

Deuxième partie: Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 2: Méthodes d'étude

II.2.1. Introduction	30
II.2.2.Choix de la région d'étude	30
II.2.2- Les sites de prélèvement	30
II.2.3.L'échantillonnage et les conservations des échantillons d'eaux à analyser	31
II.2.4.Méthodes d'analyses des propriétés physico-chimiques de l'eau	30
II.2.4.1.Les paramètres mesures in site	31
	31
II.2.4.2.Au laboratoire	
a. Alcalinité (TA-TAC)	31
b. Résidu total (Résidu sec)	32
c. Matières en suspension	32
d. Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA	33

Tableaux de matière

e. Carbonate et bicarbonate (ou hydrogénocarbonate)	33
f. nitrate	34
g. nitrites	34
h. Chlorure	34
i. Sulfates (SO_4^-)	35
j. Calcium	35
k. Dosage de Na^+ et K^+ par spectrophotométrie à flamme	36
l. Magnésium	36

Partie III: Résultats et discussion

III.1.Introduction	37
III.2.Analyse Les caractéristique physico-chimique des eaux des forages analysée	37
III.2.1. La température	37
III.2.2. Potentielle de l'hydrogène	38
III.2.3. Conductivité électrique	38
III.2.4. Calcium	39
III.2.5. Magnésium	41
III.2.6. Potassium	41
III.2.7. Sodium	42
III.2.8 .Bicarbonate	43
III.2.9. Chlorure	44
III.2.10. sulfate	44
III.2.11. Nitrate	45
III.2.12. Nitrite	45
III.2.13. alcalinité	46
III.2.14. La dureté totale	46
III.2.15. SAR des eaux eaux des forages analysé	47
III.2.16. Résidu sec	48
III.2.17.Matière en suspension	49
III.3. Classification des eaux d'irrigation	50
III.3.1. classification des eaux d'irrigation à l'aide Diagramme de PIPER	50
III.3.2. Classification des eaux souterraines selon Schoeller-Berkaloff	52
III.3.3.classification des eaux d'irrigation selon Riverside	55
III.3.4.classification des eaux d'irrigation selon wilcox	58

Tableaux de matière

Conclusion générale	61
Référence bibliographique	62
Annexe	

Liste des tableaux

Tableau N° 01: Classification des eaux en fonction de la teneur en sel (g/l) et de la conductivité électrique (micro mhos /cm)	09
Tableau N°2: Tolérance à la salinité de quelque plantes cultivées	09
Tableau N°03 : Estimation de la qualité de l'eau selon le pH	10
Tableau N°04: Qualité des eaux d'irrigation suivant la dureté	11
Tableau N°05: Classification des eaux en fonction des résidus sec	12
Tableau N° 06 : Valeurs indicatives limites concernant l'eau d'arrosage	15
Tableau N°07: Norme d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production de plantes annuelles	16
Tableau N°08: Directives pour l'interprétation des qualités d'une eau d'irrigation et risques de toxicité par Cl^- et Na^+	17
Tableau N°09: Risque quelque paramètre et le remède	18
Tableau N°10: Donnée de la station météorologique de M'sila et la zone d'Ouled Derradje	23
Tableau N° 11: Moyenne mensuelle des températures moyenne en (°C) (1988-2017) de la région d'Oueld Darrage	24
Tableau N° 12: Précipitation moyenne mensuelles en (mm) (1988-2017) de la région d'Oueld Darrage	25
Tableau N°13 : Les précipitations et températures moyennes mensuelles de la région d'Oueld Darrage (1988-2017)	26
Tableau N°14 : Valeurs du quotient pluviométrique	27
Tableau N°15 : Les valeurs des CO_3^{2-} et HCO_3^- a partir les valeurs TA et TAC	34
Tableau N°16: les faciès chimique des eaux souterrain	55
Tableau N°17 : la déférente classe des eaux d'irrigation selon Riverside	57

Liste des figures

Figure N°1 : Les différentes origines d'eau	04
Figure N°2 : Les régions de planification hydraulique en Algérie	05
Figure N°3 : Irrigation par aspersion	07
Figure N° 4 : Irrigation par goutte à goutte	07
Figure N°05 : Situation géographique de la zone étude	20
Figure N°06 : Carte géologique de la zone du Hodna	21
Figure N° 07 : carte pédologique de la zone du Hodna	22
Figure N°08 : Surfaces occupées par les différents types de cultures	23
Figure N°9 : températures moyennes mensuelles, minimales, maximales de la région d'Oueld Darrage (1988-2017)	24
Figure N° 10 : Variations moyenne mensuelle des précipitations en (mm) durant (1988-2017)	25
Figure N°11 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls d'Oueld Darrage (1988-2017)	26
Figure N°12 : positionnement de la région de M'sila dans le climagramme d'emberger durant période (1988-2017)	28
Figure N°13 : Localisation des points d'eau prospectée au niveau de la région d'Ouled Derradje	30
Figure N°14 : Etapes principales du dosage de TA et TAC	31
Figure N° 15 : Etapes principales du dosage de la Dureté	33
Figure N°16 : dosage de chlorure	35
Figure N°17 : Dosage de Ca^{2+} d'une eau	35
Figure N°18 : Dosage de Na^{+} et K^{+} à l'aide de photomètre de flamme	36
Figure N° 19 : Variation de la température des eaux des forages analysées la d'Ouled Derradje	37
Figure N° 20 : Variation du pH des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)	38
Figure N° 21 : Variation de la conductivité électrique des eaux de la région d'Ouled Derradje	38

Figure N° 22: Variation de la concentration de calcium des eaux de la région d'Ouled Derradje	39
Figure N° 23 : Variation de la concentration de magnésium des eaux de la région d'Ouled Derradje	41
Figure N° 24 : Variation de la concentration de potassium des eaux de la région d'Ouled Derradje	41
Figure N° 25 : Variation de la concentration de sodium des eaux de la région d'Ouled Derradje	42
Figure N°26: Variation de la concentration du bicarbonate des eaux de la région d'Ouled Derradje	43
Figure N° 27 : variation de la concentration du chlorure des eaux de la région d'Ouled Derradje	44
Figure N° 28 : variation de la concentration du sulfate des eaux de la région d'Ouled Derradje	44
Figure N° 29 : Variation de la concentration de nitrate des eaux de la région d'Ouled Derradje	45
Figure N° 30 : variation de la concentration de nitrite des eaux de la région d'Ouled Derradje	45
Figure N° 31: variation de la des titre alcalinité et alcalinité complète des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)	46
Figure N°32 : variation de la dureté totale des eaux de la région d'Ouled Derradje	46
Figure N°33 : variation de SAR des eaux de la région d'Ouled Derradje	47
Figure N° 34 : variation de la concentration de résidu sec des eaux de la d'Ouled Derradje	48
Figure N° 35 : Variation des teneurs des matières en suspension en eaux de la d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)	49
Figure N°36: Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie	49
Figure N°37: classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4et 5 selon méthode de piper (Avril et Mai 2018)	50
Figure N°38: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9et 10 ... selon méthode de piper (Avril et Mai 2018)	51
Figure N° 39: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4 et 5 selon Schoeller-Berkaloff de la région d'étude (Avril et Mai 2018)	53

Figure N°40: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9 et 10 selon Schoeller-Berkaloff de la région d'étude (Avril Mai)	54
Figure N°41: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4et 5 selon Riverside	55
Figure N°42: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9et 10 selon Riverside (Avril et Mai 2018)	56
Figure N°43: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4et 5 selon Wilcox	58
Figure N°44: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9et 10 selon Wilcox	59

Liste d'abréviation

A E S N : Agence de l'Eau Seine-Normandie

A S M : Annuaire Statistique de M'sila

A N S : Assemblée Nationale et le Sénat

CE : Conductivité Electrique

Ca²⁺ : Calcium

CaCO₃ : Carbonate de Calcium

Ca SO₄⁻ : sulfate de calcium

CE: Conductivité Electrique

Cl⁻ : Chlorure

CO₂ : dioxyde de carbone

C R E P A: Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement

DO D: Daïra Ouled Derradje

E D T A: Ethylene Diamine Tetraacetic Acid

dS/m: décisiemenence par mètre

A E S N: l'Agence de l'Eau Seine-Normandie

F: forage

°F : degré français

FAO : Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

F.N.S : Fondation Nationale de la Santé

GPI : Grands Périmètres Irrigués

PMH : Petite et Moyenne Hydraulique

Ha: Hectare

HCO³⁻: Bicarbonate

g/l : gramme par litre

K⁺: Potassium

NaCl : chlorure de sodium

meq/l : milli équivalent par litre

MES : Matière en suspension

Mg⁺⁺: Magnesium

Na⁺: Sodium

Na OH : hydroxyde de sodium

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

OAG: Ouled Addi Guebala

P: Précipitation (mm)

pH: Potentiel hydrogène

P N U D : Programme des Notions Unies pour le Développement

PVC : Polychlorure de Vinyle

Q: quotient pluviométrique

RS : Résidus secs

SAR : Sodium Absorption Ratio

S d: sans date

S.D.A.O.D: Subdivision Agricole d'OUELD DARRAGE

SO₄⁻ : Sulfate

S M M: Station Météorologique de M'sila

TA: Titre Alcalinité

TAC: Titre Alcalinité Complète

T : Température (°C)

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est indispensable à la vie pour tous les êtres vivants. Elle est aussi indispensable à toute activité économique, industrielle, agricole ou autre.

Bien que globalement le cycle de l'eau soit en équilibre, et que l'eau soit suffisant théoriquement pour les besoins de l'ensemble des habitants du globe, elle est répartie d'une manière inégale, où des régions souffrent d'excès d'eau et d'autres de déficit. Les changements climatiques et les activités anthropiques perturbent cet équilibre et aggravent la crise de l'eau **(Benzaria, 2008)**.

L'agriculture irriguée constitue l'activité humaine qui consomme la part la plus importante de l'eau car celle dernière est répartie comme suit : 70% Agriculture, 20% Industrie et 10% Eau potable **(Benzari, 2008)**.

Selon **(Siebert et al, 2013 in Maman, 2017)**, les terres équipées pour l'irrigation à l'échelle du monde occupent 307,6 millions d'hectares dont 69% sont localisées en Asie, 17 % en Amérique, 8 % en Europe, 4 % en Afrique et 2 % en Océanie.

En Afrique, seuls 12,5 millions d'hectares sont irrigués sur un total de 202 millions d'ha de terres cultivées, soit 6,2 %. La proportion de terres irriguées en Afrique subsaharienne est encore plus réduite, puisque seuls 5,2 millions d'hectares sont irrigués, soit 3,3 % des terres cultivées **(Faurès et Sonou, 2000 in Maman, 2017)**.

L'Algérie est au cœur d'une des régions du monde les plus déficitaires en eau. La surface agricole utile ne couvre que 7,8 millions d'ha, soit 3,2 % de la surface total. Malgré cette grande surface, l'Algérie est classée parmi les pays ayant une faible surface agricole **(Mouhouche et Guemraoui, 2004)**.

La wilaya de M'Sila s'étend sur une superficie totale de 1.817.500 ha, d'où la surface agricole utile est de l'ordre de 277 592 ha (soit 15,25 % de son territoire), avec une superficie irriguée de 38 735 ha (13.95 % seulement de la S.A.U.), dont la majorité à partir des eaux souterraines **(A. S .M, 2014)**.

La qualité de ces eaux souterraines se diffère d'une région à l'autre selon plusieurs critères, dont le plus important est la nature géologique de l'aquifère.

La structure hydrogéologique du HODNA renferme beaucoup de formations aquifères, réparties sur plusieurs niveaux depuis le jurassique jusqu'au quaternaire telle

que le trias riche en sels qui composent les roches de montagnes qui entourent la région (Binet et Aymonin, 1987 in Zedam, 2015).

La connaissance des propriétés des eaux de chaque région paraît indispensable, surtout dans le secteur agricole et dans notre cas nous allons étudier ceux de la région d'Ouled Derradje.

A travers notre étude nous allons essayer d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation (eau souterraines) dans la région d'Ouled Derradje (M'SILA) à fin de déterminer ses potentialités agronomiques et les espèces à installer.

Pour se faire on a structuré notre travail comme suit :

- Première partie, comporte une étude bibliographique sur l'origine des eaux, quelques propriétés des eaux d'irrigation et la relation avec l'agriculture et leurs conséquences.
- Deuxième partie, concerne la représentation détaillée du milieu physique de la zone d'étude, ainsi que les méthodes des échantillonnages et d'analyses utilisées sur terrain et au laboratoire
- Troisième partie, consacrée aux résultats et discussion.
- En fin, on termine par une conclusion récapitulative

Partie I: synthèse bibliographique

Partie I : Synthèse bibliographique

I.1.Introduction

Selon GRAINI L en 2011 in **Mokdadi et al (2015)**, l'eau liquide (H_2O) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité où 71 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (**Tounissou, s d**). Elle se présente sous différents états ; solide, liquide et gazeuse.

L'eau est considéré comme solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre, elle est quelquefois désignée sous le nom de solvant universel (Tounissou, s d).

L'eau présente un intérêt fondamental en agriculture. Quelle que soit son origine, la connaissance de sa qualité et son influence sur le rendement des cultures est indispensable.

Et c'est l'objectif du présent chapitre.

I.2.Origine des eaux

Selon **Gomella et Guerree (1974)**, l'eau utilisée pour le besoin humains a pour origine premier l'eau de pluie. Cependant, la pluie qui tombe sur le sol se partage en diverse fraction suivant des proportions variables :

- Une partie retourne dans l'atmosphère, sous forme de vapeur par évaporation du sol ou transpiration des végétaux ;
- Une partie ruisselle à la surface du sol et contribue à l'alimentation des ruisseaux et rivières ;
- Le reste qui est la fraction la plus faible, soit de 20% à 40% pénétré dans le sol par infiltration et contribue à l'alimentation des nappes profondes.

En fonction même de cette répartition l'appellation va être, soit eaux de surface, ou eaux souterrain (figure N°1).

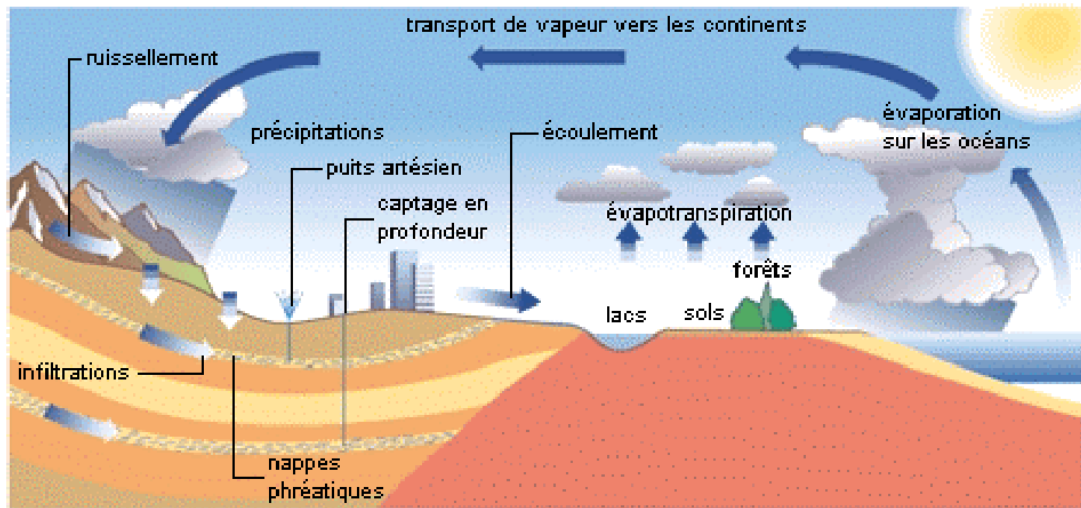


Figure N°1 : Les différentes origines d'eau (Kessira, 2005)

I.2.1.Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Degremont, 2005 in Ayad, 2017).

Selon Degremont en 1989 in **Abbad (2013)**; la composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

I.2.2.Eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol par gravité dans les pores et les fissures des roches ou par dissolution, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable. Là elles s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité du sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère (**Gomella et Guerree, 1974**).

I.3.Ressources en eaux et l'irrigation en Algérie

Selon **PNUD (2009)**, le pays est divisé en cinq bassins hydrographiques regroupant les 17 bassins versant (voire figure N°2). Les ressources en eau ne sont pas réparties équitablement, que ce soit au niveau de leur répartition géographique, de leur quantité ou de leur nature (eaux de surface ou souterraines).



Figure N°2: Les régions de planification hydraulique en Algérie (PNUD, 2009)

Les ressources sont principalement :

- ❖ Les barrages : 59 barrages répartie sur 5 bassins hydrographiques ;
- ❖ L'exploitation des eaux souterraines ;
- ❖ Le dessalement de l'eau de mer est pratiqué dans 23 stations ;
- ❖ Le recyclage des eaux usées épurées.

L'agriculture irriguée occupe environ 11% des surfaces cultivées. Les superficies irriguées se subdivisent en grands périmètres irrigués (GPI) et en petite et moyenne hydraulique (PMH). Les GPI ont une superficie équipée de 215 000 ha environ dont 150 000 ha sont estimés irrigables à partir des eaux de surface régularisées par des grands barrages. La superficie irriguée en PMH était évaluée en 2007 à près de 907 000 ha et est constituée de périmètres de taille très variable dont l'alimentation en eau provient à 78% des eaux souterraines (forages, puits, sources et retenues collinaires) (**PNUD, 2009**).

I.4.Généralité sur l'irrigation

I.4.1-Définition d'irrigation

L'irrigation est considérablement développée au cours du 20^{ém} siècle, non seulement dans les pays aride et semi- aride, mais aussi dans les régions plus humide (**Rieul et Ruele, 2003**). Elle définit comme l'opération d'apporter artificiellement de l'eau à des cultures pour en augmenter la production. Permettant un développement normal des cultures en cas de déficit d'eau induit par une pluviométrie insuffisante ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi arides.

L'irrigation a contribué à la révolution verte qui a eu pour conséquence un accroissement spectaculaire de la production agricole, et qui a permis d'éviter des famines catastrophiques, suite à une augmentation très importante de la population mondiale et particulièrement dans les pays du tiers monde (**Benzaria, 2008**).

I.4.2-Les systèmes d'irrigation

En irrigation, il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée (goutte à goutte).

I.4.2.1-Irrigation de surface

Selon **Brouwer (1990)**, l'irrigation de surface 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 raie).

I.4.2.2-Irrigation par aspersion

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. 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 (**Brouwer, 1990**). Elle permet l'application uniforme de l'eau sur l'aire occupée par la culture. Le système d'irrigation doit être conçu pour appliquer l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration du sol et éviter ainsi les pertes par ruissellement (**Kessira, 2013**).



Figure N°3: Irrigation par aspersion (A N S, 1992)

I.4.2.3. Irrigation goutte à goutte

L'irrigation localisé consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC ; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations (**Kessira, 2013**).

Cette technique (système) permettra la diffusion de l'eau uniquement en en localisé et continu (bulbe de la zone racinaires) ce qui diminuera tout risque quelconque de contamination des nappes et foliaires (**Kessira, 2005**), cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficience de distribution d'eau (**Kessira, 2013**).



Figure N° 4: Irrigation par goutte à goutte (**Brouwer, 1990**).

I.5. Propriétés des eaux d'irrigation

Quelle que soit l'origine de l'eau, il faut l'analyser afin le pouvoir apprécier sa qualité, d'un point de vue utilitaire.

Pour l'arrosage, il faut aussi remarquer qu'il est nécessaire de répéter cette analyse dans le temps car la composition les eaux de surface dépend des conditions climatiques et que celle des eaux usées et recyclées est soumise aux aléas de la production plus ou moins importante de déchets.

L'apport d'une dose appropriée d'eau n'est pas le seul élément à envisager, il faut également considérer les différents composants qu'apporte. L'eau provenant, d'une part, du sol et , d'autre part, des sources, nappes souterraines, étangs, lacs, retenue collinaire ou rivières **(I' A N S, 1992)** .

D'après **I' A N S (1992)**, la qualité d'une eau peut être jugée par rapport à 3 types de paramètres :

- ❖ Les paramètres organoleptiques: il s'agit de la saveur, de l'odeur, de la couleur et de la transparence de l'eau.
- ❖ Les paramètres microbiologiques: les analyses microbiologiques qui révèlent la contamination de l'eau par des microorganismes (bactéries, virus, parasites ...etc.).
- ❖ Les paramètres physico-chimiques;

I.5.1. Paramètres physique-chimiques de caractérisation de la qualité des eaux d'irrigation

I.5.1.1-Température

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques **(Leynaud, 1968 in Mahamat et al, 2015)**.

Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels, de même que les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes **(WHO, 1987, in Mahamat et al, 2015)**.

I.5.1.2.Conductivité électrique

La Conductivité électrique fournit une indication de la concentration ionique et permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc nous informe de sa minéralisation. Elle dépend de la température, de la concentration et types d'ions présent **(Hceflcd, 2006 et Hem, 1985 in El Oumlouki et al, 2014)**.

Tableau N° 01: Classification des eaux en fonction de la teneur en sel (g/l) et de la conductivité électrique (micro mhos /cm)

Teneur en sel (g/l)	conductivité électrique (micro mhos/cm)	Classe
<0.2	< 250	C1 Eau faiblement salin
0.2-0.5	250-750	C2 salinité moyenne
0.5-1.5	750-225	C3 salinité forte
1.5-3	> 225	C4 très forte salinité

Source: Lallemand-Barfes, 1980

Les eaux faiblement salines peuvent être utilisées pour irriguer la plupart des cultures sur pratiquement tous les sols, mais quand le salinité croît, l'eau devient moins appropriée pour les plantes sensible au sel et pour l'utilisation sur le sol peu perméable.

Les eaux à forte salinité ne peuvent être utilisées que pour les plantes très tolérantes au sel, avec des techniques d'aménagement particulier sur le sol perméable bien drainé (Lallemand-Barfes, 1980).

Tableau N°2: Tolérance à la salinité de quelque plantes cultivées

	Conductivité électrique de l'eau d'irrigation (dS/m)					
	<2	2-3	3-4	4-5	5-7	>7
Tolérance à la salinité des quelque plantes cultivée	Citrus, Pomme Pêche, Fraise, Raisins, Pomme De terre, Carottes, Poivrons, Oignons, Haricot, Maïs	Figues, Olives, Brocoli, Tomate, Concombre, Cantaloup, Pastèques, Epinards, Luzerne	Sorgho, Arachide, Riz, Betteraves, Fétuque	Soja, trèfle, Artichauts	Carthame, blé, Betterave sucrière, Rye Grass, Orge des rats, Chiendent pied De poule, Sudax (sorgho Hybride)	Coton, orge Agropyre

Source: FAO, 1985 in FAO, 2003

I.5.1.3-Potentiel d'hydrogène

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance

(C R E P A, 2007).

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Pour l'eau d'irrigation il devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale **(Couture, 2006).**

D'après Abdelhamid, 2016, on classe la qualité de l'eau en fonction du pH comme suit:

Tableau N°03 : Estimation de la qualité de l'eau selon le pH

pH	Qualité de l'eau
pH < 5	Acidité forte
pH = 7	Neutralité (eau pure)
7 < pH < 8	Neutralité rapprochée (eau de surface)
pH > 8	Alcalinité, évaporation intense

Source : (Abdelhamid, 2016)

I.5.1.4-Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales (très riches en MES), d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous **(C R E P A, 2007).**

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse

(C R E P A, 2007).

I.5.1.5.Dureté totale

Cardot et Gilles (2013), ont montré que La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations des cations alcalino-terreux (sels de calcium et de magnésium). La dureté s'exprime en quantité équivalente de carbonate de calcium (**A A C, 2002, Mahamat et al ; 2015**).

Selon **Cardot et Gilles (2013)**, il existe plusieurs types de la dureté de l'eau :

- ❖ Dureté totale ou titre hydrotimétrique totale THT; c'est la somme des concentrations en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} ;
- ❖ La dureté magnésienne (titre magnésienne), correspondant à la teneur en ions Mg^{2+} ;
- ❖ La dureté calcique ou titre calcique (T Ca) correspondant à la concentration en ions Ca^{2+} ;
- ❖ La dureté permanente, également appelée dureté de non-carbonates. Elle est due à la présence de sulfates, chlorures et nitrates de calcium et de magnésium, elle résiste également à l'action des savons, mais ne produit pas de d'incrustations car ses sels sont très solubles dans l'eau. Ne se décompose pas sous l'action de la chaleur (**F.N.S, 2013**).

La qualité chimique des eaux d'irrigation selon le titre hydrotimétrique (TH) est résumée dans le tableau qui suit :

Tableau N°04: Qualité des eaux d'irrigation suivant la dureté

Degré français °F	Dureté de l'eau
0 à 5	Très douce
5 à 12	Eau de faible dureté
12 à 25	Moyennement dure
25 et plus	Très dur

Source: Mayet, 1994 in hadfi, 2012

I.5.1.6. Résidu sec

Le résidu sec correspond à la teneur de matières dissoutes et en suspension d'une eau (Rodier et al, 2009). La détermination du résidu sec permet de savoir le degré de salinité des eaux comme présentée dans le tableau suivant.

Tableau N°05: Classification des eaux en fonction des résidus sec

Teneur du résidu sec	Qualité de l'eau
<1.5	Bonne
1.5-3	Moyenne
3-5	Ne convient pas pour certain cultures
>5	Saumâtre

Source: BEN AMOR, 1992 in Hadfi, 2012

I.5.1.7. Alcalinité (TA- TAC)

Rodier et al (2009), montrent que l'alcalinité est l'inverse de l'acidité, pour l'eau elle correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

Le TA correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-).

Le titre alcalimétrique complet (TAC) : correspond à la somme:

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

L'unité utilisée est le degré français ($1^\circ\text{f} = 10 \text{ mg/L de CaCO}_3 = 0,2 \text{ millièmequivalent/l}$).

I.5.1.8. Nitrate

Le nitrate constitue le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé dans l'eau. Toutefois, la teneur en nitrates dans l'eau des puits est aussi liée à l'apport des engrais (Chapman et Kimstach, 1996 in Heriarivony et al, 2015).

I.5.1.9. Nitrite

Rodier et al (2009), montrent que Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 ; la formule de l'ion nitrite est NO_2^- .

I.5.1.10. Chlorure

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables (**Nouayti et al, 2015**).

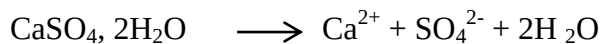
I.5.1.11. Bicarbonates (HCO₃⁻)

Selon **Abdelhamid (2016)**, Ils proviennent de la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomie) par des eaux chargées en gaz carbonique (CO₂) selon l'équation suivante:



I.5.1.12. Sulfates (SO₄²⁻)

La présence des sulfates dans l'eau est liée à la dissolution du gypse contenu dans les marnes emschériennes et au lessivage des dépôts évaporitiques, selon la relation:



(**Gouaidia, 2008**).

La teneur de sulfate excessif peut provoquer une précipitation de sulfate de calcium (gypse)

I.5.1.13. Calcium

Selon **Derver (1997) in Abdelhamid (2016)**, le calcium est un élément principal de la dureté de l'eau, c'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Dans les roches sédimentaires, il se présente sous forme de carbonates (calcite, dolomite et aragonite).

Le calcium fait partie de quelques minéraux évaporitiques à savoir le gypse et l'anhydrite et aussi dans les minéraux argileux sous forme de Ca montmorillonite (**Hem, 1985 in Abdelhamid, 2016**).

I.5.1.14. Magnésium

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées

(calcaires dolomitiques, dolomies du Jurassique ou du Trias moyen). Les valeurs les plus faibles sont relevées dans la plupart des eaux des massifs anciens **(Rodier et al, 2009)**.

Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates **(Nouayti et al, 2015)**.

I.5.1.15. Potassium

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium. Le potassium se rencontre sous forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais tels que la corrollite et la sylvinite. On le trouve également dans les cendres des végétaux sous forme de carbonate. Le potassium est un élément indispensable à la vie et notamment à la croissance des végétaux. En agriculture, il est utilisé comme engrais sous forme de sulfate de potassium, de chlorure de potassium, ou encore de nitrate de potassium **(Nouayti et al, 2015)**

I.5.1.16. Sodium

Cet élément est très abondant (environ 26g/kg de la croûte terrestre soit environ 2.8%), ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (Chlorures, sulfates...). Le principal minéral contenant le sodium est le sel gemme (chlorures de sodium). Des teneurs anormalement élevées peuvent provenir du lessivage ou de la percolation de terrains salés ainsi que de l'effet de la salinité marine **(Abdelhamid, 2016)**.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (SAR). Celui dernière décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation. Le SAR est calculé comme suit:

$$SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2};$$
 (le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimé en meq/L) **(Couture, 2004)**.

I.6. Qualité de l'eau et les effets de l'agriculture

La qualité de l'eau influe sur l'agriculture mais l'agriculture aussi a des effets sur la qualité de l'eau.

L'agriculture impose à l'eau certains processus que l'on doit, du point de vue de l'écologie, considérer comme polluants. Certain élément tels que les pesticides et les nutriments des engrais, sels et sédiments provenant, par ruissellement ou infiltration, des

terres agricoles peuvent tous avoir un caractère polluant si, de quelque manière, ils rejoignent les eaux de surface (cours d'eau, lac, réservoir), ou une nappe souterraine ; ils en diminuent la qualité pour un certain type. D'utilisation ou pour certains consommateurs (**Ayers et Westcott, 1976**).

Pour limiter les pollutions selon **A.E.S.N (s.d)** on doit utiliser de manière raisonnée les engrais et les produits phytosanitaires lorsqu'ils doivent être utilisés, en prenant en compte toutes les données utiles tels que : les besoins des cultures, la nature des sols, le climat, les infestations d'insectes nuisibles, la présence de mauvaises herbes... et surtout la vulnérabilité du milieu.

et pour limiter les prélèvements d'eau on propose aussi :

- ❖ De choisir des espèces végétales et des variétés adaptées aux conditions climatiques des régions étudiées;
- ❖ De calculer la quantité d'eau précise dont la plante a besoin, arroser au pied de la plante et n'apporter que la quantité d'eau nécessaire ;
- ❖ D'utiliser des systèmes économes en eau comme la micro-irrigation.

I.7. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

Une eau est conforme à l'irrigation est celle dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans les tableaux N° 06, 7 et 8.

Tableau N° 06 : Valeurs indicatives limites concernant l'eau d'arrosage

paramètres	Unités	1	2	3	4
conductivité électrique	ms/cm	0.2	0.4	0.6	0.8
Acidités	pH	5.5-7.0	5.5-7.5	5.5- 7.5	5.5-7.0
Chlorures	mg/l	< 30	< 60	<100	< 200
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	<10	<3	<30	<50
Phosphates (P ₂ O ₅ ⁻)	mg/l	<0.01	<0.2	<0.1	<50
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	<50-100	<100	<200	<250
Dureté carbonate	°dF	<9	<18	18à 37	27à37
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	<90	<150	<250	<400

Calcium (Ca)	mg/l	30-60	30-150	50-200	50-250
Potassium	mg/l	<5	< 10	<20	<40
Magnésium (Mg)	mg/l	5-15	5-20	5-30	<5-35
Sodium (mg)	mg/l	<30-50	<60	<100	<150
Dureté totale	mg/l	<4	<10	<14	<18

Source : **Guide de la Fertilisation, 2005**

1 = Cultures très sensibles : jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage

2 = Cultures sensibles : azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures

3 = Cultures moyennement sensibles : cyclamens, bégonias, arbustes en conteneurs, gerberas, frésias, rosiers, plants de légumes

4 = Cultures peu sensibles : asparagus, chrysanthèmes, oeillets, choux divers, plantes à massifs, cultures de plein champ.

Tableau N°07: Normes d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production de plantes annuelles

Paramètres	Concentration maximale
Alcalinité (CaCO ₃)	1 à 100 ppm (pas supérieur à 200)
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	30 à 50 (pas supérieur à 150)
Calcium (Ca 2+)	40 à 120 ppm
Chlore (Cl ⁻)	0-100 ppm (pas supérieur à 140)
Magnésium (Mg 2+)	6 à 25 ppm
pH	5 à 7
Potassium (K ⁺)	0,5 à 5 ppm
Ratio d'absorption du sodium (RAS)	0 à 4 ppm
Sodium (Na ⁺)	0 à 30 ppm (pas supérieur à 50)
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	24 à 240
Salinité (mS)	Inférieur à 1,0-1,5

Source: **Peterson 1999. in Couture, 2004**

Tableau N°08: Directives pour l'interprétation des qualités d'une eau d'irrigation et risques de toxicité par Cl^- et Na^+

Nature du problème	Degré restriction pour l'irrigation		
	Aucune	Légère à modérée	Forte
CE (dS/m)	<0.7	0.7-3	> 3
SAR =0-3 et CE =	>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR =3-6 et CE =	> 1.2	1.2-0.3	<0.3
SAR =6-12 et CE =	>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR =12-20 et CE =	>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR =20-40 et CE =	> 5	5-2.9	<2.9
[Na] meq/l (irrigation de surface)	<3	3-9	>9
[Na] meq/l (irrigation par aspersion)	<3	>3	
[Cl ⁻] meq/l (irrigation de surface)	<4	4-10	>10
[Cl ⁻] meq/l (irrigation par Aspersion)	<3	>3	
Bicarbonate	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH	Zone normale 6.5-8.4		

Source: FAO, 1985 in FAO, 2003

I.8.La qualité de l'eau et ses conséquences

Selon **A N S (1992)**, **Ayers et Westcot, 1976**, les risque de quelques paramètre physiquo-chimiques des eaux d'irrigation et leur influences sur les plantes ainsi que le sol et comment y remédier sont résumés au tableau N°08.

Tableau N°09: Risque de quelque paramètre et le remède

Paramètre	risque	Idéal	Remède
pH	Peut entraîner la corrosion des tuyaux (taches vertes dues à l'oxydation du cuivre) et la contamination de l'eau par le plomb des tuyaux, raccords en laiton ou parties de pompe. l'assimilation du K^+ , du Mg^{2+} et du Ca^{2+} diminue (pH<5). pH sont trop élevées, la disponibilité du phosphore et des oligo-éléments diminue.	5.5-6.5	/
Température	Evité trop grand écart de la température celle de eau utilisé et le s	25°C	Stockage de l'eau dans les bassins.
Matière en suspension liée à la turbidité	Colmatage		Tout le procédé de dégrillage, désalinisation
Richesse en Na^{2+}	Risque indirect défloculation des substances colloïdale, pouvant entrainer en imperméabilisation Du sol. toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots...etc.	C1-S1	Alléger la structure du sol, amélioré de drainage, apport de gypse désalinisation de l'eau
Salinité totale	Modification de la structure du sol. Ralentissement la croissance	<0.75ms/cm Entre 0.75 et 3ms/cm 0à 1300mg/l.	Apporté d'eau en excédent pour lessiver l'excès de sel. Plante de l'espèce résistante à salinité.
Concentration en bicarbonate	Peut affecter la perméabilité du sol. augmente la valeur du S.A.R et augmentera le pH	0-1.25meq/l	Amendement adapté. Traitement d'eau.

Dureté	Dépôts minéraux durs (tartre) dans les bouilloires et la tuyauterie, cerne dans la baignoire, dépôts de savon, forte consommation de savon.	/	/
Chlorures	Eau corrosive, toxique et effet sur la croissance des plantes.	/	/

Source : A N S, 1992

I.9.Conclusion

Cette partie à porter sur la collecte des informations concernant la détermination et la présentation générale et parfois détaillée de quelques propriétés physico-chimiques des eaux d'irrigation, leur classification et les effets de l'agriculture sur l'eau .

On a pu à travers cette partie aussi mettre l'accent sur l'origine des eaux et leur répartition en Algérie.

Partie II: Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 1:

Etude du milieu physique

Partie II: Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 1: Etude du milieu physique

II.1.1. Introduction

L'objet de ce chapitre est la présentation du contexte global de la région étudiée en prenant compte des données géographiques, hydrologiques et climatique ainsi que les systèmes d'irrigation et types des cultures installées.

II.1.2.présentation du milieu physique de la région d'Ouled Derradje

II.1.2.1.Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'Ouled Derradje située entre le chotte et les montagnes du Hodna. Elle s'étend sur une superficie de 137429 ha (D. O.D, 2018) .

La région se caractérise par une altitude comprise entre 1865 m (Kef Elbel) et 400m (chotte El HODNA). Avec les coordonnées géographiques de 35°30 '0"N à 35°45'0" N en latitude et 4°30'0" E à 5°0' 0" E en longitude.

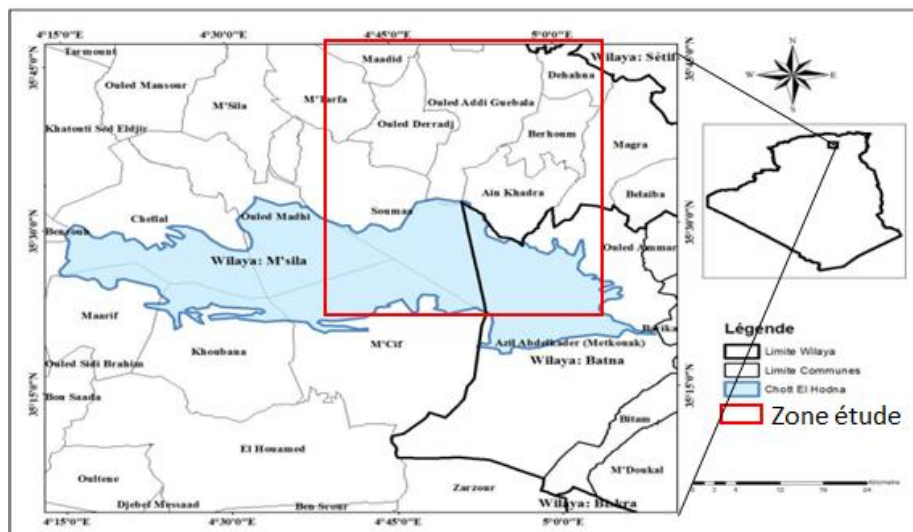


Figure N°05: Situation géographique de la zone étude (Zedam, 2015)

II.1.2.2 Géologie

Selon la carte géologique de la région du Hodna (figure N°06); on remarque la présence des formations suivantes dans notre zone d'étude :

Le quaternaire : représenté par d'anciennes alluvions et des sédiments fins.

Le tertiaire : comporte l'Eocène (grès rouges des argiles variées, des calcaires et des conglomérats), l'Oligocène continental (des conglomérats, des grès fins friables, des marnes rougeâtres) et le Miocène qui constitué d'une alternance de marne gypseuse avec des grès et du calcaire.

Le secondaire : comporte le Crétacé formé par marne calcaire et grès ; Nummulitique ; jurassique est formé par le calcaires ; Miocène inférieur est caractérisé par les marnes gypseuses avec calcaires gréseux à la base ; miocène supérieur est formé par les marnes gypseuses avec intercalation gréseuses ; Pontien est formé par les marnes gréseuses et quelques conglomérats gypseux.

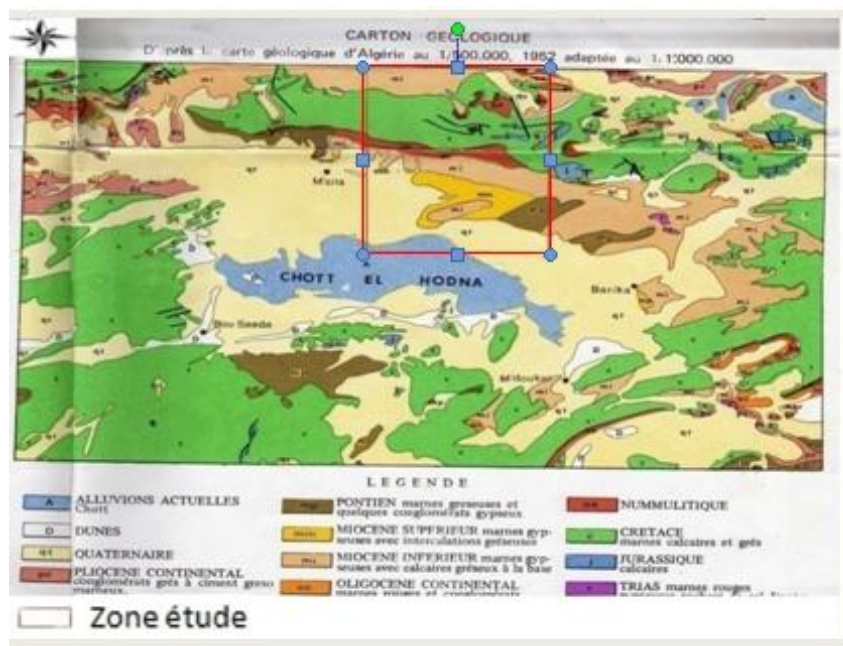


Figure N°06: Carte géologique de la zone du Hodna (Houero et al, 1975 in Zedam, 2015)

II.1.2.3. Aperçu pédologique

Selon la carte pédologique de la région du Hodna (figure 07) ; la zone d'Ouled Derradje est caractérisée par les types de sols suivants :

Sol brun calcaire, sol peu alluviaux, siérozems, lithosols et sol à encroûtement calcaire, et sols gypseux, sols halomorphes.

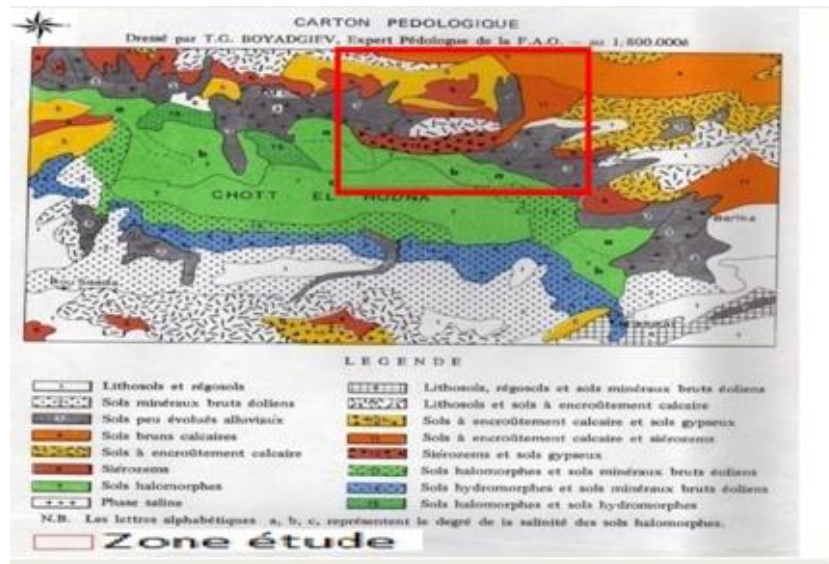


Figure N° 07 : carte pédologique de la zone du Hodna (Houerou et al, 1975 in Zedam, 2015)

II.1.2.4. Hydrologie de la zone étude

Le réseau hydrographique représentée par des Oueds d'un écoulement temporaire (Oued Tabia, Oued Outten, Oued Zitoune, Oued Djefine, Oued Salman, oued Elawaise) et par ajoutée l'existence Petit Barrage Ouitlene d'un Capacité 0.85 Hm³/an (Daïra O.D, 2018).

II.1.2.5. L'agriculture et l'irrigation

Selon la subdivision agricole (2017); la zone d'Ouled Derradje s'étendue sur une surface agricole utile de 31700 ha avec plusieurs types des cultures comme les cultures maraichères, arboriculture et céréaliculture (voire figure N°08).

La surface irriguée dans cette région est de l'ordre de 2650 ha répartie comme suit : Surface irriguée par l'aspersion (42 ha), surface irriguée par goutte à goutte (127 ha), surface irriguée par submersion (2481 ha).

Sachant que l'eau utilisée est souterraine (98 puits traditionnelles et 648 forages)

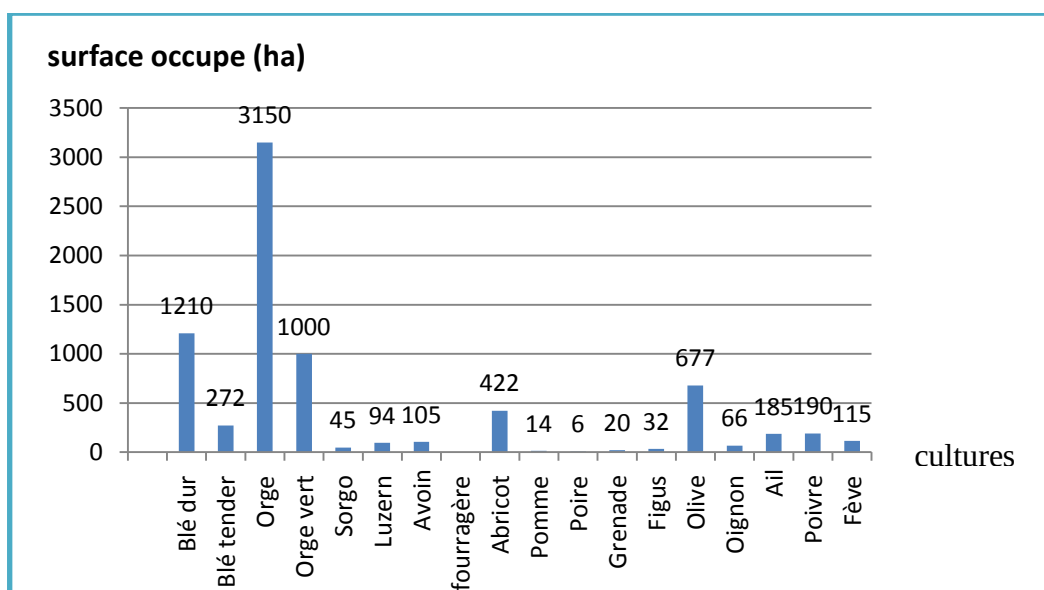


Figure N°08: Surfaces occupées par les différents types des cultures (S.D.A.O.D, 2017)

II.1.2.6.Climat de la région étude

La connaissance des caractéristiques climatiques est fondamentale, pour permettre une meilleure évaluation des besoins en eau des différentes cultures et une détermination des facteurs qui ont un effet néfaste sur la production et le rendement.

a) Origine des données climatiques

Vu l'inexistence de station météorologique dans notre zone d'étude, nous avons pris les données climatique récentes de la station météorologique de M'sila comme références représentatives ces données nous les avons utilisé pour faire une extrapolation dont le but est de caractériser le climat de notre zone d'étude.

Tableau N°10: Données sur la station météorologique de M'sila et la zone d'OULED DERRADJE

Caractérisation du station météorologique	Altitude (m)	Période étude	Source des données
M'sila	441	1988-2017	S. M .M
Zone étude	613.90		

b) Température

La température est un élément fondamental du climat, elle joue un rôle déterminant dans l'étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration. L'analyse des températures est faite à partir des données recueillies de station météorologique M'sila période (1988-2017).

Le tableau N°11 et la figure N°09, montrent que la température maximale est enregistrée au mois de Juillet avec 42.17°C, alors que la minimale se rencontre au mois de Janvier avec -1.95 °C.

Tableau N° 11: Moyenne mensuelle des températures moyenne en (°C) (1988-2017) de la région d'Oueld Darrage.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Jau	Jui	Aout
T myon max	37,49	32,19	24,17	18,73	17,86	20,63	26,03	29,86	35,63	39,95	42,17	41,63
T myon min	13,19	7,75	0,96	-1,49	-1,95	-1,28	0,24	3,9	10,64	13,69	18,3	18,47
Tmyon	24,98	19,47	12,63	10,97	7,65	9,21	13,04	16,36	21,94	27,38	31,08	30,61

Source : S.M.M, 2018 et Hadobaoui, 2013 modifie (méthode d'extrapolation)

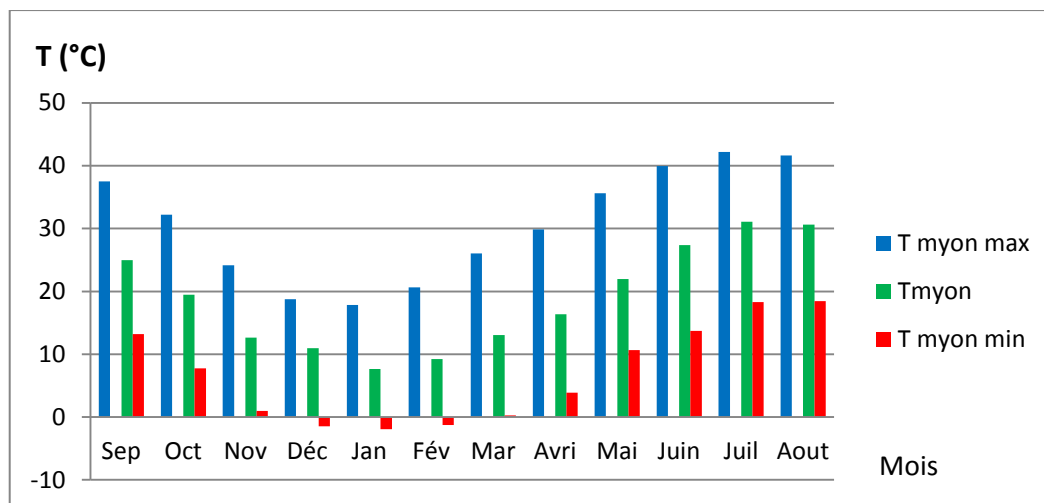


Figure N°09: Températures moyennes mensuelles, minimales, maximales de la région d'Oueld Darrage (1988-2017).

c) La pluviométrie

La pluie est un facteur climatique très important conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes. La pluviosité augmente avec l'altitude et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer (Abdelhamid, 2016).

L'analyse du tableau (N°12) et le diagramme des variations mensuelles des précipitations sur une période de 29 ans par où :

- ❖ Le mois le plus arrosé est le mois de Mai avec une précipitation moyenne mensuelle de **29.7811 mm**.
- ❖ Le mois le moins arrosé est le mois de Juillet avec une précipitation moyenne mensuelle égale à **6.949mm**.
- ❖ les saisons les plus pluvieuses sont Automne avec **31.84%** des pluies moyennes annuelles et le printemps avec **30.74%** ; Hiver représente **24.553%** et l'été avec seulement **12.87 %** des précipitations moyennes annuelles.

Tableau N° 12: Précipitation moyenne mensuelles en (mm) (1988-2017) de la région d'Oueld Darrage

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	totale
p (mm)	28,53	27,354	21,61	22,04	21,33	16,392	20,644	24,3961	29,7811	14,337	6,949	10,04	243.4
saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
	77.494 mm			59.76 mm			74.82 mm			31.33 mm			
	31.84%			24.553%			30.74%			12.87 %			

Source : S.M.M, 2018 et Hadobaoui, 2013 modifie (méthode d'extrapolation)

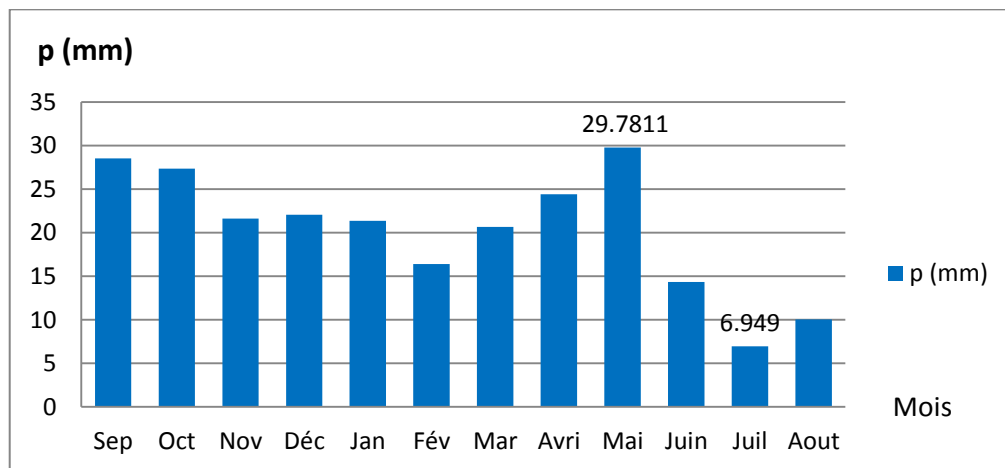


Figure N° 10: Variations moyenne mensuelle des précipitations en (mm) durant (1988-2017).

d) Régime climatique

Afin de préciser les conditions climatiques de notre région d'étude, nous avons utilisé deux méthodes; Diagramme Ombrothermique de Gaussen Bagnoules et le Diagramme d'Emberger.

❖ Diagramme pluviothermique de Gaussen et Bagnouls :

le Diagramme pluviothermique de Gaussen et Bagnouls utilisée pour déterminer la période sèche et la période humide de la région d'étude.

Pour Gaussen et Bagnouls le climat sec est celui où la totalité des précipitations en mm est inférieure ou égale au double des températures moyennes ($P \leq 2TC^\circ$). Cette relation permet d'établir un graphique Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

Lorsque la courbe représentant les précipitations passe au-dessus de la courbe de la Température ; il s'agit d'une période excédentaire (humide). Alors que si la courbe des Précipitations passent au-dessous de celle de la température ; il s'agit d'une période déficitaire (sèche).

Tableau N°13 : Les précipitations et températures moyennes mensuelles de la région d'oueld Darrage (1988-2017).

Mois	Sep	Oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avri	mai	Jau	Jui	aout
p (mm)	28,53	27,354	21,61	22,04	21,33	16,392	20,644	24,396	29,781	14,337	6,949	10,04
Tmyon	24,98	19,47	12,63	10,97	7,65	9,21	13,04	16,36	21,94	27,38	31,08	30,61

Source : S.M.M, 2018 et Hadobaoui, 2013 modifie (méthode d'extrapolation)

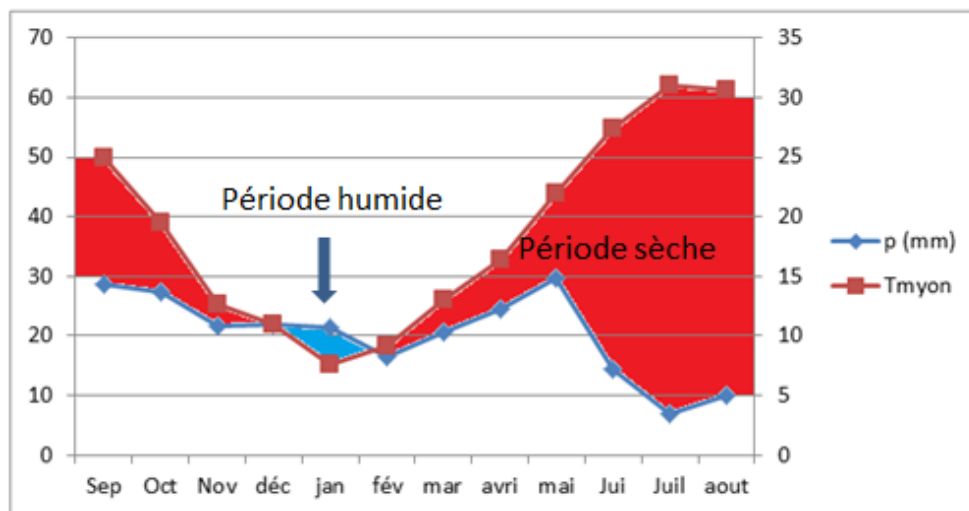


Figure N°11 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls d'Oueld Darrage (1988-2017)

La figure N°11, montre que la région d'Oueld Darrage caractérisée par l'existence deux périodes; sèche qui s'étend de la mi-Février au mi-Décembre et période humide de la mi-Décembre au début de Février.

❖ diagramme d'Emberger

Le diagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude et de donner une signification écologique du climat.

En abscisses, sont représentées les moyennés des minimas des mois le plus froid. En ordonnées, on a les valeurs du quotient pluviométrique Q2 (figure 3) sur le climagramme, Sont portés les différents étages bioclimatiques sahariens, arides, semi-arides, subhumides et Humides.

D'après la formule de STEWART, adaptée pour l' Algérie et le Maroc, qui se présente Comme suit: $Q2 = 3,43 \times P / (M-m)$.

Où :

Q2 : Le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation annuelle.

M : Température du mois le plus chaud.

m : Température minimale du mois le plus froid.

Après application de la formule, nous avons obtenu la valeur de Q2 qui est égale à 17.32; ce qui permet de situer la région de OUELD DARRAGE dans l'étage bioclimatique aride à hiver froid (tableau11 et figure N°16)

Tableau N°14 : Valeurs du quotient pluviométrique

Q2	P	M	M	M – m
17.32	243.15	315.32	271.2	44.12

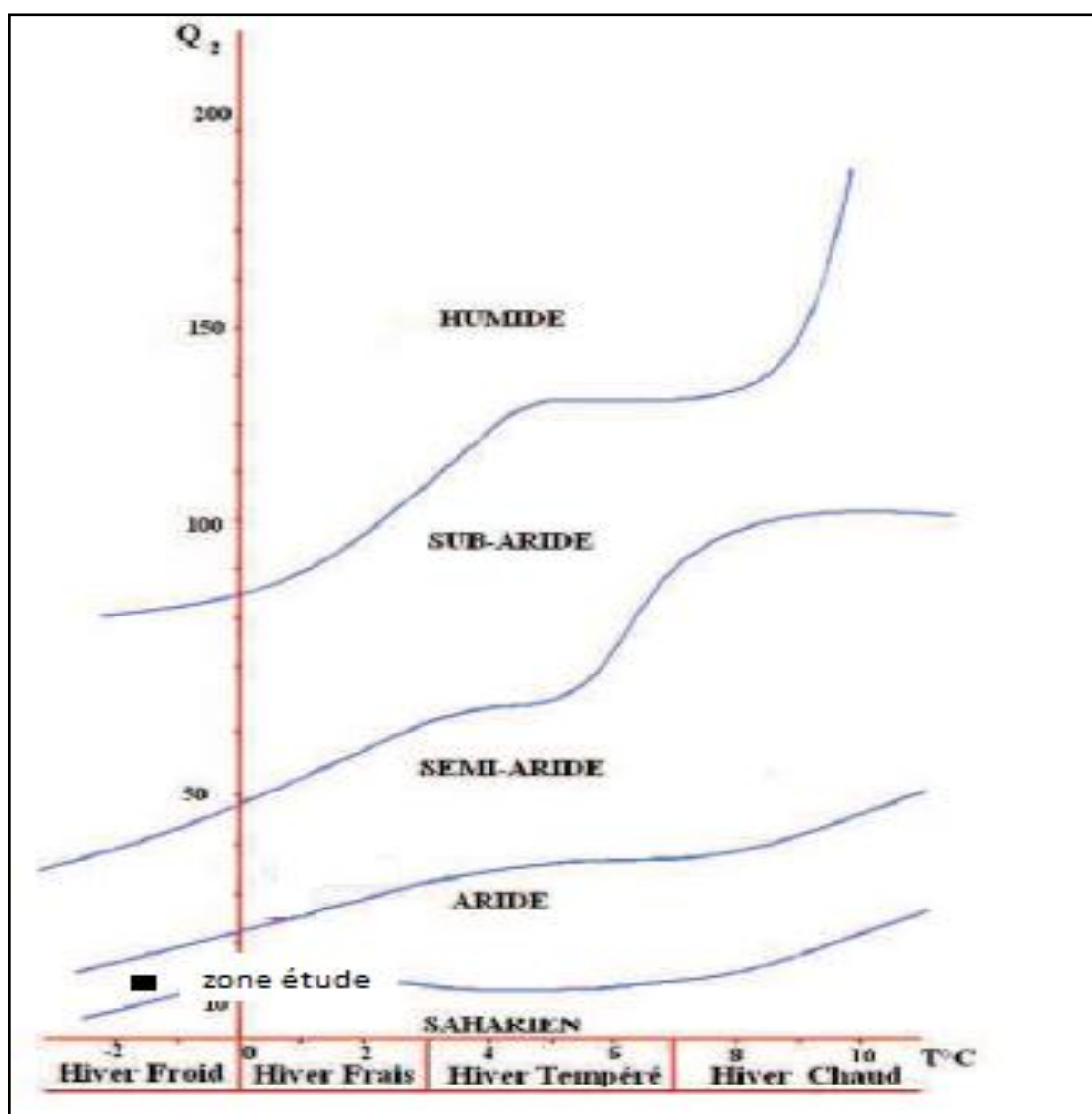


Figure N°12 : positionnement de la région de M'sila dans le climagramme d'emberger durant période (1988-2017)

II.1.3. Conclusion

La zone d'Oueld Derrage est située dans le Nord-Est du chote El HODNA, caractérisée par :

Divers types du sol, tels que: sol à encroûtement calcaire, et sols gypseux, sols halomorphes.

→ De point de vue nature géologique on distingue la présence des formations suivantes :

Le quaternaire : représenté par d'anciennes alluvions et des sédiments fins

Le tertiaire : comporte l'Eocènes, l'Oligocène continental et le Miocène

Le secondaire : comporte-la Crétacé, Nummulitique, jurassique, Miocène inférieur, miocène supérieur, Pontien.

→ Son climat est aride à hiver froids, avec une période sèche qui s'étale du mi- décembre au mi-février.

→ Elle est considérée comme zone agricole avec prédominance de la céréaliculture.

Partie II: Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 2:

Méthodes d'étude

Partie II : Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 2: Méthodes d'étude

II.2.1. Introduction

Ce chapitre met l'accent sur les méthodes utilisées sur terrain, et au laboratoire pour déterminer la qualité physico-chimique des eaux analysées.

II.2.2.Choix de la région d'étude

Malgré l'extension de cette région (Ouled Derradje) et sa vocation agricole, on a remarqué ce manque de données et d'informations agronomiques ce qui nous a pousser à essayer de contribuer à la connaissance d'un des aspects importants (qualité des eaux d'irrigation).

II.2.3.Les sites de prélèvement

Tous les échantillons ont été réalisés le 23 avril et 07 mai 2018 sauf, avec le positionnement exact montré dans la figure N°15.

Sachant que leur différent caractéristique (profondeur de la source (puits), positionne, le mode d'irrigation et les cultures irriguée) sont résumé à l'annexe N°1.

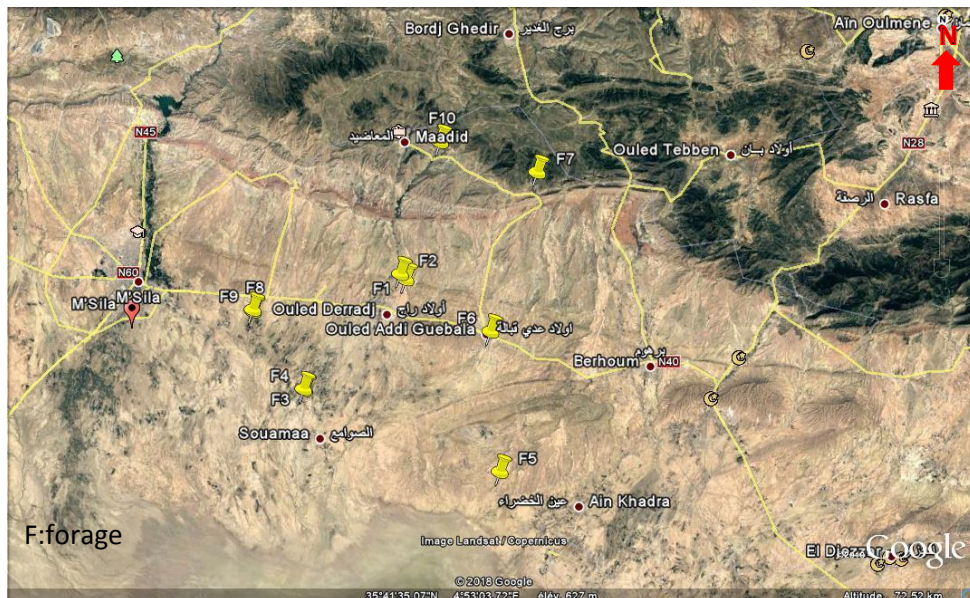


Figure N°13 : Localisation des points d'eau prospectée au niveau de la région d'Ouled Derradje (Google earth, 2018)

II.2.4. Echantillonnage et conservations des échantillons d'eaux à analysée

On a fait de notre mieux à suivre la méthode de Rodier et al (2009) ; des bouteilles en plastique sont introduites de façon à éviter des bulles d'air dans la section du tuyau du forage et remplies puis mise dans des glaciaire dans le but de leur conservation.

Durant la période d'analyse les échantillons étaient conservés dans le frigidaire.

II.2.5. Méthodes d'analyses des propriétés physico-chimiques de l'eau

II.2.5.1. Paramètres mesures in site

Les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique) ont été mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un multi-paramètre (Rodier et al, 2009).

II.2.5.2. Au laboratoire

a. Alcalinité (TA-TAC)

Le TA et TAC (alcalinité des eaux) sont mesuré à l'aide de la méthode titrimétrique.

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (solution alcoolique de phénol phtaléine pour TA et le rouge de méthyle pour le TAC).

Le TA et le TAC étant mesurés successivement sur un même échantillon, les deux méthodes de dosage seront présentées en même temps (Rodier et al, 2009).

Les méthodes d'analyse ainsi que des calcule en détaille à l'annexe 07



Figure N°14: Etapes principales du dosage de TA et TAC

b. Résidu total (Résidu sec)

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure le résidu correspond alors aux matières dissoutes (**Rodier et al, 2009**).

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

L'expression des résultats se fait comme suit :

$$[R.S] \text{ (mg/l)} = (P_2 - P_1) * 1000 / PE$$

Sachant que : **P1** : poids vide de la capsule (mg/l), **P2** : poids capsule après séchage (mg/l), **PE** : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce d'analyse).

C. Matières En Suspension

Selon **Rodier et al (2009)**, cette analyse consiste à déterminer le poids des matières retenues après filtration de l'eau par pesée différentielle. Tout en passant par les étapes suivantes:

- Peser le papier filtre et Placer cette papier sur la rampe de filtration et bien agiter l'échantillon ;
- Prélever un volume de l'échantillon et le transvider sur le papier ;
- placer le papier dans une étuve à 105°C pendant 1h30 mn pour enlever l'excès d'eau.

L'expression des résultats est déterminée selon la formule suivante:

$$[M.E.S] \text{ (mg/l)} = (P_2 - P_1) * 1000 / PE$$

P1 : poids vide de la capsule (mg/l).

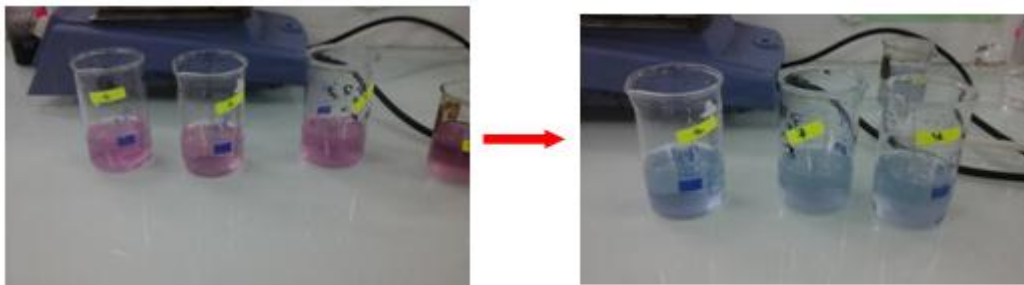
P2 : poids capsule après séchage (mg/l).

PE : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce d'analyse)

D. Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique (noir ériochrome). En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (**Rodier et al, 2009**).



Eau analysée avec murexide

l'eau analysée avec l'EDTA

Figure N° 15: Etapes principales du dosage de la Dureté**e. Carbonate et Bicarbonate (ou hydrogénocarbonate)**

Le dosage des carbonates totaux peut être réalisé très simplement par la détermination de l'alcalinité et plus précisément des titres TA et TAC.

Le tableau suivant présente les cas les plus fréquents de valeurs comparatives de ces titres (pour les eaux naturelles) et les concentrations(en degré °français) qui peuvent en être déduites pour les ions hydrogénocarbonates et les ions carbonatés.

Tableau N°15 : Les valeurs des CO_3^{2-} et HCO_3^- à partir des valeurs TA et TAC

Espèces carbonatées	Valeurs respectives des titres TA et TAC		
	Si TA = 0	Si TA < TAC/2	Si TA = TAC/2
CO_3^{2-}	0	2TA	TAC
HCO_3^-	TAC	TAC - 2TA	0

Source : Rodier et al , 2009

f. Nitrate

La détermination des nitrates se fait à l'aide du spectrophotomètre d'absorption moléculaire :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique (**Rodier et al, 2009**).

L'annexe N°08 montre les étapes de cette analyse .

g. Nitrites

Le principe de détermination des nitrites se base sur la diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa réaction avec la N-(1-naphtyl)-éthylènediamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique (**Rodier et al, 2009**).

La méthode détaillée est repérée dans l'annexe N°08

h. Chlorure

Le dosage de chlorure s'effectue par l'utilisation de la méthode de Mohr.

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

Les étapes à suivre sont :

Prendre 5 ml d'eau à analyser et ajouter 02 goutte de K_2CO_4 (apparition de couler jaunâtre) puis dosage avec nitrate d'argent 0.01N jusqu'à apparition de couler brunâtre

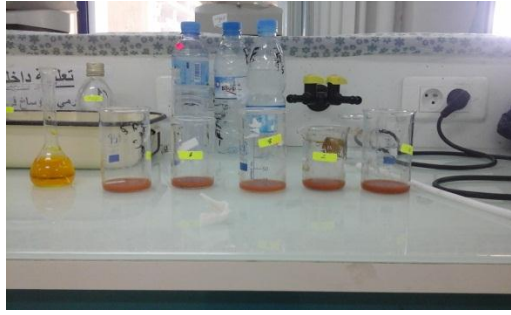


Figure N°16: dosage de chlorure

Expression des résultats

$$[\text{Cl}^-] (\text{mg/l}) = V (\text{AgNO}_3) * 71 * F \quad \text{avec } F = 1$$

i. Sulfates (SO_4)

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 (Rodier *et al* ; 2009) ; la méthode d'analyse de cette anion voire l'annexe N°09.

j. Calcium

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions de calciums libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

Cette analyse se base sur le passage par les étapes suivantes:

Prendre 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 2ml de NaOH, puis du murexide, et titrer avec l'EDTA jusqu'à l'apparition de couleur violet, puis noté (V1). Et calculer par la formule suivante :

$$\text{Ca} (\text{mg/l}) = V1 * 0.4008 * 1000 / 50$$



Eau analysée avec murexide



l'eau analysée après dosage avec EDTA

Figure N°17: Dosage de Ca^{2+} d'une eau

k. Dosage de Na^+ et K^+ par spectrophotométrie à flamme

Cette méthode permet de doser les alcalins (Na, K, Li) et les alcalinoterreux (Ca, BA, Mg, Sr) doit être effectué 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.

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air-acétylène légèrement oxydante en intercalant de l'eau ultra-pure entre chaque échantillon (**Rodier et al, 2009**).



Figure N°18: Dosage de Na^+ et K^+ à l'aide de photomètre de flamme

l. Magnésium

On détermine la concentration de magnésium à partir de savoir le volume d'EDTA nécessaire pour dosage de calcium et la dureté où :

$$[\text{Mg}^{2+}](\text{mg/l}) = (V_{\text{TH}} - V_{\text{Ca}^{2+}}) * 12.15$$

$$12.5 = (N_{\text{EDTA}} * [\text{M Mg}^{2+}]) / 2 * 1000 / \text{PE}$$

V_{TH} : volume de l'EDTA nécessaire pour dosage de la dureté;

$V_{\text{Ca}^{2+}}$: volume de l'EDTA nécessaire pour dosage de calcium;

N_{EDTA} : concentration molaire d'EDTA;

M Mg^{2+} : Masse molaire du magnésium;

PE : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

Partie III: résultats et discussion

Partie III: Résultats et discussion

III.1.Introduction

Ce chapitre comprend les résultats des analyses de quelques paramètres physico-chimiques des eaux que nous avons prélevés au niveau de la région d'Ouled Derradje, leur interprétation et l'aptitude culturelle de ces eaux.

III.2.Analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux des forages analysée

III.2.1. La température

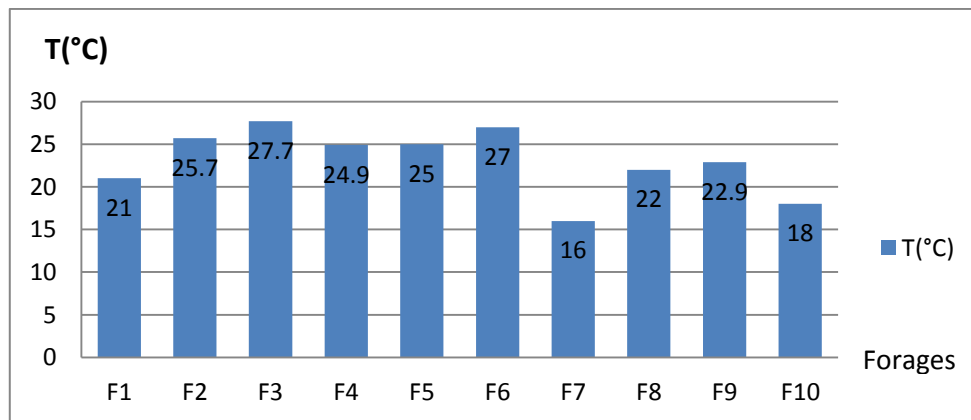


Figure N° 19 : Variation de la température des eaux des forages analysées de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

L'analyse des données de la figure N° 19, indique une variation des températures mesurées.

Cette variation est comprise entre 16 °C au forage F7 et 27.7°C à F3.

Ces résultats paraissent acceptables pour la majorité des eaux de forages analysés, sauf les forages 1, 7 et 10 qui exige l'utilisation des bassins à ciel ouvert.

III.2.2. Potentielle de l'hydrogène

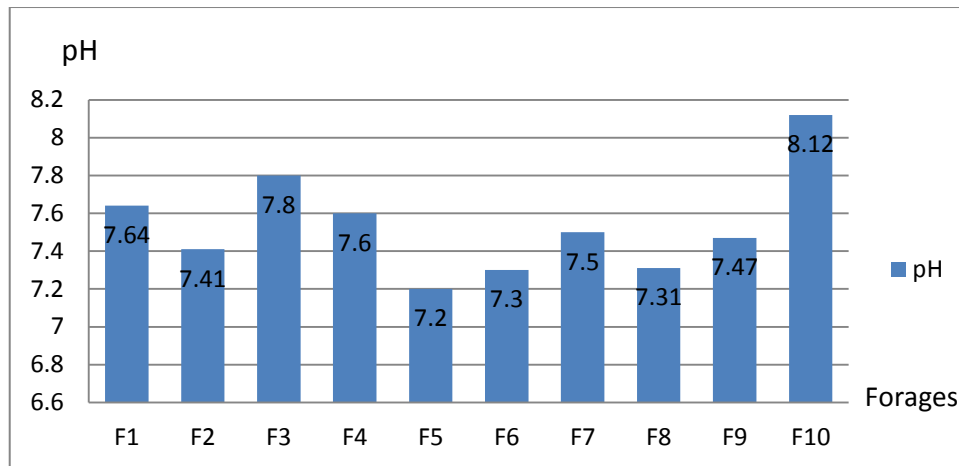


Figure N° 20: Variation du pH des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

La figure N°20 montre que les valeurs du pH mesurées des différents forages dans la zone d'étude varient entre 7.20 (forage N° 5) et 8.12 au niveau du forage F10.

Selon **Kessira en 2005** (tableau 08), toutes les eaux de nos forages peuvent être utilisées pour l'irrigation des plantes

Selon **Abdelhamid (2016)**, toutes les eaux de nos forages rapprochent de la neutralité sauf le F 10 qui est considéré comme alcalin.

III.2.3. Conductivité électrique

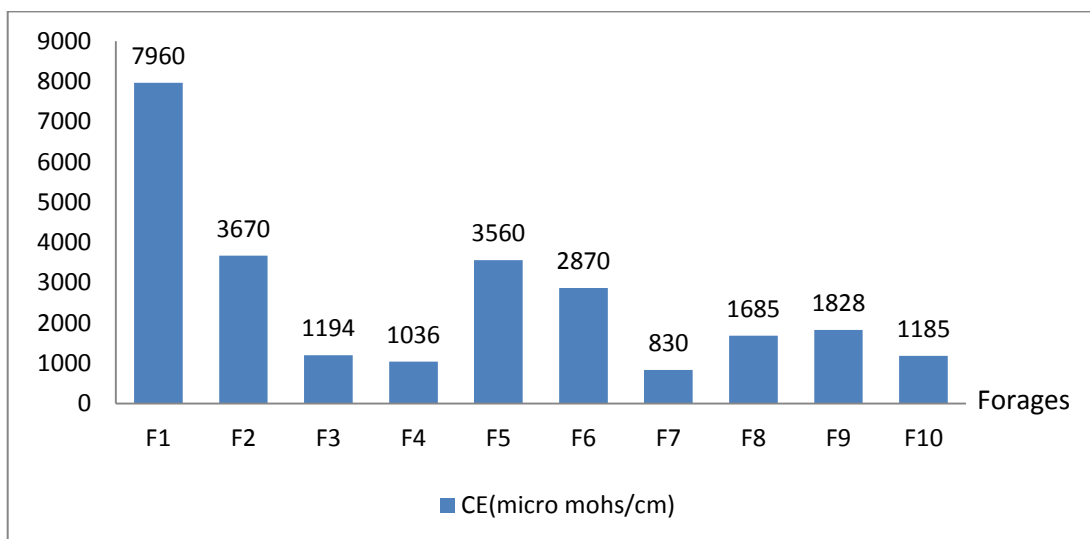


Figure N° 21: Variation de la conductivité électrique des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Les valeurs de la CE (micro mohs /cm) des eaux échantillonnées sont comprises entre 830 et 7960 micros mohs/cm pour forage 7 et forage 1 respectivement.

D'après les travaux de **Lallemand-barfes, 1980** (tableau 01) ; les eaux de nos forage sont classés comme suit :

De salinité forte pour F3, F4, F7, F8, F9 et F10

De très forte salinité pour F1, F2, F5 et F6

Il juge aussi que les eaux d'irrigation de forte salinité (comme c'est le cas de nos eaux analysées (forte et très forte salinité)), ne peuvent être utilisé que pour les plantes très tolérantes au sel, avec l'emploi aussi des techniques d'aménagement particulier et sur les sols perméable bien drainées.

Selon **FAO (2003)**, voici quelque plantes cultivés qui s'adaptent à la salinité de nos eaux :

→ Le forage 1 est adapté avec le coton et l'orge, les forages 2 et 5 accepté avec les plantes suivant : Sorgho, Arachide, Riz, Betteraves, Féтуque ; mais d'autre forage elle adapte avec les plante suivant : Citrus, Pomme, Pêche, Fraise, Raisins, Pomme de terre, Carottes, Poivrons, Oignons, Haricot, Maïs. Selon la directive de qualité pour l'eau d'irrigation (tableau N° 08), F1, F2 et F5 présentent une sévérité élevée du problème de salinité tandis que les eaux des forages restants présentent un léger problème.

III.2.4 . Calcium

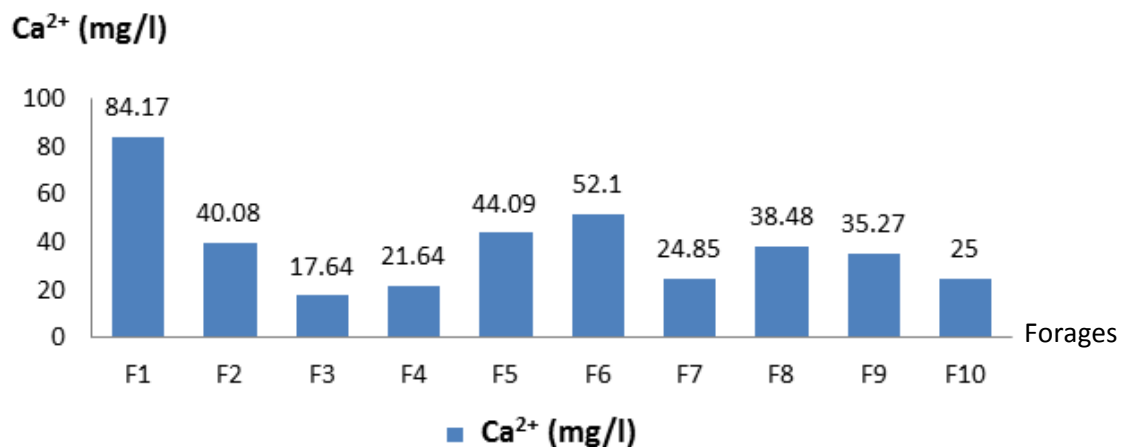


Figure N° 22: Variation de la concentration de calcium des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

L'examen de la figure N°22 montre que les teneurs de calcium varient entre 17.64mg/l au forage 4 et 84.17 mg/l au forage 1.

Selon les normes d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production des plantes (tableau N°6), l'adaptation des cultures à nos eaux analysée est comme suit :

- Pour les forages F3, F4, et F10 pas de culture qui s'adaptent à la leur qualité
- Pour F1, on propose ce qu'on appelle les cultures très sensibles (jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage).
- Pour F2, F5, F8 et F9 on a les cultures très sensibles (jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage) et les cultures sensibles (azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures).
- Pour F1 on peut installer les cultures sensibles (azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures), les cultures moyennement sensibles (cyclamens, bégonias, arbustes en conteneurs, gerberas, frésias, rosiers, plants de légumes) et les cultures peu sensibles (asparagus, chrysanthèmes, oeillets, choux divers, plantes à massifs, cultures de plein champ).
- Pour F6 on a les cultures très sensibles (jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage), les cultures sensibles (azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures), les cultures moyennement sensibles (cyclamens, bégonias, arbustes en conteneurs, gerberas, frésias, rosiers, plants de légumes) et les cultures peu sensibles (asparagus, chrysanthèmes, oeillets, choux divers, plantes à massifs, cultures de plein champ).

III.2.5. Magnésium

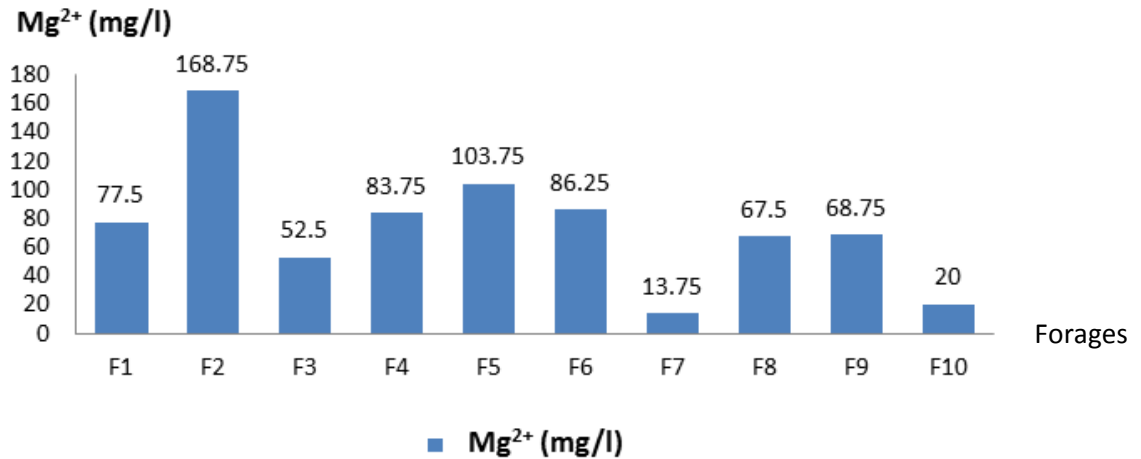


Figure N° 23 : Variation de la concentration de Magnésium des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

En se référant à la figure N°23, La valeur maximale de Magnésium est 168.75mg/l (F2) et la valeur minimale 13.75 mg/l (F7).

D'après le tableau N°6, les cultures qu'on peut installer en fonction des concentrations du Magnésium des eaux de la région d'Ouled Derradje sont :

A l'exception du forage F7 que ces eaux s'adaptent aux cultures très sensibles (jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage), pas de cultures qui s'adaptent aux autres forages (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F8, F9 et F10).

III.2.6. Potassium

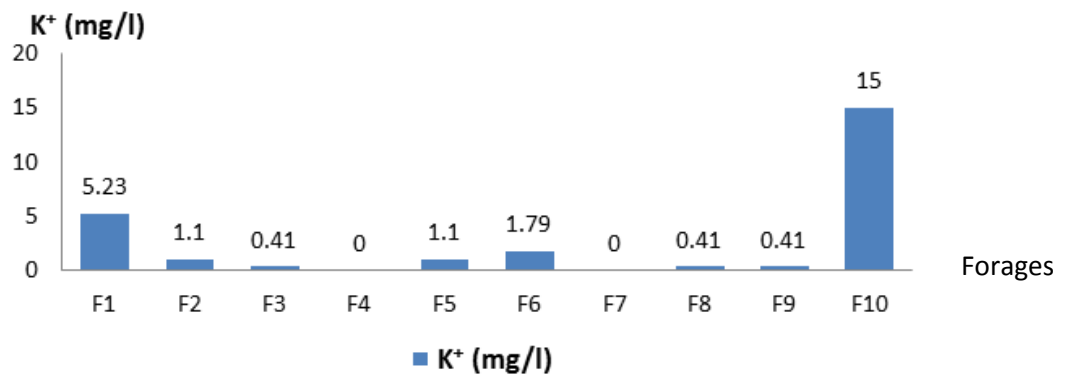


Figure N° 24 : Variation de la concentration de potassium des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Après l'examen de la figure 24 qui indiquent la variation du potassium dans les eaux des forages analysées, on a remarqué que cette concentration varie entre 15 mg/l (forage N°10) et 0 mg/l (forage N°4 et N°7).

Pour F1, F2, F3, F5, F6, F8 et F9 les valeurs sont comprises entre 0.41 et 5.23 mg/l.

Pour l'adaptation des cultures aux concentrations du potassium dans nos eaux analysées selon le guide de fertilisation on a :

- Cultures très sensibles (jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, semis, systèmes de culture en recyclage) pour F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 et F9
- Cultures sensibles (azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures) et les Cultures moyennement sensibles (cyclamens, bégonias, arbustes en conteneurs, gerberas, frésias, rosiers, plants de légumes) pour F10.
- Cultures sensibles (azalées, éricas, cymbidiums, fougères, primevères, boutures), Les Cultures moyennement sensibles (cyclamens, bégonias, arbustes en conteneurs, gerberas, frésias, rosiers, plants de légumes) et Cultures peu sensibles (asparagus, chrysanthèmes, oeilletons, choux divers, plantes à massifs, cultures de plein champ) pour F1.

D'après les travaux Peterson 1999. in **Couture, 2004**, on peut planter des cultures annuelles dans les sites des forages F2, F5 et F6

III.2.7. Sodium

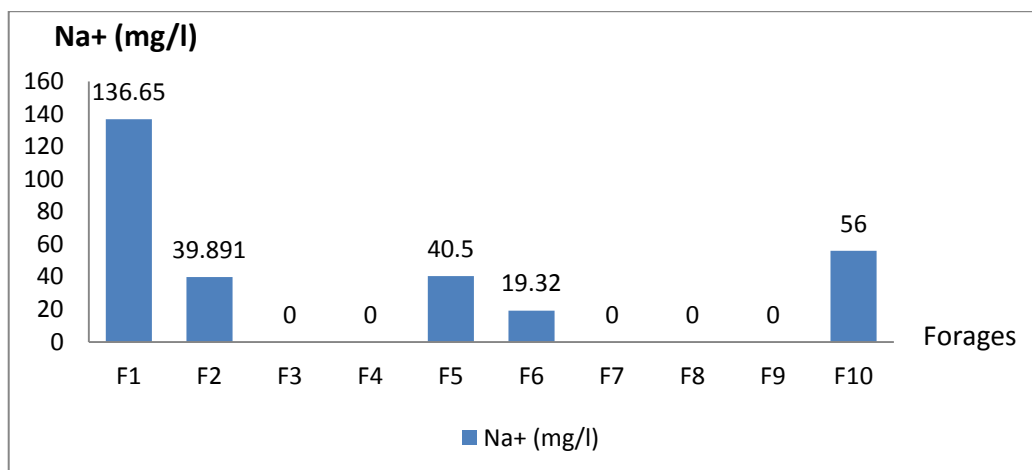


Figure N° 25 : Variation de la concentration de sodium des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

La figure N°25 présente la variation de la teneur de sodium dans nos eaux au niveau des dix forages analysé où:

La teneur maximale est enregistrée au forage 1 (136.65 mg/l) et la teneur minimale (0mg/l) dans les forages 3, 4, 8; les forages 7 et 9 s'approchent de 0, tandis que les autres forages présentent des valeurs inférieures à 60mg/l.

Selon **Kessira, 2005**, tous les forages ne forment pas de problème de toxicité vis-à-vis du sodium sauf le forage F 1qui forme un léger problème à modérée .

L'eau de forage 1 est adaptée pour asparagus, chrysanthèmes, œillets, choux divers Les forages restent adaptés pour les jeunes plants de fougères, de broméliacées et d'orchidées, et pour les plants annuels elle adapter avec tous les forages sauf 1 et 10.

III.2.8 Bicarbonate

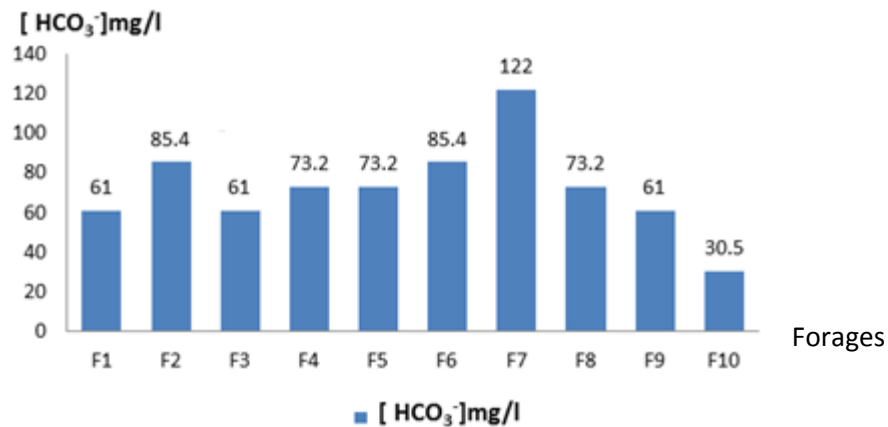


Figure N°26: Variation de la concentration du bicarbonate des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Les valeurs de la concentration du bicarbonate des eaux échantillonnées sont comprises entre 122 et 30.5 mg/l pour forage 7 et forage 10 respectivement (voir figure N° 27).

Selon la donnée fournie par **l'FAO (2003)**, à l'exception du forage F7 que ces eaux forment un léger problème, le reste des forages ne présentent aucun problème.

III.2.9. Chlorure

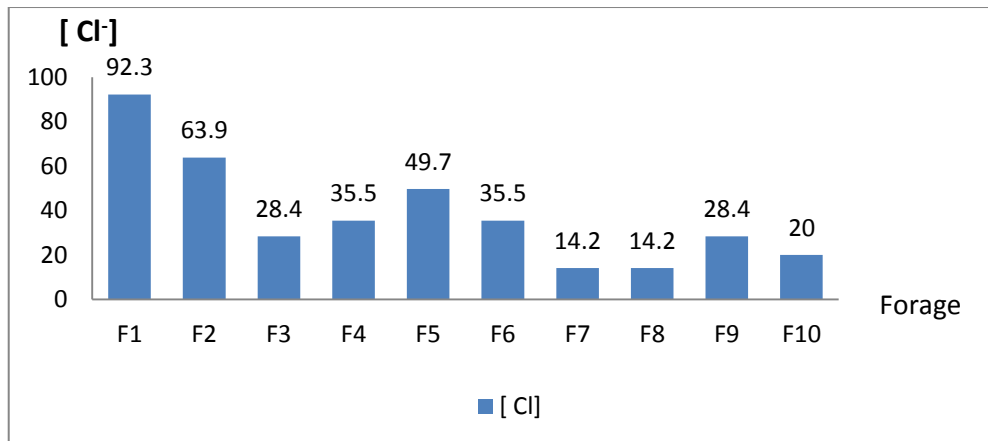


Figure N° 27 : variation de la concentration du chlorure des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

La figure présentée représente les différentes valeurs des chlorures enregistrées dans les eaux d'irrigation des forages analysés ; il s'agit de :

valeur maximale au niveau de F1 (92.3mg/l) et valeur minimale au niveau de F7 et F8 (14.2mg/l).

Les eaux de tous les forages ne provoquent pas de risque de toxicité vis-à-vis des chlorures (FAO, 2003).

III.2.10. Sulfate

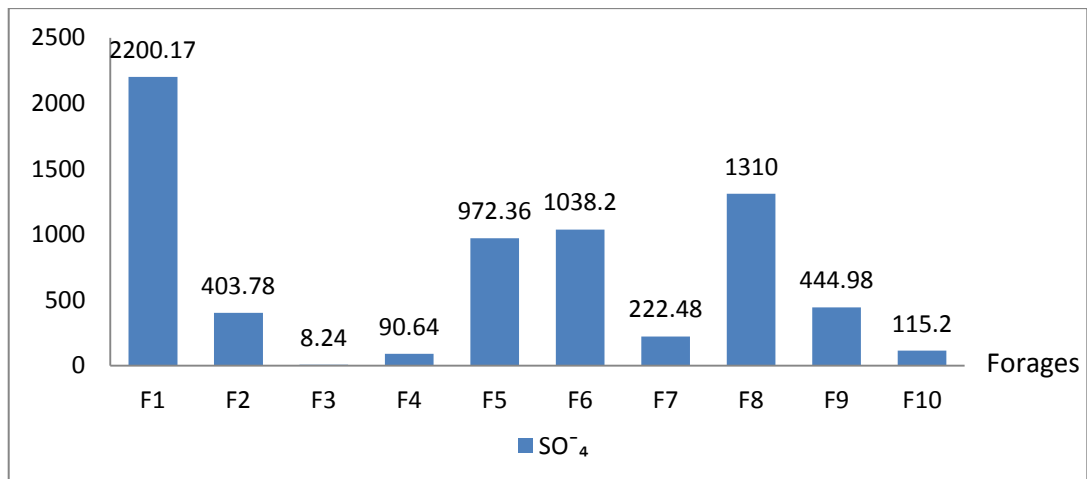


Figure N° 28 : variation de la concentration du sulfate des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

D'après les résultats des échantillons analysés (figure 28), les teneurs des sulfates varient entre 2200.17mg/l (forage 1) et 8.24 mg/l (forage 3).

III.2.11. Nitrate

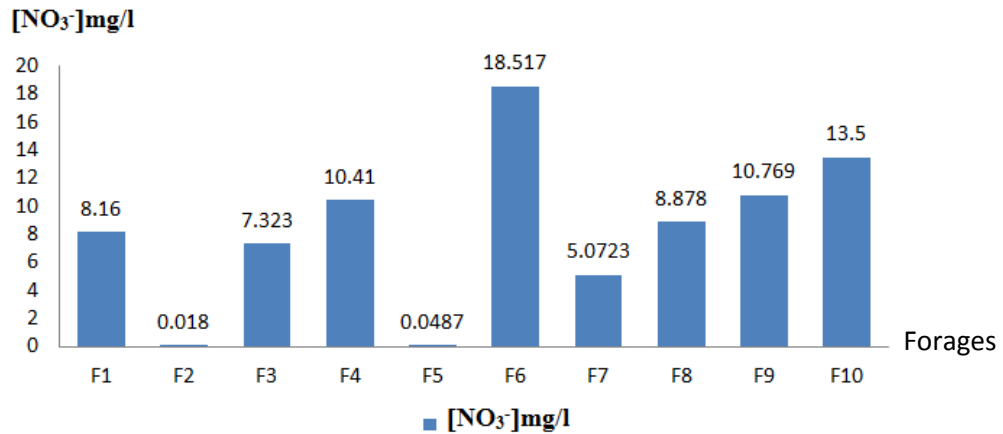


Figure N° 29 : Variation de la concentration de nitrate des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

D'après la figure 29, on remarque que les valeurs de nitrate se situent entre 18.517 mg/l au niveau du forage 10 et 0.008 mg/l au niveau du forage 5.

III.2.12. Nitrite

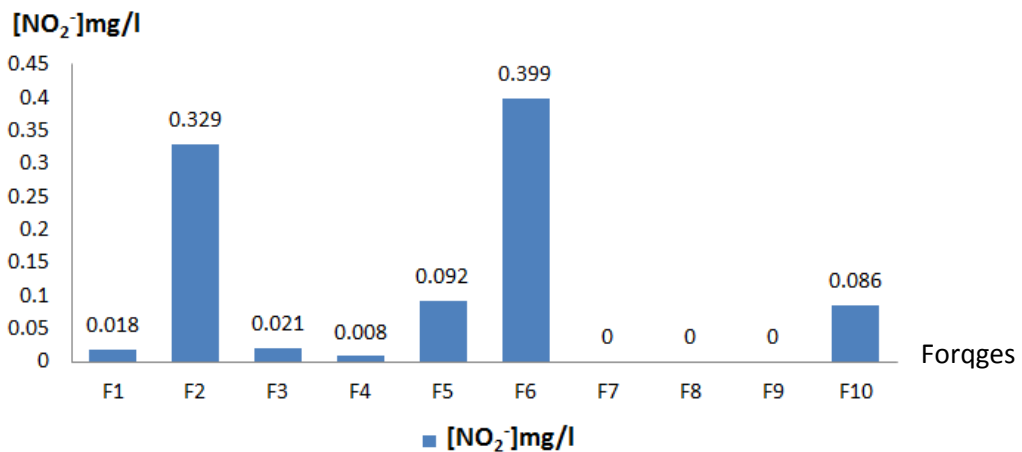


Figure N° 30 : variation de la concentration de nitrite des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, les teneurs en nitrite dans les eaux de nos forages varie de 0 (F7, F8, F9) et 0.399 (F6).

III.2.13. Alcalinité

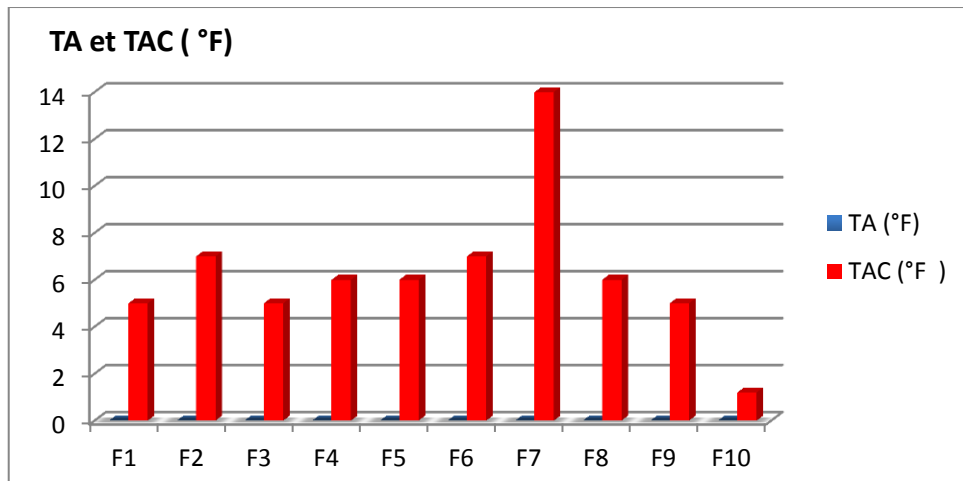


Figure N° 31: variation de la des titre alcalinité et alcalinité complète des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Les résultats d'analyses physico chimiques des eaux (figure N°31) montrent que le titre alcalimétrique (TA) est nul. Ce qui traduit l'absence d'ions CO_3^{2-} dans les eaux des forages.

Les valeurs de titre alcalimétrique complet (TAC) sont comprises entre 1.2°F (forage 10) et 14°F (forage 7).

III.2.14. La dureté totale

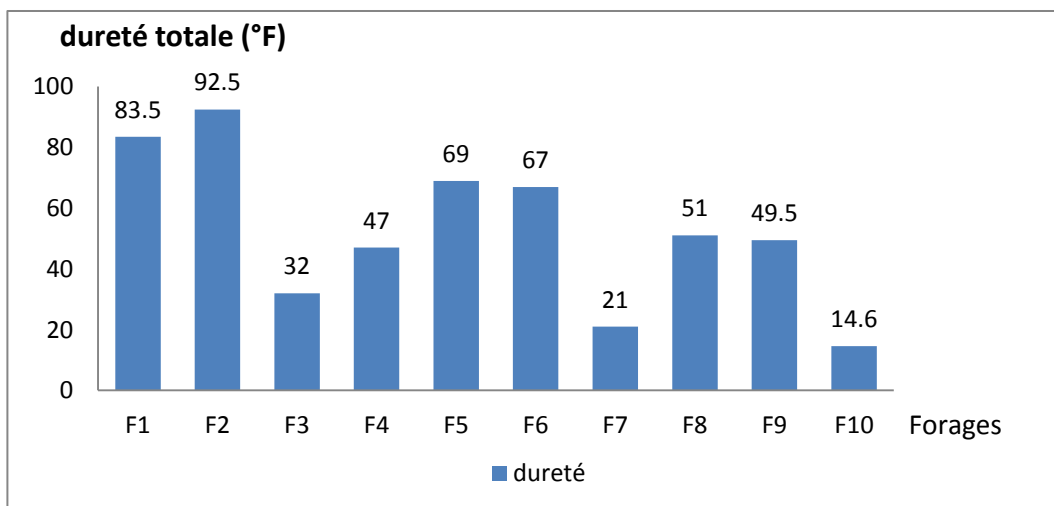


Figure N°32 : variation de la dureté totale des eaux de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Cette figure représente les différentes valeurs de la dureté totale de nos eaux d'irrigation où:

La valeur maximale en enregistré au niveau du F2 (92.5 °F) et la valeur minimale 14.6 °F dans le F10.

Selon **Hadfi, 2012** (tableau N°4), les eaux des forages 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 9 sont d'une qualité très dure tandis que ceux des forages 7 et 10 sont d'une qualité moyennement dure.

III.2.15. SAR des eaux des forages analysé

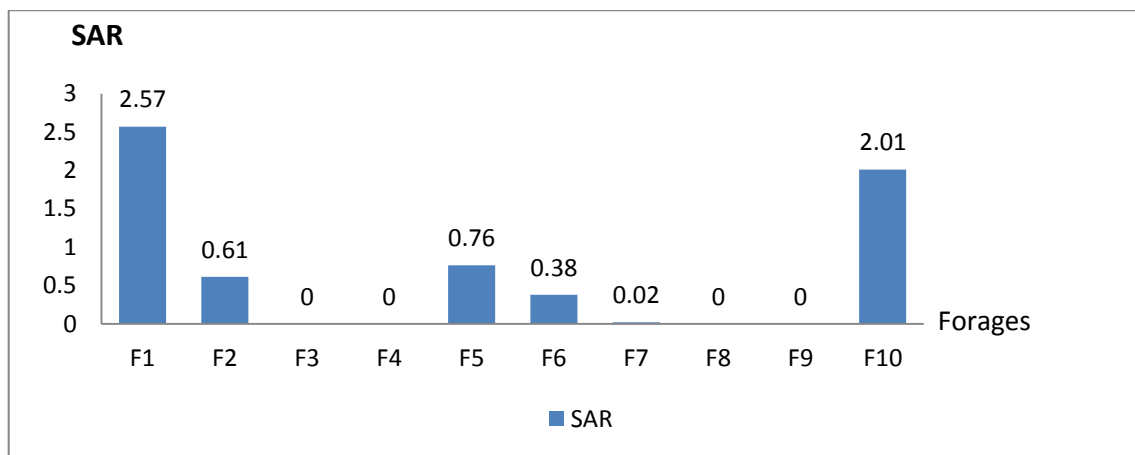


Figure N°33 : Variation du SAR des eaux des forages de la région d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

D'après d'analyse de la figure 33 on observe que tous les eaux des forages présentent des valeurs de SAR inférieur 3 et CE supérieur 0.7 dS/m donc aucune sévérité du problème et ce selon le tableau N° 08.

III.2.16. Résidu sec

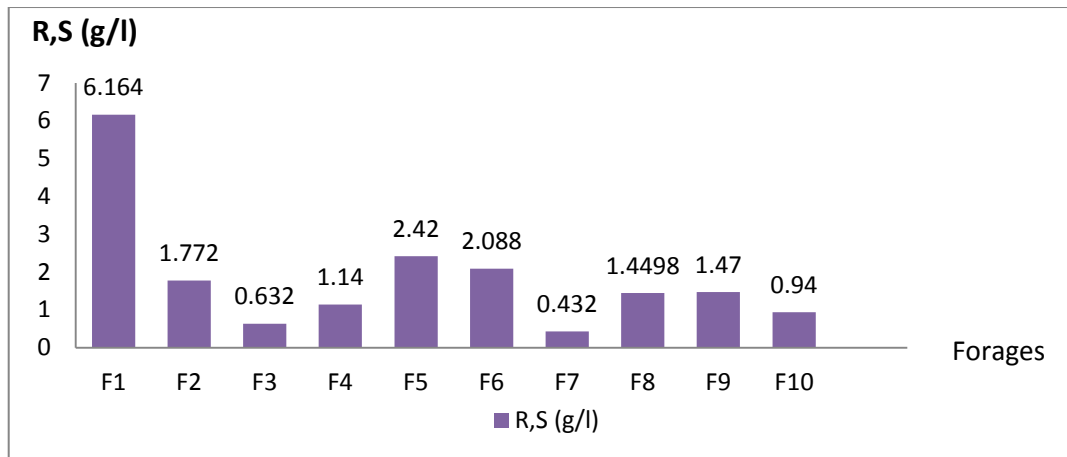


Figure N° 34 : Variation de la concentration de résidu sec des eaux de la d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

La figure N°34 représenté les différentes valeurs du résidu sec enregistrée dans nos eaux analysée où:

La valeur maximale est égale à 6.164g/l (forage 1) et celle minimale de 0.432 g/l qui correspond au forage 7.

Selon **BEN AMOR, 1992 in Hadfi, 2012**, la qualité de nos eaux en fonction de la teneur du résidu sec est classée comme suit:

- Bonne qualité pour les forages 3, 4, 7, 8, 9 et 10 ;
- Moyennement qualité par apport les forages 2, 5 et 6 .
- Qualité saumâtre pour le forage 1.

III.2.17. Matière en suspension

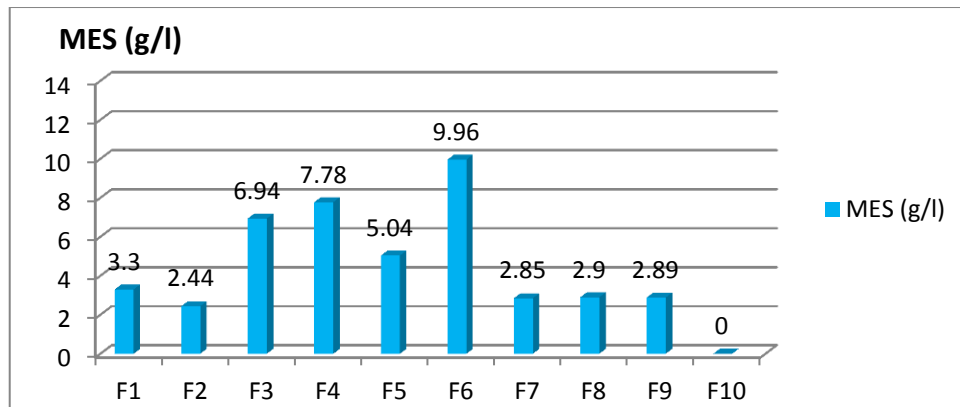


Figure N° 35 : Variation des teneurs des matières en suspension en eaux de la d'Ouled Derradje (Avril et Mai 2018)

Les teneurs des matières en suspension son comprise entre 0 au niveau F10 et 6.96 au niveau F6.

III.3. Classification des eaux d'irrigation

Pour interpréter les résultats d'analyses, nous avons utilisé le Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon, (Figure N°35), qui nous permet de classer les eaux en faciès chimique et en classe d'eau potable et d'irrigation, et de construire en particulier les diagrammes de Piper, de Schoeller-Berkaloff, wilcox et de Riverside.

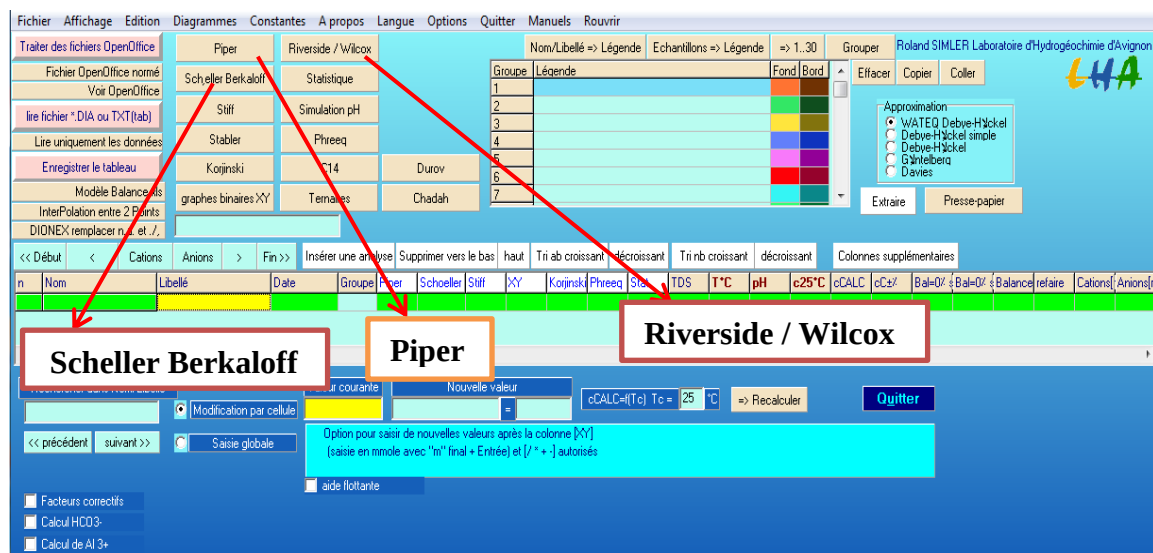


Figure N°36: Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie

III.3.1. Classification des eaux d'irrigation à l'aide Diagramme de PIPER des eaux des forages analysée

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément.

Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

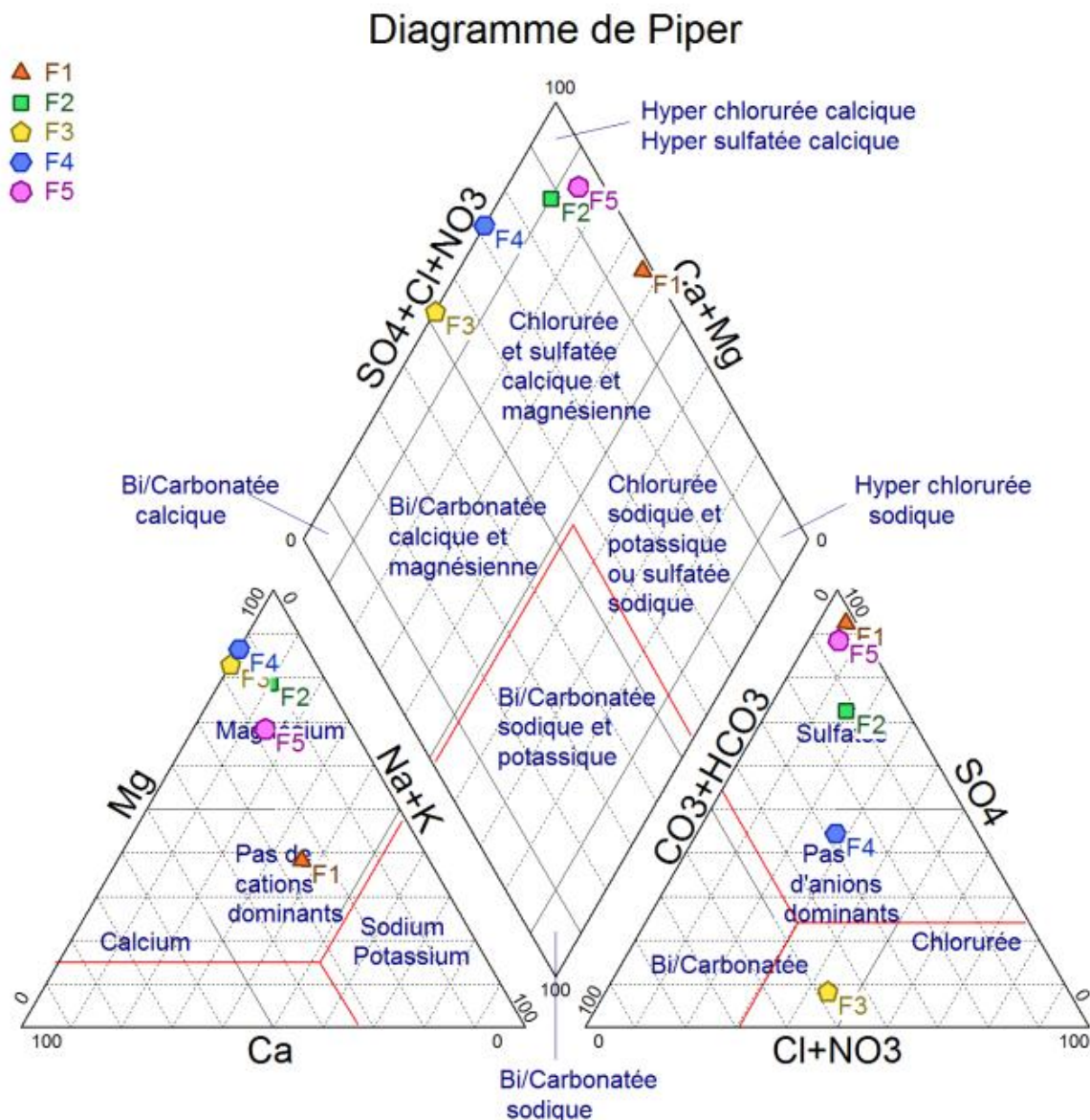


Figure N°37: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4 et 5 selon méthode de piper (Avril et Mai 2018)

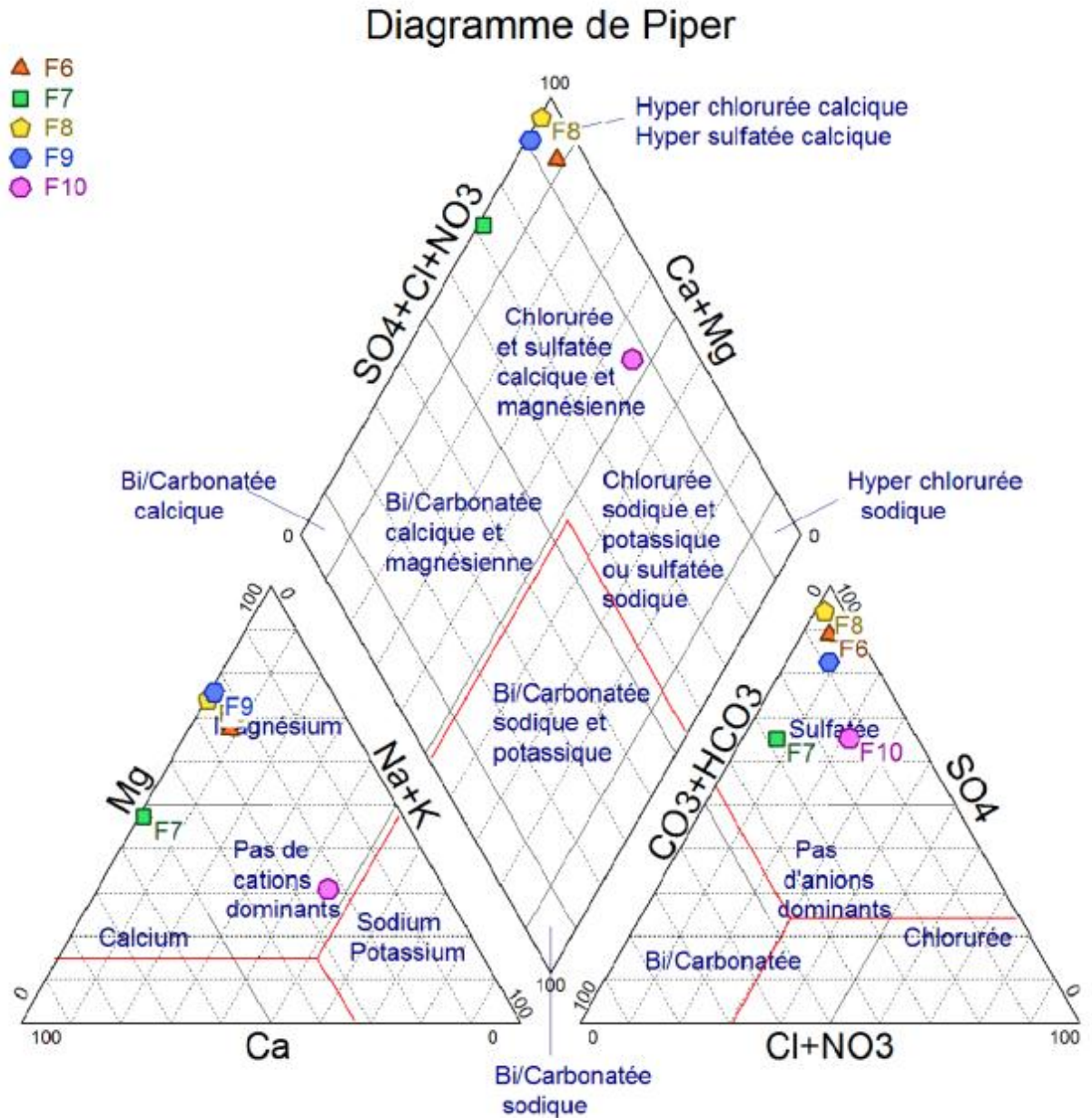


Figure N°38: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9 et 10 selon méthode de piper (Avril et Mai 2018)

L'examen Les deux figures (N° 37 et 38) nous donne les faciès chimique suivants:

- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne pour F1, F4, F7;
- Hyper sulfatée chlorurée calcique hyper sulfatée calcique pour F6, F8, F9;
- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne voisine à Hyper sulfatée chlorurée calcique hyper sulfatée calcique pour F2 et F5;
- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne voisine à bi/carbonate calcique et magnésienne F3;
- Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne voisine chlorurée sodique et potassique pour F10.

III.3.2. Classification des eaux souterraines de la région d'ouled Derradje selon Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée.

La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique.

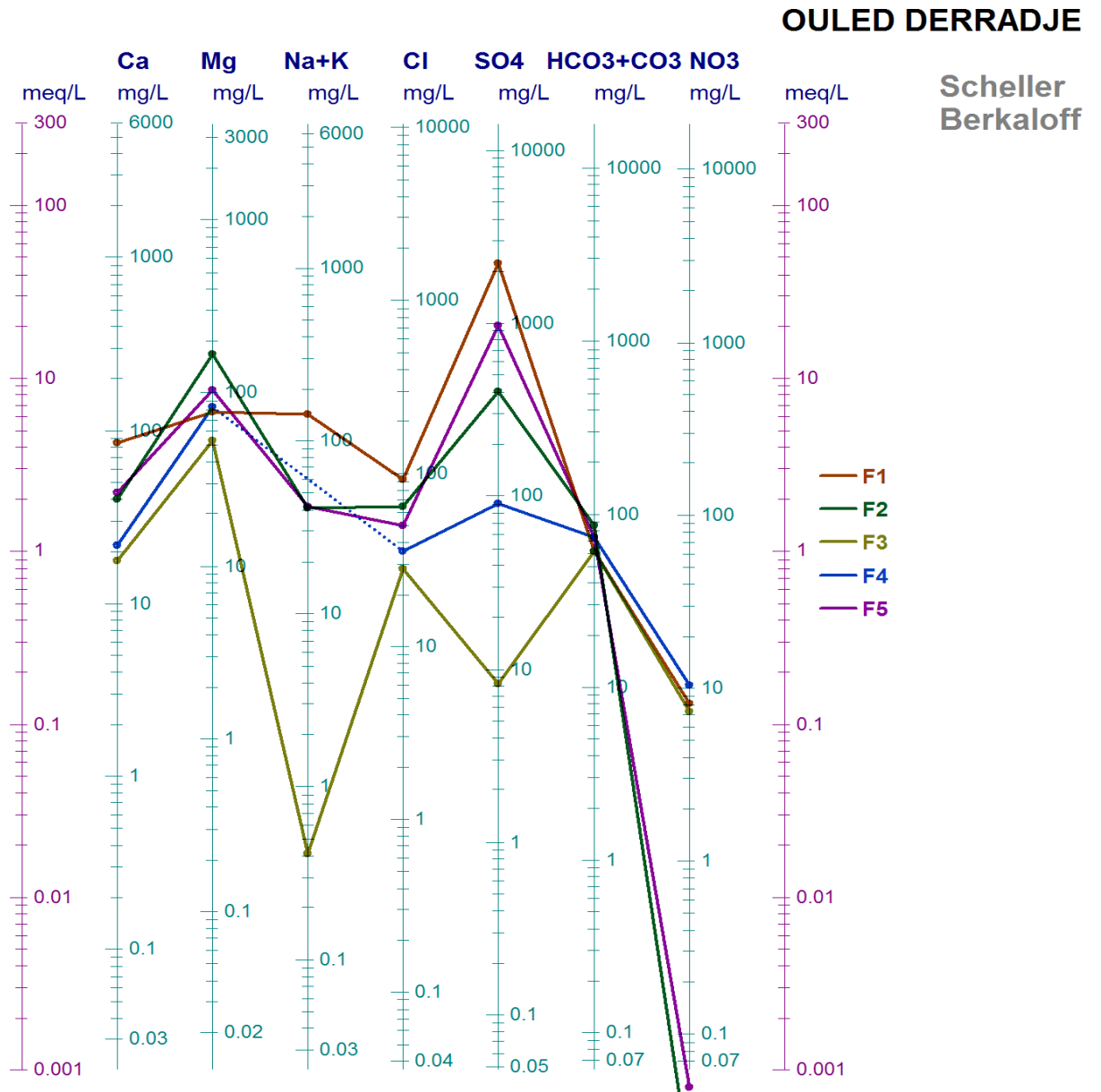


Figure N° 39: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4 et 5 selon Schoeller-Berkaloff de la région d'étude (Avril et Mai 2018)

OULED DERRDJE

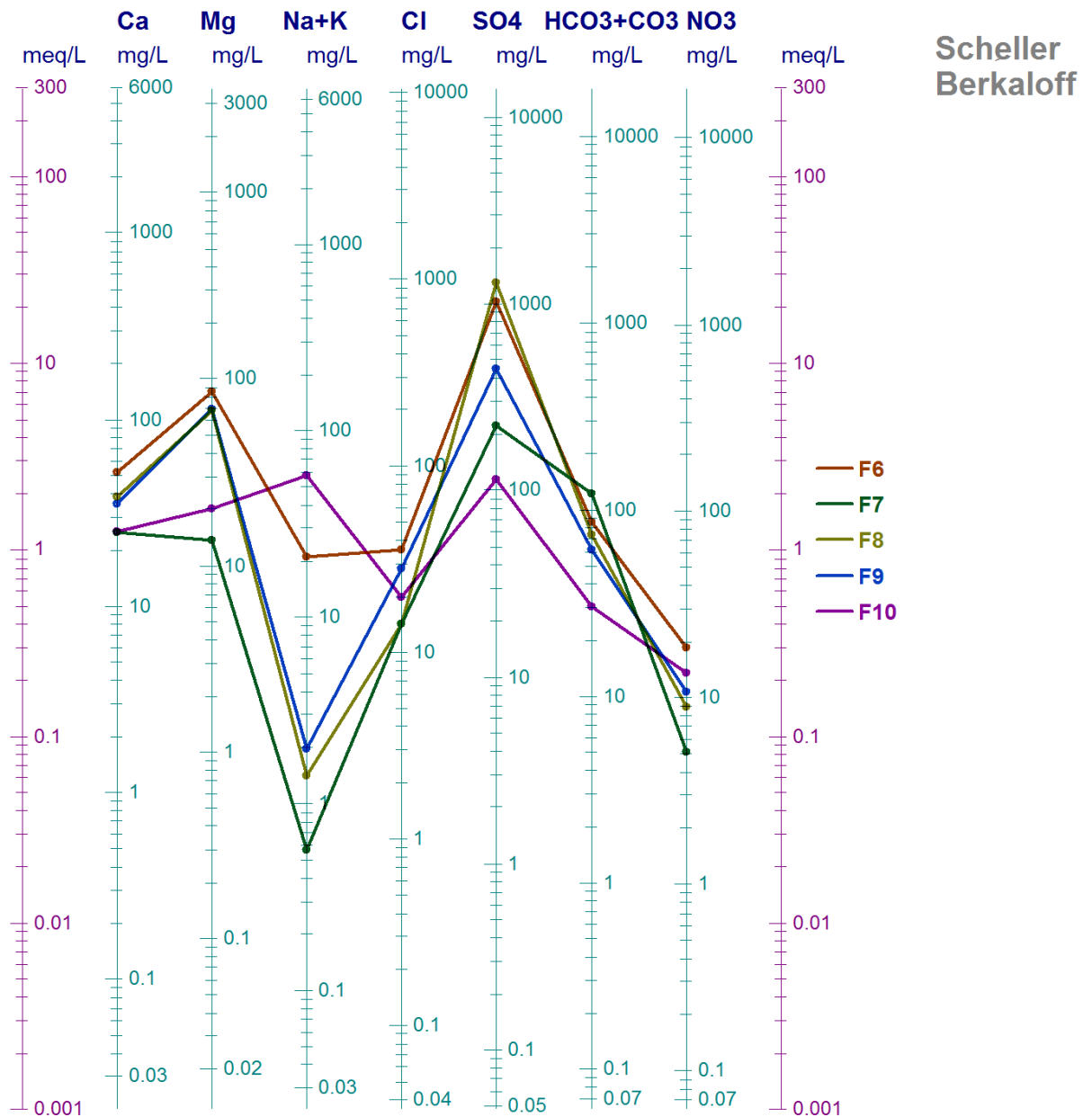


Figure N°40: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9 et 10 selon Schoeller-Berkaloff de la région d'étude (Avril et Mai 2018)

L'examen des figures N° 39 et 40 montres que selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff, les eaux souterraines de notre zone d'étude ont acquis plusieurs faciès chimiques (voir tableau N°18)

Tableau N°16: Les faciès chimiques des eaux souterraines de la zone d'étude en pourcentage

Les faciès chimique	Les forages	Le pourcentage
Sulfatée sodique	F1, F10	20%
Sulfatée magnésienne	F2, F4, F5, F6, F8, F9	60%
Sulfatée calcique	F7	10%
Bicarbonatée magnésienne	F3	10%

III.3.3. Classification des eaux d'irrigation des forages de la zone d'étude selon Riverside

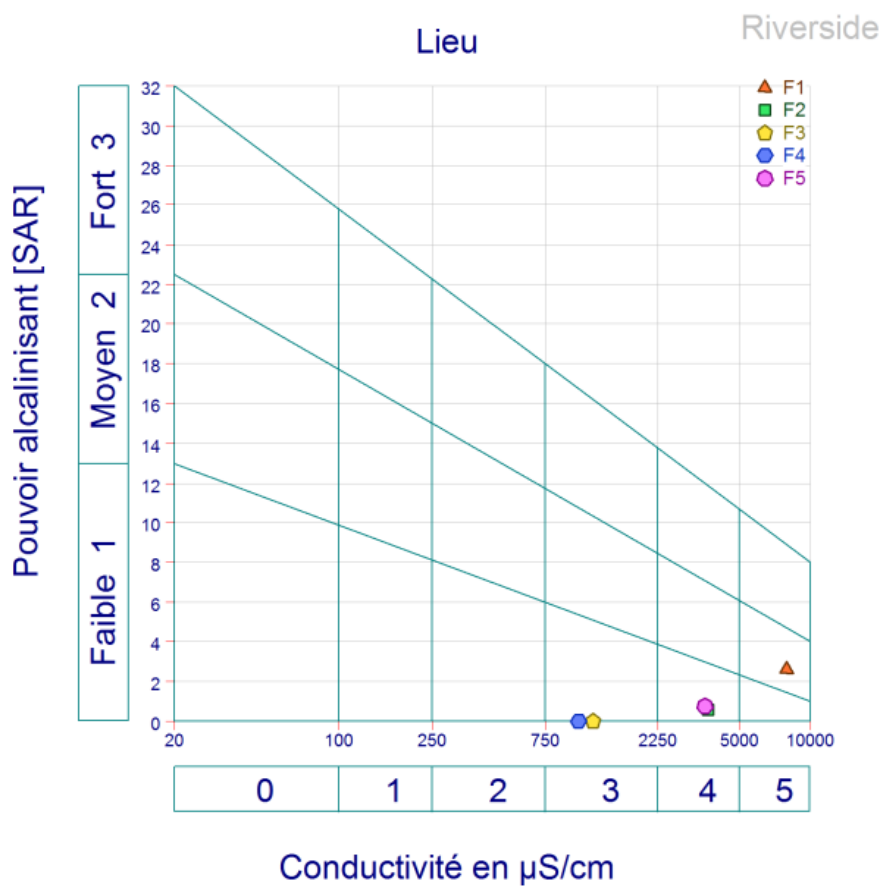


Figure N°41: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4 et 5 selon Riverside (Avril et Mai 2018)

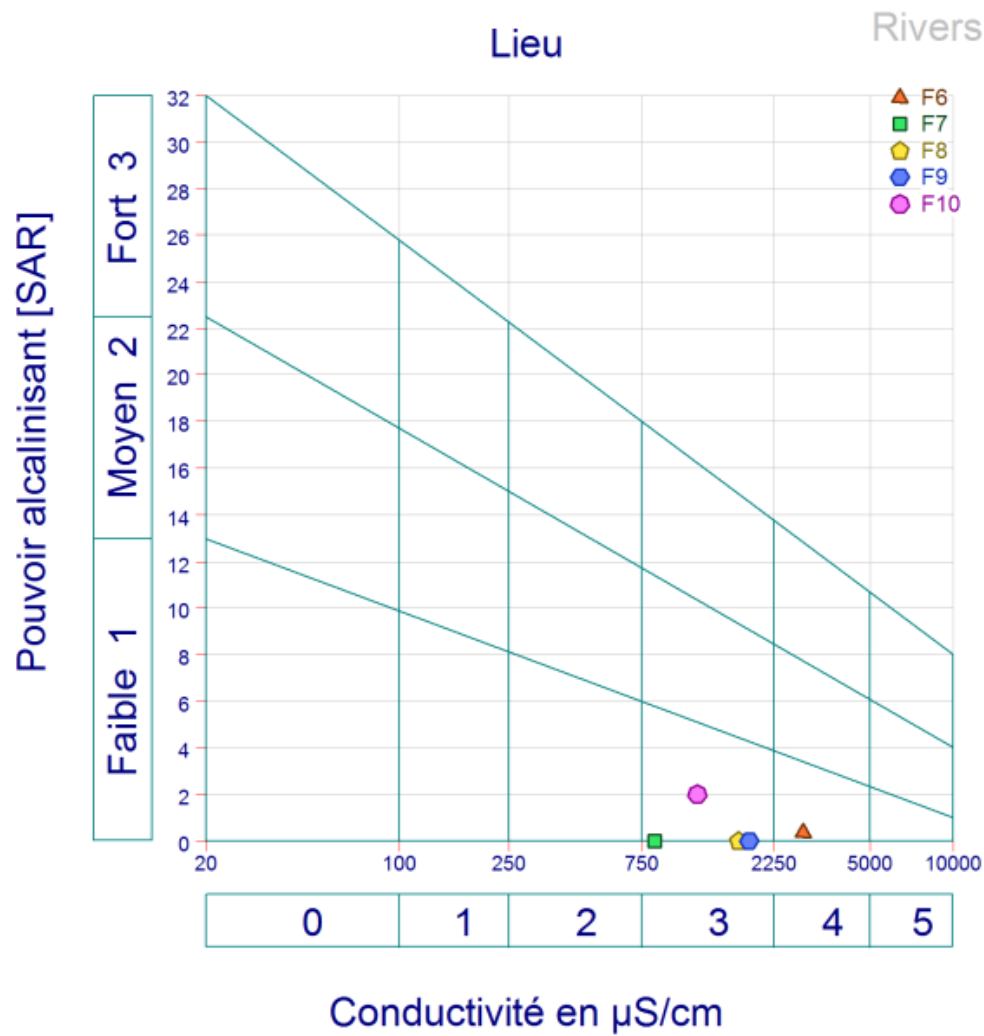


Figure N°42: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9 et 10 selon Riverside (Avril et Mai 2018)

Selon Riverside (figures 41 et 42), on a remarqué un risque alcalin faible contre un risque salin élevé pour la totalité des échantillons des eaux analysés et classer nos eaux d'irrigation en trois classes (voir le tableau 17)

Tableau N°17 : Déférentes classes des eaux d'irrigation de la région d'étude selon le diagramme Riverside

Les forages	Pourcentage	Qualité	Interprétation	Les calasses
F3, F4, F7, F8, F9, F10	60%	Moyenne à médiocre	A utilisé avec précaution .nécessite de drainage avec dose de lessivage et / ou apport de gypse	C3S1
F2, F5, F6	30%	Médiocre à Mauvaise	Exclure les plantes sensibles et le sol lourd. Utilisation avec beaucoup de précaution dans les sols légers, bien drainés avec dose de lessivage et/ou apports des gypses.	C4S1
F1	10%	Très Déconseillé pour l'irrigation	/	C5S2

III.3.4. Classification des eaux d'irrigation selon wilcox

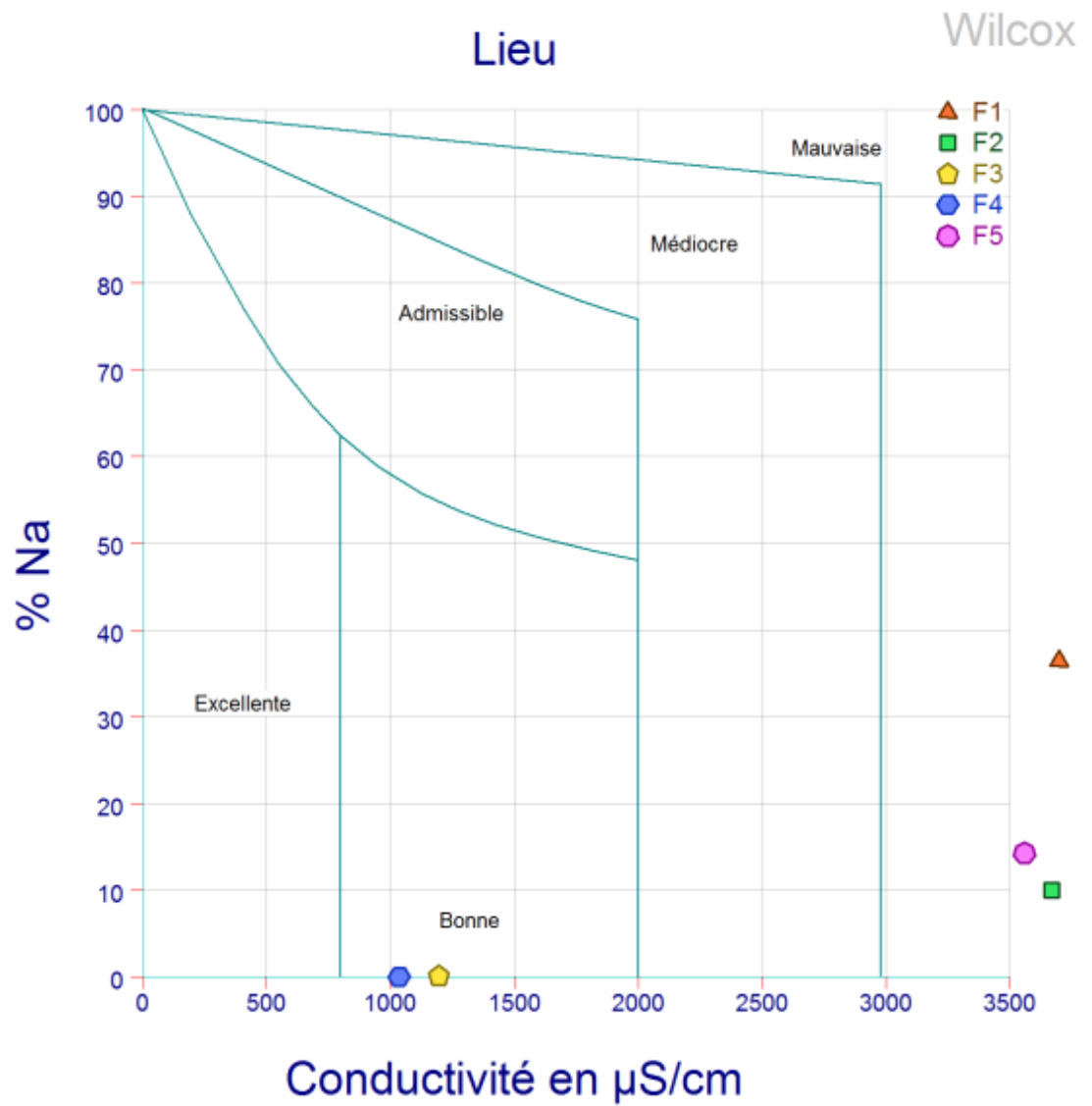


Figure N°43: Classification des eaux d'irrigation des forages 1, 2, 3, 4 et 5 selon Wilcox (Avril et Mai 2018)

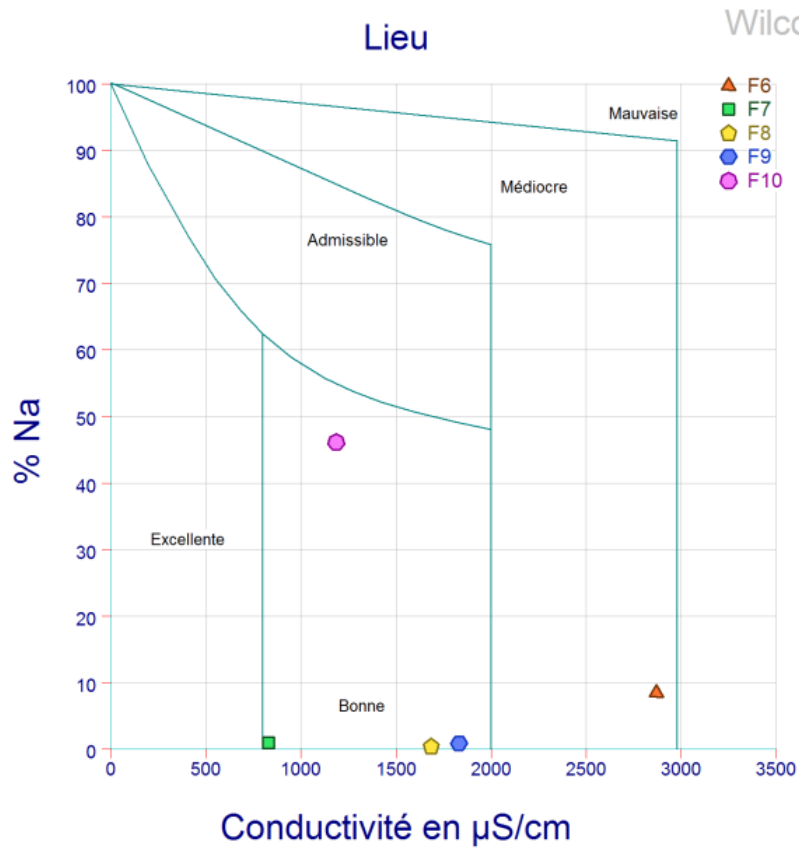


Figure N°44: Classification des eaux d'irrigation des forages 6, 7, 8, 9 et 10 selon Wilcox (Avril et Mai 2018)

En se référant au diagramme de wilcox (figure N° 42 et 43), on peut classer nos eaux analysées en :

- Bonne qualité par rapport des forages 3, 4, 7, 8, 9, 10
- Mauvaise qualité d'autre forage (1, 2, 5)
- Médiocre (forage 6)

En fin, à travers les résultats obtenus dans ce chapitre on peut tirer les caractères suivant:

Pour la Température : 70% des échantillons de la température approche à 25°C (température optimale pour les cultures).

Pour le pH: 90% des forages approchent la neutralité et 10% alcalinité.

CE: 70% des forages d'une salinité forte et 30% très forte de salinité.

80% dès les échantillons des eaux analysée eau très dure et 20% moyennement dure.

A partir les valeurs des SAR pour Tous les eaux des forages qui ne montrent aucun problème d'alcalinisation.

Selon le diagramme de piper on remarque :

70% Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne et 30% Hyper sulfatée chlorurée calcique hyper sulfatée calcique.

Les faciès chimique des eaux notre région, selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff de est 60% Sulfatée magnésienne, 20% Sulfatée sodique, 10% Sulfatée calcique et Bicarbonatée magnésienne.

Les classes des eaux d'irrigation selon Riverside: C3S1(60%), C4S1(30%) et C5S2 (10%).

Les classes des eaux d'irrigation selon Wilcox : 60%des forages de bonne qualité ,30%mauvaise qualité et 10% de qualité médiocre.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été mené dans la zone d'Oueld Derradje dans le but de contribuer à la connaissance des principales propriétés physico-chimiques des eaux destinées à l'irrigation pour un bon développements de l'agriculture dans cette région.

Les principaux résultats que nous avons obtenus peuvent se résumer comme suit :

Pour la caractérisation des eaux d'irrigation que nous avons analysée, on a trouvé que:

90% des forages ont un caractère neutre et 10% alcalin, 70% des forages ont une conductivité électrique indiquant une salinité forte et 30% très forte.

la majorité des échantillons des eaux analysées sont très dure, toutes nos eaux ne montrent aucun problème d'alcalinisation.

Selon le diagramme de piper on remarque que 70% sont Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne et 30% Hyper sulfatée chlorurée cacique hyper sulfatée calcique.

Selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff nos eaux sont :

60% Sulfatée magnésienne;

20% Sulfatée sodique;

10% Sulfatée calcique et Bicarbonatée magnésienne.

60% de nos eaux analysées appartiennent à C3S1, 30% à C4S1 et 10% à C5S2.

60% de nos eaux sont de bonne qualité, 30% de mauvaise qualité et 10% de qualité médiocre.

Pour les zones dont l'eau présente une salinité excessive on propose le contrôle des doses d'irrigation toute en prenant en considération les saisons.

Avec installation des réseaux de drainage pour l'évacuation des sels en dehors des parcelles.

Sans oublier le choix des cultures qui tolèrent la salinité.

Références bibliographique

Références Bibliographiques

1. ABBAD. A, 2013- Caractérisation physico-chimiques et microbiologiques des eaux brutes et distribuées du Barrage de Sidi M'Hamed Benaouda Wilaya de Relizane; Ingénieur; Université de Mostaganem ; 87p.
2. ABDELHAMID. K, 2016 - Caractérisation des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère de Tadjnant –Chelghoum Laid et impact de la pollution des eaux de surface sur les eaux souterraines. Doctorat en sciences. Université de BATNA 2 ; 160p.
3. A E S N, S.d - L'eau et l'agriculture ; chapitre 2 ; 65-69pp.
4. A N S, 1992 - Qualité de l'eau d'irrigation 12p.
5. A S M, 2015- wilaya de M'sila par les chiffres année 2014; 130p.
6. AYAD.W, 2017- Evaluation de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux souterraine : cas des puits de la région D'el-Harrouch Wilaya de Skikd; Doctorat; Université Annaba;116p.
7. AYERS R.S ET WESTCOT D.W. 1976 - la qualité de l'eau en agriculture ; bulletin FAO d'irrigation et de drainage 29 ; p.
8. BOUDJDJA .A, MESSAHL .M, 2003 - ressource hydrique en Algérie du nord, revus des sciences de l'eau ; 285-304p.
9. BEKKOUCHE. S, 2016- qualite et cartes d'etat facies des eaux souterraines de la région de Bordj Omar Idriss wilaya d'illizi ; Master; Université d'Ouargla ; 48p.
10. BENZARIA.M, 2008 - approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation ; université du Québec à Montréal ; 85p.
11. BEN YAZZA. A, 2014 - Evaluation des facies hydro-Chimique des eaux souterraines de la région d'in-Salah (Wilaya de Tamanrasset); master; université d' Ouargla, 65p.
12. Brouwer .C, 1990 - gestion des eaux en irrigation Manuel de formation ; n° 5 Méthodes d'irrigation ; 55p.
13. CARDOT.C et GILLES.A, 2013 - analyse des eaux : réglementation, analyses volumétriques et spectrophotométrie statistiques cours et exercices corrigés ; paris.
14. COUTURE. I, 2004 - analyse d'eau pour fin d'irrigation, 8p.
15. COUTURE I, 2006 - colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement : principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation; 12 p.

16. CREPA, 2007 - contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques; 43p.
17. EL OUMLOUKI .K, MOUSSADEK. R, ZOUAHRI. A., DAKAK .H, CHATI. M et EL AMRANI.M, 2014 - Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa : cas de périmètre Issen , Maroc ; 2365-2374pp.
18. FAO, 2003- l'irrigation avec des eaux usées traitées: manuel d'utilisation ; 68p.
19. F.N.S, 2013 - manuel pratique d'analyse de l'eau ; Ed : 4 ; Brasilia ; 146p.
20. GOMELLA .C et GUERREE .H, 1974 - la distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales ; Ed : 2 ; paris.
21. GOUAIDIA. L, 2008 - influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi -aride : La Nappe De Meskiana Nord-Est Algerien ; Doctora ; Université Annaba ; 131p.
22. Guide de la Fertilisation, 2005 ; Guide de la qualité de l'eau ; 35-43p.
23. HADFI .A, 2012- Evaluation du pouvoir entartrant des eaux du secteur agricole du grand Agadir et mise en évidence de l'effet inhibiteur des quelques engrais phosphatés; Doctorat; université Agadir; 141p.
24. HADBAOUI .I, 2013 - Les parcours steppiques dans la région de M'Sila : quelle gestion pour quel devenir; Magistère ; Université d'Ouargla ; 139 p.
25. HERIARIVONY S, RAZANAMPARANY ET RAKOTOMALALA. J, 2015 - Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (Puits) de La Commune Rurale D'antanifotsy, région Vakinankaratra, Madagascar, *Larhyss Journal*, n°24, 7-17pp.
26. KESSIRA, 2005 Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles, 203-216p.
27. KESSIRA. M, 2013- conseils pratiques pour l'investissement en irrigation : conception d'un projet d'irrigation ; 17p.
28. LALLEMAND-BARFES, 1980- aménagement des sols salins : irrigation avec des eaux salines ; 34p.
29. MAHAMAT .S, MAOUDOMBAYE .T, ABDELSALAM .T, NDOUMTAMIA .G, ET LOUKHMAN. B, 2015 - Évaluation de la qualité physico-chimique des

eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad p.

30. Maman. N, 2017- Evaluation in situ et en conditions contrôlées de la phyto désalinisation des vertisols irrigués: Cas d'étude du périmètre rizicole de Kollo (Niger) dans la vallée du fleuve Niger., Docteur; université ABDOU MOUMOUNI de Niamey (Niger); 236p.
31. Mouhouche1 .B, Guemraoui. M, 2004- Réhabilitation des grands périmètres d'irrigation en Algérie ; Actes du Séminaire "Modernisation de l'Agriculture Irriguée ; Rabat, Maroc. IAV Hassan II, *cirad*. Fr ; 13 p.
32. Nouayti .N, Khattach. D, Hilali .M, 2015- Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) ; 1068 -1081p.
33. P N U D, 2009- Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie 19p.
34. RODIER .J, LEGUBE. B, MERLET. N ET COLL, 2009- L'Analyse de l'eau ; Ed:9 DUNOD; paris;1526p.
35. RIEUL. L RUELE .P, 2003 - irrigation -guide pratique ; Ed : 3 cemagref ; paris, france ,344p.
36. ZEADAM .A, 2015- étude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna (inventaire –préservation); Doctorat ; université de Sétif1 ; 138p.
37. Tounissou, s d-L'eau et ses problématiques.,50p.

Les sites numériques :

1. <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.htm> 20-12-2017).
2. <https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/qualite/irrigation/qualite-eau-irrigation.htm#ixzz51mnt4eLu> .2018.
3. <http://blog.jangolo.cm/2017/01/13/des-techniques-innnoventes-dirrigation-des-sols-cultivables/21/3/2018>).
4. <http://pravarini.free.fr/EauxNat3.htm>,

Annexe

Annexe N°1

Tableau : Caractérisation des forages de prélèvement

Source d'eau	Nom du Site de forage	Positon géographique	Altitude (m)	Profondeur (m)	Type de la culture	Système d'irrigation
F1	DAILME (SELMANE)	N35°42'00.55'' E4°47'46.7''	571	Inconnu	Abricote, olive, ail, fève.	surface
F2	DAILME (SELMANE)	N35°42'14.7'' E4°47'27.9''	533	150	Ail, oignon, fève.	surface
F3	ELKHBELE (SAOUMMA)	N35°36'45'' E4°42'14.1''	427	220	Blé ail, orge.	surface
F4	ELKHBELE (SAOUMMA)	N35°36'48.1'' E4°42'11.4''	436	170	Blé ail, orge.	surface
F5	OULED BRAHIME (O.A.G)	N35°33'17.1'' E4°53'27.8''	532	200	Olive	surface
F6	ELAOUBI (O.A.G)	N35°39'44.1'' E 4°52'40.8''	542	175	Olive	surface
F7	TELBA (O.A.G)	N35° 47' 04.6'' E4° 55' 01.1''	1036	50	Abricote, Ail, Blé oignon,	surface
F8	M'TERFAT	N35° 40' 18.1'' E4° 39' 10.6''	445	Inconnu	Abricote, Ail, fève, oignon.	tous les systèmes d'irrigation
F9	M'TERFAT	N35°40' 22.4 '' E4° 39' 09.6''	445	inconnu	Abricote, Ail, fève, oignon.	tous les systèmes d'irrigation
F10	d'Elghil (Maàdid)	N35° 48' 18.9" et E004° 49' 30.4''	883	inconnu	inconnu	Inconnu

Annexe N°2

Tableau : Moyenne mensuelle des températures maximales en °C (1988-2016) de la région de M'Sila

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
1988-1989	41,6	33	26,4	19,7	16,9	23,5	26,6	27,2	37,9	36,8	41,6	42,5
1989-1990	39,4	28	25,8	22,1	16,6	25,4	25,8	25,9	34,7	40	41,3	39,8
1990-1991	38,5	32,3	24,2	17,2	18,5	19,5	26,1	26,3	33	39,9	44,4	41,8
1991-1992	37,4	31,8	22,3	21	14,6	19,2	22,4	30	36,7	36,6	39,1	40,3
1992-1993	36,6	32,6	22,1	20,5	16,5	17,7	25,6	29	37,8	43,7	45,3	42,4
1993-1994	37,1	34,6	24,6	18,6	18,8	23,6	27	29	43,6	43	43,6	43,4
1994-1995	39	28	24,7	19,9	19	23,6	26	26,7	35,8	40,1	41,8	43,1
1995-1996	37,3	30,7	27,5	18,8	20,3	17,7	28,2	27,9	35,6	38,8	43,2	42,2
1996-1997	36,5	30,5	26	23,3	19	24,4	25,5	29,3	37,5	43,7	45,2	43,5
1997-1998	38,5	32,4	22,5	17,2	18,7	21,8	26,5	31,4	32	42,5	44,2	42,2
1998-1999	42,2	29,6	26,6	20	18,3	22,7	25,5	34,1	41,7	43,3	43,3	44,7
1999-2000	37,4	31,8	25,7	19,6	20,2	21,7	24,9	35,7	36,4	42,9	43,9	42
2000-2001	41,2	30,2	25,8	20,3	18,6	21,4	33,8	31,6	38,2	41	43	41,7
2001-2002	39,2	34	26,1	20,7	21,2	22,8	28,5	33,8	39,4	41,3	45,6	41,7
2002-2003	36,2	34	26,1	18,5	20	17,8	24,8	36,8	35,7	42,6	45,2	42,8
2003-2004	40,4	39,3	28,6	18,4	18,8	24,7	25,6	26,8	30	41,5	43,1	43,6
2004-2003	39,2	34,5	24,7	21,5	20,2	21,4	32,8	33	37,2	41,9	46,2	44
2005-2004	36,9	32,4	28,3	18,6	16,4	17,8	28,9	32,8	39,7	44,2	33,8	42,1
2006-2007	36,4	36,3	30,8	19,5	22,6	22,3	27,7	28,8	36,9	44,1	42,2	42,2
2007-2008	36,8	36,8	21,4	20,8	19,2	23,4	30,5	34,4	36,2	40,7	45,7	45
2008-2009	39,5	39,5	21,4	17	18,3	18	25,4	28,7	37	39,8	45,2	43,4
2009-2010	40,8	32,7	27	22,8	20	28,7	28,2	30,2	34	42,6	45,3	42,7
2010-2011	36,7	35	23,3	22,1	20,3	20,4	25,6	33	36,1	41,3	43,6	44,6
2011-2012	41	30,9	22,6	18,8	18,4	21,5	26,1	31,7	36,4	43,3	46,2	44,8
2012-2013	38,5	36	28,1	19,3	21,3	19,6	26,8	34,1	27,4	34,1	38	36,1
2013-2014	33	29,3	18,9	14,2	18,8	25,4	23,6	33,3	36,6	39,4	43,3	44,3
2014-2015	41,4	37,2	26,1	18,5	20	17,7	29,4	34,4	41,3	40,2	44,2	45,3
2015-2016	39,4	34,3	24,2	20,4	22,4	23,7	32,7	32,4	43,2	40,3	43,2	43,4
2016-2017	37,4	34	27,4	22	12,3	17,8	22,4	25,8	32,9	37,1	40,4	39,9
moyenne	38,466	33,16	25,14	19,7	18,83	21,56	27	30,83	36,583	40,92	43,14	42,6

Annexe N° 3

tableau: Moyenne mensuelle des températures minimales en °C (1988-2017) de la région de M'Sila

année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Août
1988-1989	10	7	1,2	-2,9	-2,8	-1	3,3	3,3	4	9,2	19,8	19,1
1989-1990	15,3	8,4	5,9	1,2	1	1,3	0,7	4,2	10	14	16,8	16,8
1990-1991	15,6	8,4	0,3	-2,2	-3,9	0	2,1	3,2	3	13,1	17,7	17,7
1991-1992	14,5	4,4	-0,3	-2,5	-3,6	-2	0,8	4	5,8	10,4	14	14
1992-1993	15,1	6,5	2	0,2	-2,3	-0,3	-3,2	3,2	8	18,8	18,9	18,9
1993-1994	11,1	6,4	1,6	-0,2	-0,3	1	4	2,3	8	13,8	20,7	20,7
1994-1995	12,2	11	3,2	-2,7	-1,3	-1,6	3,3	2,8	8,9	12,9	18	18
1995-1996	12	9,2	2,4	0,9	3,8	2,2	1,8	3,9	6,9	12,4	16,5	16,5
1996-1997	11,5	6,5	1	-1,1	-0,6	0,7	3	4,9	6,8	12,7	17	17
1997-1998	14	6,9	-2	-1,9	-3,3	-1	1,9	4	6,8	14	18,9	18,9
1998-1999	16	6	0,6	-3	0,2	-0,5	1,6	4,4	11,2	16,8	21,2	21,2
1999-2000	14,2	12	-0,2	-0,2	-2,8	-0,8	3,2	3	13	12,8	17,2	17,2
2000-2001	12,6	8,3	1	-1	-0,9	0,2	1,9	5	8,4	16	21	21
2001-2002	15,6	13	3,4	-1,4	-1,8	-0,8	4,8	6,8	8	12,8	16	16
2002-2003	13,9	8,6	3,2	1,6	1	-0,2	4,2	5,2	9,3	18,2	20,8	20,8
2003-2004	15,4	9	4,5	-2,3	-1,6	-3,8	0,2	4,1	4,7	13,4	19,5	19,5
2004-2005	11,2	7,3	1,2	-2,8	-7,1	-0,2	-24	3,1	9,5	13,7	15,3	15,3
2005-2006	11,9	10	-19	-3	-3,8	-0,2	1,4	4,7	13	7,7	17,6	17,6
2006-2007	11,5	11	4,8	-0,9	-0,3	-0,1	-0,6	4,2	9,1	12,2	19,3	19,3
2007-2008	14,1	6	-2,5	-1,9	-2	-1,5	-0,9	4	84	13,2	20,5	20,5
2008-2009	12,2	8,2	2	0,8	0	-2	0,5	2,2	7	15,2	22	18,8
2009-2010	13	6,8	2,4	0,5	-2,2	-2,8	1,5	6,8	6,8	15,3	19,9	21,6
2010-2011	12,3	4,1	2	-4,1	-3,4	-1,9	0,7	7	9,4	13,5	18,3	19,8
2011-2012	16,4	8,4	5,4	-0,3	-2,9	-5	2,2	4	8,8	18,9	17,9	20,8
2012-2013	14,4	4,6	2,4	-1,2	-1,2	-3,2	-1,7	3,6	13,5	18,2	23,5	21,9
2013-2014	20,4	18	7,9	3,3	0,1	-1,8	1	5,3	8,6	13,8	19,7	19,9
2014-2015	15,8	7,6	5,7	-0,6	-1	-1,5	1,6	4,6	8,8	15,6	20,8	18,6
2015-2016	13,9	8,9	1,7	0,4	-0,3	-0,4	0,4	4,2	5,7	12,8	13,6	18,7
2016-2017	12,8	8,5	2,5	0,2	2,8	6,3	7,7	11,6	18,1	22	24,6	25,7
moyenne	13,755	8,3103	1,5276	- 0,934	- 1,397	- 0,721	0,8069	4,469	11,2103	14,255	18,862	19,028

Annexe N°4

Tableau : Moyenne mensuelle des températures moyenne en °C (1988-2017) de la région de M'Sila

année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Jaun	Juil	Août
1988-1989	24,9	20,5	14	7,6	7,7	9,9	14,7	14,9	22	24,7	30,5	30,6
1989-1990	25,1	19,7	14,6	12	9,2	12,6	14,3	15,2	20,6	28,4	28,8	28,7
1990-1991	26,7	20,3	3,2	7,3	7	8,3	12,8	14,2	17,9	26,6	31,5	30,3
1991-1992	26	18,1	11,1	78	6,6	8,9	12,2	15,3	20,9	23,9	28,7	30,4
1992-1993	26,2	19	13,3	9,1	6,8	8,8	12,2	16	22,1	29,3	31,2	31,2
1993-1994	24,9	20,5	13,2	9,3	9,2	10,3	15,7	15	25	28,9	32,5	33,5
1994-1995	25,3	18,9	13,8	8,9	8,2	12,7	12,5	15,7	23,2	26,8	32	29,8
1995-1996	23,5	20	13,4	10,6	10,4	8,5	12,6	16	20,9	25,1	30,3	29,6
1996-1997	23,5	17,6	13,5	10,6	9,7	12,3	13,7	16,5	23,5	29,3	31,3	30,3
1997-1998	24,5	19,2	12,3	9,4	8,9	10,8	13,3	16,8	19,6	28,8	32,4	30,5
1998-1999	26,1	17,3	13,1	8,3	8,8	8,8	13,3	18,2	26,1	30	31,9	33,8
1999-2000	26,4	22,2	12,7	8,7	6	10,4	14,8	17,9	25	28	32,4	31
2000-2001	26,2	18,5	13,9	10,1	8,9	10	17,5	17,6	22,3	29,7	32,6	32
2001-2002	26	23,5	13,2	8	7,9	11,2	15,4	18,3	23,3	29,7	31,5	30
2002-2003	25,3	20,6	14	10,6	8,6	8,6	14	18,1	23,3	30	33,9	31,8
2003-2004	25,2	20,5	13,6	8,4	8,4	11,1	13,9	15,5	18	26,9	31	31,6
2004-2005	25,1	21,5	12	9,3	6,2	7,3	14,7	17,9	25,6	29,2	33,4	30,7
2005-2006	24,5	20,4	12,3	8,2	7,3	8,8	14,3	19,9	25,4	28,8	31,8	30,8
2006-2007	24,5	19,6	15,2	10,2	9,7	12,1	12,4	16,9	21,8	28,8	31,6	31,4
2007-2008	25,5	20,3	12,2	9,5	9,4	11,7	13,6	18,2	22,7	27,6	32,6	31,8
2008-2009	26	19,1	12,1	7,8	8,5	8,2	12,6	13,1	23,2	28,9	31,9	31,6
2009-2010	25,2	19,9	13,8	10,5	9,7	11,2	14,1	17,9	20,2	27,6	32,6	31,6
2010-2011	25,8	19,1	13,2	9,2	9,1	9,3	13	19	22,3	27,1	32	31,8
2011-2012	27,7	19,4	13,8	9,5	8	6,6	13,7	16,3	24,1	31,3	33,9	33,7
2012-2013	26,6	20,8	14,5	9,2	8,8	8	14	18,4	21	26,9	32	34
2013-2014	30	26,7	23,9	12,9	9,6	11,5	12,8	19,7	23,2	27,6	31,8	32,5
2014-2015	28,1	22,1	15,4	9,1	8,2	8,5	13,9	20,3	25,2	27,9	32,8	31,4
2015-2016	25,9	19,5	13,6	8,8	10	11,4	13	19,2	22,9	28,9	32	30,8
2016-2017	25,9	21,8	13,5	9	7,3	11,6	14,8	18,6	25,6	29,6	32,5	32,6
moyenne	25,745	20,23	13,39	11,73	8,417	9,979	13,786	17,124	22,65	28,148	31,841	31,37

Annexe N° 5

Tableau: Pluviométrie mensuelle en mm (1988-2017) de la région de M'Sila.

année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Jaun	Juil	Août	totale
1988-1989	24	18	27	22	1	8	1	28	14	41	NT	26	210
1989-1990	33	7	20	16	27	NT	19	36	100	14	12	NT	284
1990-1991	14	1	20	32	3	31	62	10	11	NT	2	11	197
1991-1992	19	77	15	17	24	11	13	4	44	9	25	NT	258
1992-1993	1	3	35	14	NT	16	9	5	30	NT	NT	NT	113
1993-1994	18	NT	41	20	14	26	15	6	NT	NT	NT	14	154
1994-1995	45	44	9	4	11	7	40	7	NT	3	NT	1	171
1995-1995	16	7	11	35	62	26	32	23	46	6	7	3	274
1996-1997	3	NT	6	24	30	7	5	40	36	8	1	33	193
1997-1998	61	33	50	13	10	18	10	46	60	8	NT	2	311
1998-1999	39	6	9	5	52	6	16	12	1	21	NT	12	179
1999-2000	31	47	26	58	NT	NT	5	3	25	2	2	2	201
2000-2001	54	15	7	31	25	2	5	25	NT	NT	NT	5	169
2001-2002	45	17	15	18	11	6	1	5	5	NT	2	16	141
2002-2003	7	13	26	13	73	11	2	17	29	28	1	3	223
2003-2004	47	83	29	25	5	5	31	36	75	10	2	29	377
2004-2005	11	8	11	29	1	18	6	6	NT	7	3	3	103
2005-2006	31	16	28	6	26	50	1	14	26	29	29	5	261
2006-2007	20	NT	29	22	5	12	17	80	26	NT	NT	4	215
2007-2008	23	10	5	NT	5	5	61	NT	16	2	2	3	132
2008-2009	35	57	10	26	31	17	50	34	2	8	1	3	274
2009-2010	23	4	6	19	7	32	21	21	3	3	2	6	147
2010-2011	4	11	8	3	3	8	8	21	13	40	2	5	126
2011-2012	19	26	12	11	NT	2	31	21	4	1	1	4	132
2012-2013	59	27	9	9	15	10	21	27	14	NT	5	7	203
2013-2014	6	38	29	28	20	7	19	NT	50	11	6	2	216
2014-2015	13	2	27	13	12	25	13	6	6	3	NT	16	136
2015-2016	27	51	NT	NT	5	8	12	50	22	NT	14	NT	189
2016-2017	5	9	16	14	13,2	18	4,3	0,5	1,5	12,7	4,1	7,4	105,7
Moyenne mensuelle	25,276	24,23	19,14	19,52	18,89	14,52	18,286	21,61	26,38	12,7	6,155	8,896	215.603

Annexe N°6

Méthode de l'extrapolation

1-Détremimer la précipitation de la région étude a partire de la précipitation de la station climatique la plus proche de la zone étudié.

Dans la région du Hodna, la précipitation augment annuellement par 20mm pour chaque 100m.

Dans notre zone :

20 mm $\longrightarrow$ 100 m

X mm $\longrightarrow$ 172.90 m (différence altitude entre la zone notre étude et l'altitude de la station climatique de M'sila.

La précipitation annuellement de la zone étude = la précipitation annuelle de la station climatique + X (mm).

La précipitation pour chaque mois = précipitation chaque mois de la station climatique * K (coefficient de correction), par où $K = \text{précipitation annuelle de la zone étude} / \text{la précipitation annuelle de la station climatique}$.

2.1-déterminer la température maximale de la région étude :

0.7 (°C) $\longrightarrow$ 100 m

X (°C) $\longrightarrow$ 172.90 m

Température maximale de la région étude = température de la station climatique - X (°C).

2.2- déterminer la température minimale de la région étude :

0.4 (°C) $\longrightarrow$ 100 m

X (°C) $\longrightarrow$ 172.90 m

Température minimale de la région étude = température de la station climatique - X (°C).

Annexe N° 7

Détermination de l'alcalinité TA et TAC (Rodier, 2009)

Mode opératoire

A 10ml de l'eau à analyser, ajouter des gouttes de phénolphtaléine, s'il y a une coloration rose, donc il y a le TA.

Titrer avec HCl jusqu'à la disparition de la couleur rose, puis notée le volume V.

Expression des résultats pour TA

La concentration de TA est exprimée par la relation :

$$TA = (0.1 * V / 10) * 1000$$

Où :

0.1: la Normalité de HCl;

V : volume de HCl nécessaire pour ce dosage (changement de couleur).

La seconde à dosage le titre alcalimétrique complet (TAC).

ajouter quelques gouttes de méthyle orange à les échantillons président, il y a apparition la couleur jaune.

Titrer avec HCl jusqu'à l'apparition de la couleur rose, puis notée le volume V.

Expression des résultats pour TAC

La concentration de TAC est exprimée par la relation :

$$TAC = (0.1 * V / 10) * 1000$$

Annexe N°8

Dosage des nitrites NO_2^- et nitrate NO_3^- (Rodier, 2009)

Pour les Nitrite

1. Préparation de la solution mère pour établissement du courbe étalonnage
Pour 10 mg/l de NO_2^- on utilise 1.5mg de NaNO_2 dans 1000ml de l'eau distillée.
2. préparation de la solution mixité :
 - Dissolution 1g de sulfanilamide dans 160 ml HCl ;
 - Dissolution 1g de N-1- Naphtyl éthylène diamine dans 100 ml eau distillée ;
3. Dosage de NO_2^- dans eau analyser :
 1. Prendre 1ml de la solution mixité et ajoutée dans 50 ml d'eau analyser puis reposer durant 15min (apparition de couleur rouge) et Passer les échantillons dans spectrophotomètre. Le résultat est donné en mg/l.

Pour le Nitrate

2. Dissolution 0.5g de salicylate de sodium dans 100 ml de l'eau distillée;
3. Ajoutée 1 ml de solution salicylate de sodium à 10 ml de l'eau analyser ;
4. Poser dans l'etuve à 80°C;
5. Ajoute 2 ml de acide sulfurique et laisse 10min ;
6. Ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium et laisse 10min (apparition de couleur);
7. Passer les échantillons dans spectrophotomètre. Le résultat est donné en mg/l.

Annexe N° 09

Dosage des sulfates SO_4^{2-}

Mode Opératoire

Pour 50 ml d'eau à analyser ajouter 2 ml HCl (10%), et chauffer la solution jusqu'à l'ébullition en agiter constamment pour éviter la précipitation .

Ajouter quelque goutte de de solution de chlorure de baryum à 10%, ont filtré la solution à l'aide entonnoir et papier filtre, après la filtration on répéter la même étape président et après la filtration et la précipitation complète poser dans l'étuve à 75°C, Laisser refroidir et peser.

Expression des résultats

$$[\text{SO}_4^{2-}] = (P2-P1) * M (\text{SO}_4) / M (\text{BaSO}_4)$$

Où:

P1: poids de papier filtre avant le séchage (mg/l) ;

P2: poids de papier après séchage (mg/l) ;

M: la masse moléculaire ($\text{SO}_4 = 96$, $\text{Ba} = 137$).

Annexe N° 10

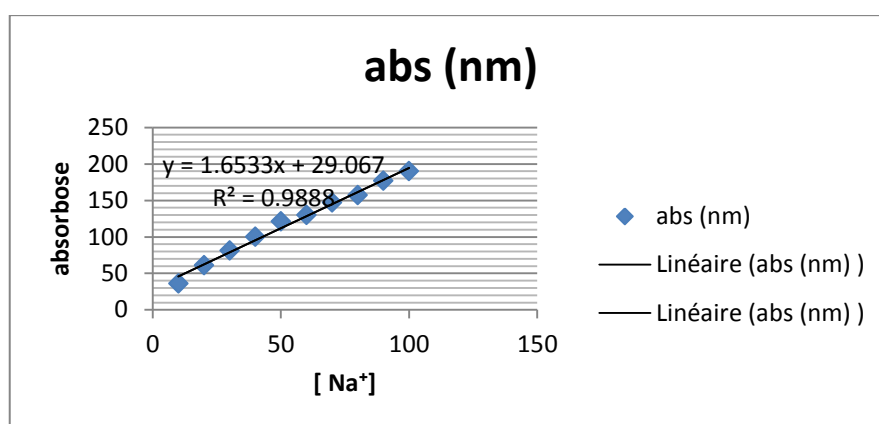
Dosage de sodium

1. Etablissement du courbe étalonnage

→ Préparation du solution mère :

Dissolution 2.45g de NaCl dans 1000 ml de l'eau distillée

Solution fill	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Eau distillée (ml)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Absorbance	190	177	157	147	130	121	100	81	61	36

Expression des résultats

Calculée la concentration de sodium à partir l'équation suivant :

$$Y = 1.6533x + 29.067 \quad \longleftrightarrow \quad x = (y - 29.067) / 1.6533$$

$$[K^+] = x$$

Annexe N°11

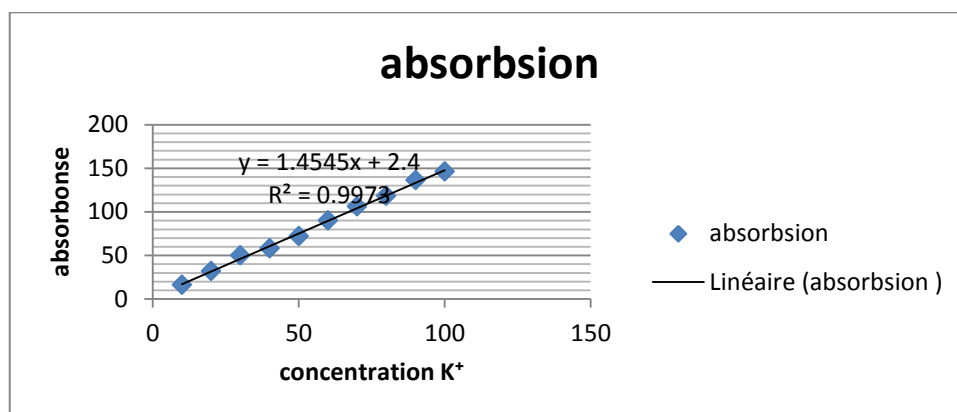
Dosage de potassium

Etablissement du courbe étalonnage

→ Préparation du solution mère :

Déssolution 0.19g de KCl dans 1000 ml de l'eau distillée

Solution fill	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Eau distillée (ml)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Absorbance	146	136	118	106	90	72	50	50	32	16

Expression des résultats

Calculée la concentration de sodium à partir l'équation suivant :

$$Y = 1.4545x + 2.4 \iff x = (y - 2.4) / 1.4545$$

$$[K^+] \text{ (mg/l)} = x$$

Annexe 12

Détermination de la dureté totale (T.H) (Rodier, 2009)

Prélever 50ml d'eau à analyser, ajouter 2ml de solution Tampon et 03 goutte d'indicateur coloré (noir d'ériochrome), puis dosage avec la solution d'EDTA jusqu'au virage du bleu vert.

- **Expression des résultats**

la dureté totale exprimée en degrés français sera égale à :

$$TH = V \text{ (ml)} * 5 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Soit V le volume de solution d'EDTA versé.

Annexe N°13

diagramme Riverside et sont interprétations

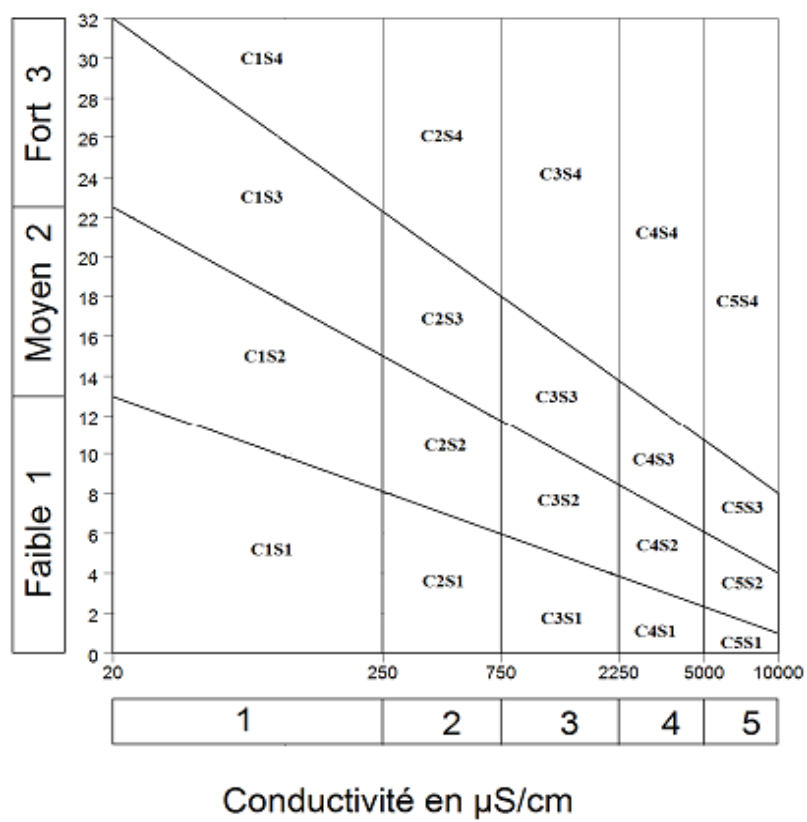


Figure de la représentation des Diagramme de RIVERSIDE (Richards, 1954 in BRADAĬ)

Tableau: Les classes issues du diagramme de RIVERSIDE et leur interprétation

Classe	Qualité	Interprétation
C1- S1	Bonne	Précaution avec les plantes sensible
C1- S2 C2 S1	Bonne à médiocre	A utilisé avec précaution dans les sol lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbre fruitières)
C2 S2 C1-S3 C3-S1	Moyenne à médiocre	A utilisé avec précaution .nécessite de drainage avec dose de lessivage et / ou apport de gypse
C1- S2 C1-S3 C3-S2 C4-S1	Médiocre à Mauvaise	Exclure les plantes sensibles et le sol lourd. Utilisation avec beaucoup de précaution dans les sols légers, bien drainés avec dose de lessivage et/ou apports des gypses.
C2- S1 C4-S2 C3-S3	Mauvaise	A utilisé avec beaucoup de précaution que dans le sol léger, bien drainés et pour des plantes résistantes. Risque élevés. Lessivage et apport de gypses indispensables.
C3- S4 C4-S3	Mauvaise	A utilisé que dans des circonstances exceptionnelles
C4- S4	Déconseille pour l'irrigation	/
C5- S1 C5-S2 C5-S3 C5-S4	Très Déconseillé pour l'irrigation	/

ملخص

تهدف هذه المساهمة الى تقييم المياه الجوفية المستعملة في الري في منطقة اولاد دراج و الك من خلال إجراء بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية لـ 10 عينات. حيث اظهرت هذه التحاليل أن المياه الجوفية على مستوى منطقة أولاد دراج قاعدية و معظمها تعاني ملوحة عالية جدا، كما أنها تحتوي على تراكيز عالية من الكلور، الكبريت والكالسيوم. 60% من العينات ذات نوعية جيدة، 30% رديئة و 10% ذو نوعية شبه رديئة و هذا ما يجعلها تتأقلم مع نوع المزروعات ولا تتأقلم مع أخرى .

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية ،الري منطقة اولاد دراج، فيزيائية-كيميائية،

Résumé

L'objectif de cette contribution est d'évaluer la qualité des eaux souterraines utilisées dans l'irrigation dans la région d'Ouled Derradje en procédant à des analyses physiques et chimiques de 10 échantillons. Nos résultats montrent que les eaux analysées présentent un caractère basique, la plupart souffrent de salinité élevée, contiennent beaucoup de chlore, Soufre et calcium. Nos résultats montrent que les eaux analysées présentent un caractère basique, la plupart souffrent de salinité élevée, contiennent beaucoup de chlore, Soufre et calcium. 60% des échantillons sont de bonne qualité, 30% mauvaise et 10% sont de qualité médiocre; ce qui les rend adaptés au type de plantation et ne s'adapte pas aux autres.

Mots clés : l'eau souterraine, irrigation. Région d'Ouled Derradje, physicochimiques,

Summary

The aim of this contribution is to evaluate the groundwater used in irrigation in the area of Ouled Derradje by conducting some physical and chemical analysis of 10 samples. Our results showed that the groundwater is base and most of them suffer of very high salinity and contain high concentrations of Chlorine , Sulfur and Calcium. 60% of the samples are of good quality, 30% bad and 10% are of high quality and this makes them adapt to the type of plantations and do not adapt to others.

Key words: groundwater, irrigation, Area of Ouled Derradje, physical-chemical.