

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des ressources sol-eau et environnement

Présentée par: M^{elle}BATTAYEB SIRINE

M^{elle}KHAMGANI CHAHRAZAD

Thème

*Contribution à l'étude de l'impact de l'irrigation
par les eaux souterraines sur la salinité des sols
dans la région de Hassi Ben Abdellah Wilaya
de Ouargla*

Soutenu publiquement

Le : 07/07/2021

M^{me} LAMRANI C.

Encadreur

MAB

UKM Ouargla

Mr IDDER ABDELHAK

President

MCA

UKM Ouargla

MrLADJICI ABDELKADER

Examineur MAB

UKM Ouargla

Année universitaire 2020/2021



Remerciement

Louange à Dieu tout puissant pour tout ce qu'il m'a donné afin que je puisse terminer ce travail.

Au terme de ce mémoire ,qu'il me soit permis d'exprimer mes profonds remerciements à ma promoteur madame Lamrani cherifa d'avoir proposé cethème et accepté de m'encadrer et suivre pas à pas la progression de ce travail .

Je remercie tousmes professeurs : M djili Brahim,Mm youcef fouzia, M ladjici abdelkader de leur aider dans notre travail d'étude et leur conseils.

Mes remerciements vont à toutes les équipes de bibliothèque et de service de laboratoire de deux départements de sciences agronomique et de biologie, dans l'université Kasdi Merbahe l'Université d'Ouargla.

Je remercie par la même occasion tous les membres de jury monsieurIdder abdelhak , monsieur ladjici abdelkader , qui ont bien voulu examiner ce travail.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Dédicace

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :

A mon chère père abdelhafid, et ma mère ,ma bien-aimée sacia koudri

à mon frère mohamed islam qui restera dans nous coeurs .

a la fille de ma tante fatima

à mes frères et mes soeurs .

à mon chère fiancé baghdadi taki-eddin .

Dieu soit loué qui nous à aidés dans notre cheminement académique.



Dédicace

*Je tiens avant tout à rendre gloire à Dieu pour sa
bonté Infinie, pour la santé et la paix accordées.*

*Je tiens à dédier ce modeste travail aux plus chers
à mon Cœur,*

*A ma mère : **Warda***

*A mon père : **M^{ed}***

tahar

A mes chers frères

*: **Oussama Rachad***

*A mes chères sœurs : **chaima ,samha ,chainez***

*A mon cher fiancé : **Ramzi khadraoui***

*A toute la famille : **bettayeb ,bouttali.***



Résumé

Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude de l'impact de l'irrigation par des eaux minéralisées sur les propriétés physico-chimiques du sol dans la commune de Hassi Ben Abd Allah. L'étude est réalisée au niveau d'une jeune palmeraie d'un particulier et l'eau utilisée dans l'irrigation provient d'un puits creusé à même l'exploitation. L'analyse des caractéristiques physico-chimiques de cette eau a montré que le pH est légèrement neutre à alcalin ($\text{pH} > 7$). Le faciès chimique de l'eau est **chloruré calcique; secondairement sulfaté sodique**. L'eau étudiée ne présente pas de danger d'alcalinisation ($\text{SAR} < 10$) en revanche, la projection sur le diagramme de Riverside révèle qu'elle appartient à la classe **C4S1** et donc d'une qualité mauvaise à moyenne; elle peut être utilisée pour l'irrigation, des sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes, avec nécessité des doses de lessivage et/ou apport de gypse. Le sol étudié est de texture sableuse avec un pourcentage élevé du sable grossier (**plus de 80%**) et des traces de limons et argiles. La conductivité électrique moyenne du témoin est de **2,195 dS/m** tandis que celle du sol irrigué est de **0,92 dS/m** le calcaire total dosé pour les deux sols ne présente aucune différence significative.

Mots clés : Ouargla, irrigation, eau souterraine, salinité.

المساهمة في دراسة أثر الري بالمياه الجوفية على ملوحة التربة بمنطقة حاسي بن عبد الله ولاية ورقلة.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الري بالمياه المعدنية على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة في بلدة حاسي بن عبد الله. أجريت الدراسة في بستان نخيل خاص صغير ، وتأتي المياه المستخدمة في الري من بئر محفور في المزرعة. أظهر تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه أن الأس الهيدروجيني متعادل قليلاً مع القلوية ($\text{Ph} > 7$) السمات الكيميائية للماء هي كلوريد الكالسيوم ؛ ثانيًا كبريتات الصوديوم. الماء المدروس لا يمثل أي خطر. القلوية ($\text{SAR} < 10$) من ناحية أخرى ، يكشف الإسقاط الموجود على مخطط ريفرسايد أنه ينتمي إلى الفئة C4S1 وبالتالي فهو ذو جودة رديئة إلى متوسطة ؛ ويمكن استخدامه للري والتربة الخفيفة والتصريف جيدًا وللنباتات المقاومة ، مع الحاجة إلى جرعات ترشيح و / أو إضافة الجبس ، التربة المدروسة رملية الملمس مع نسبة عالية من الرمل الخشن (أكثر من 80٪) وأثار من الطمي والطين. ومتوسط التوصيل الكهربائي للشاهد هو $\text{dS} / \text{m} 2.195$ في حين أن التربة المروية هي $\text{dS} / \text{m} 0.92$ إجمالي جرعات الحجر الجيري في الترتين لا يمثل أي فرق استنتاج كبير.

الكلمات المفتاحية: ورقلة , الري , المياه الجوفية, الملوحة.

**Contribution to the study of the impact of underground water irrigation on soil salinity
in the Hassi Ben Abdellah Wilaya de Ouargla region**

Abstract

The objective of this work is to study the impact of irrigation with mineralized water on the physicochemical properties of the soil in the commune of Hassi Ben Abd Allah. The study is carried out at a young private palm grove and the water used for irrigation comes from a well dug on the farm. The analysis of the physicochemical characteristics of this water showed that the pH is slightly neutral to alkaline ($\text{Ph} > 7$) the chemical facies of the water is calcium chloride; secondarily sodium sulphate. The water studied does not present any danger). alkalization ($\text{SAR} < 10$) on the other hand, the projection on the Riverside diagram reveals that it belongs to class C4S1 and therefore of poor to medium quality; it can be used for irrigation, light soils and well drained and for resistant plants, with need for leaching doses and / or addition of gypsum. The soil studied is sandy in texture with a high percentage of coarse sand (more than 80%) and traces of silt and clay. the average electrical conductivity of the witness is $2.195 \text{dS} / \text{m}$ while that of irrigated soil is $0.92 \text{dS} / \text{m}$ total limestone dosed for the two soils does not present any difference significant inference.

Key words: Ouargla, irrigation, groundwater, salinity.

Liste des abréviations

CE: Conductivité Electrique.

FAO : organisation pour l'alimentation et l'agriculture .

D.S.A. : Direction des services agricoles

Méq/l : Milliéquivalent/litre

Mg/l : milligramme/liter

O.N.M : Office Nationale de Météorologie.

ADE : Algérienne des eaux

SAR: Taux d'Adsorption du Sodium.

U.S.D.A:United States Department of Agriculture

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique de la wilaya de Ouargla 2

Figure 2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région d’Ouargla période 2009/2018..... 5

Figure 3. Climagramme d’Emberger de la région d’Ouargla (2009-2018). 6

Figure 4 . Image satellite montrant la situation de la station expérimentale par rapport à la commune de Hassi Ben Abdellah (Google Earth, 2021). 10

Figure 5. Résumé de la démarche méthodologique tracée. 12

Figure 6. situation des points d’échantillonnage dans la parcelle d’étude. Erreur ! Signet non défini.

Figure 7. Diagramme de RIVERSIDE (Richards, 1954). 21

Figure 8. Diagramme de Piper pour l’eau de puits d’irrigation. 24

Figure 9. Diagramme de Riversid pour le puits étudié. 25

Figure 10. triangle textural de la classification physique du sol 29

Figure 11. Profil salin, calcaire, gypse et de pH de deux profils étudiés. 30

Figure 12. Représentation générale sur le triangle textural des sols de la zone d’étude. 32

Figure 13. La conductivité du sol irrigué pour les différents sondages..... 33

Figure 14. pH du sol irrigué pour les différents sondages. 33

Figure 15. Calcaire total pour le sol irrigué au niveau des différents sondages 34

Figure 16. Le pH, calcaire total et conductivité électrique de sol irrigué et non irrigué. 35

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 1 .Classification des eaux d'irrigation proposée par (USDA)	19
Tableau 2.Classification de l'eau d'irrigation en fonction du danger d'alcalinisation	20
Tableau 3 . Les directives pour l'interprétation d'une eau d'irrigation selon la FAO, (1988) (AYERS et WESTCOT, 1988).....	21
Tableau 4 .Interprétation des classes du diagramme de RIVERSIDE.	22
Tableau 5.Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation	22
Tableau 6. Résultats de la granulométrie des horizons de chacun des deux solums.....	28
Tableau 7. Résultats des analyses physico-chimiques des profils non irrigués.	29
Tableau 8. Résultats des analyses physiques du sol irrigué.....	31
Tableau 9. Résultats des analyses physico-chimiques du sol irrigué.....	32

Table des matières

Résumé I
ملخص..... II
Abstract III
Liste des abréviations.....IV
Liste des figures V
Liste des Tableaux VI
Table des matières VII
Introduction générale..... 1

Première partie: Matériel et méthodes de l'étude

Chapitre I : Présentation générale de la région de Ouargla 2
I-1 Situation géographique de la région d'étude 2
I -2. Contexte climatique : 2
I -2-1- Cadre climatique local ; 3
I -2-1-1 Température : 3
I -2.1.2 Précipitation : 3
I -2-1-3 Evaporation : 3
I -2-1-4. Les vents : 4
I -2-1-5. Insolation : 4
I -2-1-6. Humidité relative: 4
I -3 Synthèse climatique : 4
I-3-1 Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen 4
I-3-2 : Climagramme d'EMBERGER : 5
I-4 Hydrogéologie : 6
I-4-1 Nappe du Continental Intercalaire (C.I.) 6
I-4-2. Les nappes du Complexe Terminal C.T 6
I-5. les grande structures géomorphologie : 7

I-6. Cadre Pédologique :	8
I-7.végétation :	8
I - 8. Agriculture :	8
<u>Chapitre II: Matériel et méthodes d'étude</u>	9
II-1 Matériel d'étude.....	9
II-1-1 Choix de la zone d'étude:	9
II-1-2 Présentation de la zone d'étude:	10
II-1-3 Choix de la parcelle d'étude :	10
II-2 Méthodes d'étude	11
II-2-1 Approche méthodologique.	11
II-2-2 Caractérisation des sols	12
II-2-3 Caractérisation des eaux d'irrigation	13
II-2-4 Echantillonnage du sol.....	13
II-2-5 Echantillonnage d'eau	14
II-2-6 Méthodes d'analyse	15
Deuxième partie: Résultats et discussion	
<u>Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation</u>	17
III-1 Critères de classification des eaux d'irrigation :	17
III-1-1 La salinité	17
III-1-2 Le SAR ou la teneur en sodium	19
III-2 Méthodes d'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation	20
III-2-1 Tableau des directives de la FAO	20
III-2-2 Diagramme de RIVERSAID	21
III-3 Caractérisation de l'eau d'irrigation dans la zone d'étude :	22
III-3-1 La fiabilité des résultats des analyse	23
III-3-2 Principaux paramètres physico-chimiques :	23
<u>Chapitre IV: Caractérisation du sol</u>	26
IV-1- Caractérisation du sol non irrigué.....	26
IV-1-1 Caractérisation morphologique des profils :	26
IV-1-2 Résultats analytiques des profils	27

IV-2 Caractérisation du sol irrigué	30
IV-2-1 analyse physique	30
IV-2-2 Analyse physico-chimique	32
IV-3 Impact de l'eau d'irrigation sur les paramètres du sol étudiés :.....	34
IV-3-1 Analyse physique :	34
IV-3-2 Analyse physico-chimique :	35
<u>Conclusion générale</u>	<u>37</u>
<u>Références bibliographiques</u>	<u>38</u>



Introduction

Générale

Introduction générale

En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (**Douaoui et Hartani, 2008**). La salinisation peut s'accroître, par l'utilisation d'une eau plus ou moins chargée en sels (**Bouchoukh, 2009**). Dans les zones arides, la salinité des sols est surtout liée à l'irrigation des terres cultivables, l'étude de la salinité dans ces zones, s'intéresse inévitablement à la gestion de l'irrigation.

Le Sahara algérien est connue par l'aridité de son climat et les terres arides et hyperarides qui représentent 84 % de sa superficie. La partie septentrionale de son territoire recèle d'importantes ressources en eau souterraines emmagasinées dans les deux grands aquifères, principalement le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

Dans une région à climat aride comme la commune de Hassi Ben Abdellah (Ouargla), l'irrigation s'impose comme un choix incontournable pour la mise en culture des terres. Cette commune a connu une évolution importante de l'extension des superficies agricoles (**BENAISSA, 2017**).

Malheureusement, le développement de l'irrigation, s'il constitue un espoir pour les régions arides en général et dans la cuvette de Ouargla en particulier, se traduit souvent par une remontée du niveau de la nappe superficielle et par une augmentation de la salinité des sols (**BOULAIN, 1957 ; DAOUD, 1993**). **De ce fait**, la conduite de l'irrigation en zones arides et semi-arides demande un contrôle permanent de la salinité dans le sol et dans l'eau d'irrigation (**LALLEMAND- BARRES, 1980**).

La présente étude a pour objectif de mettre en évidence l'influence de l'irrigation par les eaux minéralisées sur la salinité du sol dans la région d'Ouargla.

L'approche méthodologique suivie dans notre étude se résume en deux parties:

- Dans la première on va tenter de donner une description générale de la zone d'étude et de la méthodologie adoptée pour atteindre notre objectif.
- La deuxième partie résumera les principaux résultats obtenus concernant la qualité des eaux d'irrigation et du sol.
- On terminera par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I. Présentation générale de la région de Ouargla

I.1 Situation géographique de la région d'étude

La wilaya d'Ouargla se situe dans le sud-est de l'Algérie. Elle couvre une superficie de 154 300 Km² (RGPH, 1998). Elle est limitée au nord par la wilaya de Biskra, à l'ouest par la wilaya de Ghardaïa, au nord-ouest par la wilaya de Djelfa, à l'est par la wilaya d'El Oued et la Tunisie, au sud-est par la wilaya d'Illizi et au sud par la wilaya de Tamanrasset.

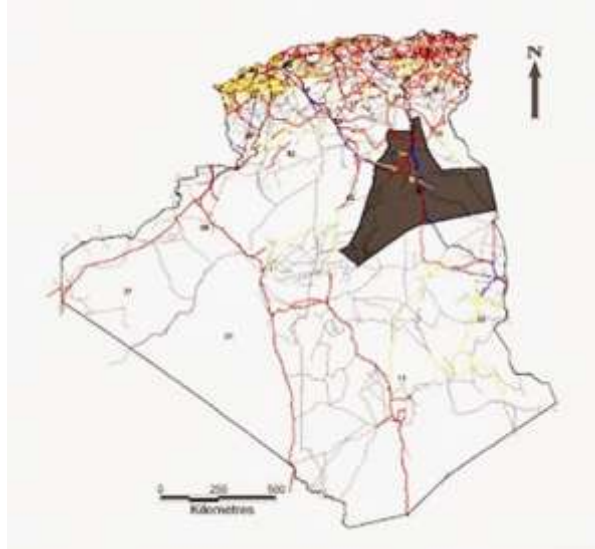


Figure 1. Situation géographique de la wilaya de Ouargla

La ville de Ouargla et ses alentours se situent à une altitude moyenne de 140 m. La ville est construite dans le lit de la vallée fossile (Quaternaire) de l'oued M'Ya qui draine le versant nord du plateau de Tademaït et qui s'achève à Sebkhât Sefioune (**ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 ; HAMDI-AÏSSA ET GIRARD, 2000 ; KOUZMINE, 2003**).

I.2. Contexte climatique

Le climat d'Ouargla est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. Son climat sec, désertique possède une aridité bien exprimée par des précipitations faibles et irrégulière et une sécheresse permanente (**ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**).

Pour la caractérisation du climat de la région d'étude nous avons utilisé les données climatiques fournies par l'Office National de Météorologie (**ONM**) pour la période de (2009-2018) (Tableau).

Paramètres climatiques								
Mois	Température (°C)			Précipitation (MM)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vent m/s	Insolation (Heure)
	TMax	Tmin	Tmoy					
Janvier	19.5	5.2	12.4	8.8	55.3	97.9	8.2	248.4
Février	21.2	7.0	14.1	4.1	48.0	120.7	9.2	237.4
Mars	25.7	10.7	18.2	5.6	42.3	180.6	9.7	266.8
Avril	30.8	15.4	23.1	1.5	36.2	231.3	10.3	285.3
Mai	35.3	20.0	27.7	2.3	30.7	302.6	10.6	316.3
Juin	40.4	24.8	32.6	0.8	27.0	366.9	10.0	229.3
juillet	44.0	28.1	36.1	0.4	22.9	447.2	8.9	317.5
Aout	42.4	27.3	34.8	0.5	26.8	388.0	8.9	341.4
septembre	38.1	23.5	30.8	5.4	35.7	266.8	9.1	268.1
octobre	31.8	17.1	24.5	4.7	41.5	207.6	7.9	270.7
novembre	24.6	10.5	17.5	3.1	51.2	124.5	7.3	248.2
Décembre	19.8	5.9	12.8	3.7	58.1	86.2	6.9	239.0
Moyenne	31.1	16.3	23.7	/	39.6	/	8.9	272.4
Cumule	/	/	/	40.8	/	2820.2	/	/

T moy. : Température moyenne.

Tmax : Température maximale.

Source :

Tmin : Température minimale

(ONM, 2019)

I .2.1. Cadre climatique local

I .2.1.1 Température

Dans cette région l'hiver est trop froid, comportant d'importants risques de gelées et pendant l'été, le climat est trop chaud. La région d'Ouargla est caractérisée par une température très élevée et une température moyenne annuelle de 23.7 °C pour la période 2009-2018. La moyenne des du mois le plus chaud est atteinte au mois de juillet avec 36, 1°C et un maxima moyen de 44 °C. La moyenne des du mois le plus froid est enregistrée au mois de janvier (12, 4°C), avec un minima moyen de 5.2 °C.

I .2.1.2. Précipitation

Les précipitations sont faibles et irrégulières pour la période 2009-2018, elles sont très faibles au mois de juillet et aout, avec 0.4 mm, atteignant leur maximum au mois de janvier avec 7.9mm. Le volume du cumul annuel des précipitations est de l'ordre de 36.8mm.

I .2.1.3. Evaporation

L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région d'Ouargla est caractérisée par une évaporation très

importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds. La moyenne annuelle est de 235 et la quantité maximale évaporée 447.2 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 86.2 mm au mois de Décembre, le cumul annuel est de 2820,2 mm.

I -2-1-4. Les vents :

Les vents sont fréquents toute l'année, durant la période 2009-2018. L'office national de la météorologie a enregistré une vitesse moyenne annuelle de 8.9 m/s. un maximum de 10.6 m/s en mai et un minimum de 6.9m/s en décembre. La direction dominante des vents dans la région d'Ouargla est Nord-Nord-Ouest.

I -2-1-5. Insolation :

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte insolation. La durée d'insolation moyenne mensuelle est de 264.3 heures/an avec un maximum de 315.0 heures au mois d'Aout et un minimum de 207.0 heures au mois de décembre.

I -2-1-6. Humidité relative:

L'humidité relative de l'air à Ouargla est très forte avec une moyenne annuelle de 42.4% (Tableau 1, Annexe). Elle atteint son maximum au mois de décembre (60,1 %) et sont minimum au mois de juillet (25,2%).

I -3 Synthèse climatique :

I-3-1 Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Ce diagramme permet de déterminer les périodes sèches et humides d'une région donnée. Il est obtenu en portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnées les températures d'un côté et les précipitations de l'autre, tout en considérant l'échelle des précipitations comme étant le double de celle des températures (DAJOZ, 1982).

Le diagramme Ombrothermique de la région d'Ouargla pour la période 2009/2018, indique que la période sèche s'étale sur toute l'année.

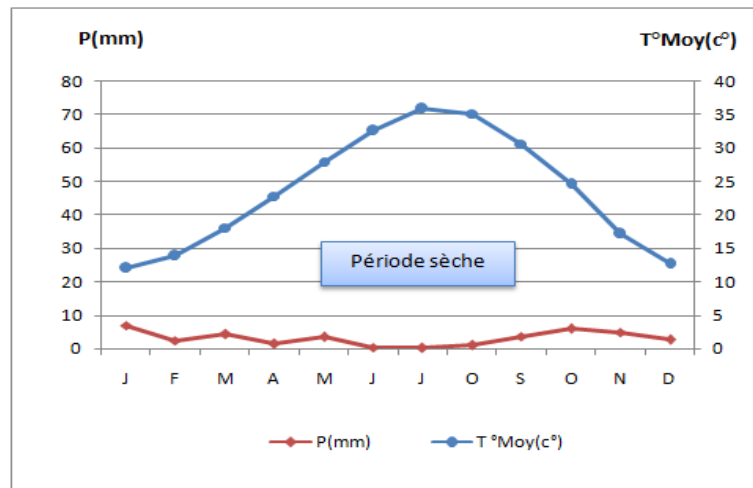


Figure 2. Diagramme Ombrothermique de Gausson de la région d'Ouargla période 2009/2018

I-3-2 : Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q₂) élaboré en 1930 modifié par STEWART, (1969) est spécifique au climat méditerranéen et tient compte des précipitations et des températures. Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Avec :

- Q₃ : coefficient pluvio-thermique.
- P : précipitations moyennes annuelles en mm
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.
- m : moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Pour la région d'Ouargla, le Q₃ est de 3,27, ce qui situe notre région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux, comme le montre en dessous

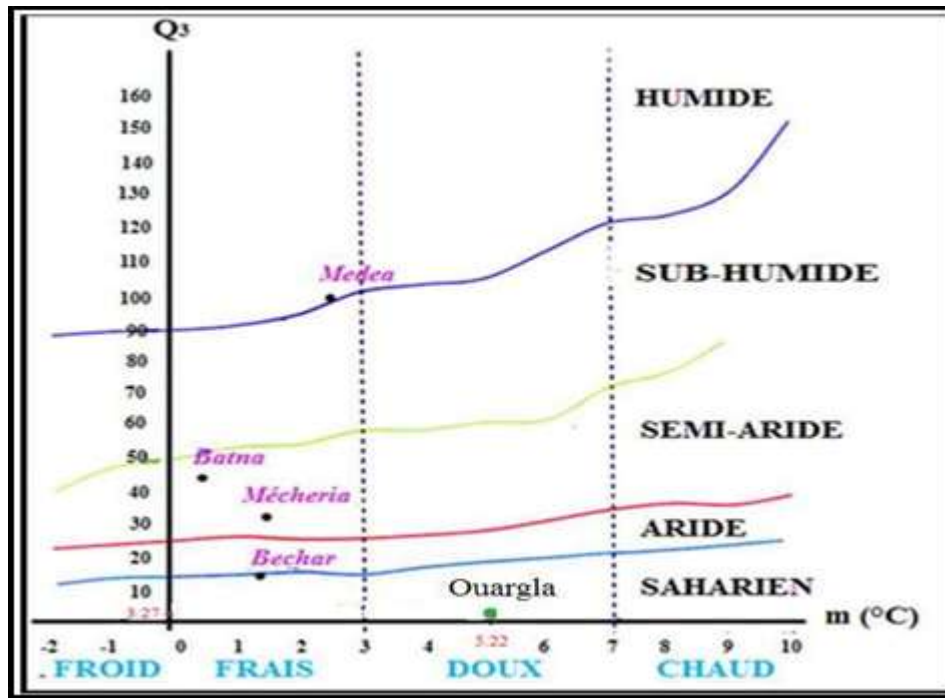


Figure 3: Climagramme d'Emberger de la région d'Ouargla (2009-2018)

I-4Hydrogéologie

Au Sahara, il existe deux ensembles aquifères séparés par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses de la base du crétacé supérieur : l'ensemble inférieur appelé le Complexe Intercalaire (CI) ou "Albien" et l'ensemble Terminal « CT » (Hamdi-Aissa, 2001).

La cuvette d'Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines, recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques (Bonnard et Gardel, 2002).

I-4-1 Nappe du Continental Intercalaire (C.I.)

L'exploitation de cette nappe à Ouargla remonte à 1960. Les forages atteignent la nappe entre 1100 et 1400 m de profondeur, et leurs eaux sont faiblement minéralisés (de l'ordre de 1,9 g.l-1). Ils ont un débit de 250 à 400 l/s (Hamdi Aissa, 2001).

I-4-2. Les nappes du Complexe Terminal C.T

Le Complexe Terminal est représenté par deux aquifères à Ouargla. La première est contenue dans les sables du Miopllocène, à une profondeur qui varie entre 30 et 65 m ; et la

deuxième, c'est le Sénonien qui se trouve à une profondeur d'environ 200 m (**Rouilloisbrigol 1975**). L'écoulement de ces deux aquifères s'effectue du Sud-ouest vers le Nord Est (**Idder, 1998 in Idder, 2005**).

I-5.les grande structures géomorphologie

De l'ouest à l'est, on distingue dans la cuvette d'Ouargla quatre ensembles géomorphologiques (**HAMDI AISSA, 2001**) :

➤ **Plateau de la région**

A l'ouest la vallée est limitée par le plateau de la hamada pliocène de 200 à 250m d'altitude, il s'abaisse dans le paysage une série de butte témoins.

➤ **Les glacis**

Le versant Ouest de la cuvette, présente quatre niveaux étages de glacis, le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau en buttes, son altitude s'abaisse de 225 m à l'Ouest jusqu'à 200 m environ à l'est.

Les glacis de 180m et 160m plus visibles se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-pliocène, le glacis de 160m a été fortement démantelé lors de la formation du dernier glacis de 140m d'altitude environ.

➤ **Chott et Sebkha**

Constituent les niveaux les plus bas du paysage (131 à 103m), le chott qui correspond aux bordures de la Sebkha est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et des sols gypseux à des croûtes gypseuses de surface et de subsurface, en aval de Ouargla, en direction SSENNO, diverses Sebkhas alternant avec les massifs dunaires jusqu'à Sebkha Sefioune.

➤ **Dunes de sable**

Formation éoliennes récentes en petites cordes, d'environ 150m d'altitude, elles occupent l'Est et le Nord-est de Ouargla et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'oued M'Ya.

I-6. Cadre Pédologique

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro-morphes (**DUTIL, 1971**).

I-7.végétation

La végétation à Ouargla change en fonction de la géomorphologie de la zone et la nature des sols. Elle varie entre le plateau, les pentes, les bas-fonds de la cuvette et la sebka (**BARRY et al. 1968, 1973**).

La végétation naturelle est plutôt due au fait de la nature des sols et leur structure ainsi que le climat. Elle est plus ou moins présente suivant les régions. Ainsi, une végétation arbustive à acacias est rencontrée notamment dans les lits d'Oued, les vallées et les alentours des Gueltas.

Selon le service des statistiques de la direction des services agricoles ; l'évolution des surfaces agronomiques est comme suite : La surface agronomique totale de la wilaya est de 4877393 ha ; la surface réellement utilisée est de 29839,5 ha ; et jusqu'à l'année 2005 la surface agronomique irriguée est de 17955.5 ha, avec un débit total d'irrigation de 49.7 hm³/an (**BOUTELLI, 2012**).

I - 8. Agriculture

Dans la région d'Ouargla, l'agriculture a toujours constitué un élément clé dans le développement. D'une part, elle constitue sur le plan économique une activité non négligeable pour les populations oasiennes et d'autre part, sur le plan écologique, la palmeraie représente un maillon important dans l'adoucissement d'un climat austère et remplit des fonctions écologiques et sociales indéniables (**BOUAMMAR, 2010**).

Chapitre II. Matériel et méthodes d'étude

II-1 Matériel d'étude

Introduction

Pour bien mener notre étude sur les paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation et leur influence sur la salinité du sol dans la région de Hassi Ben Abdallah , nous avons entrepris une démarche scientifique qui consiste à recueillir le maximum de documents relatifs à notre travail de recherche. Il s'agit d'une étude bibliographique, des sorties sur terrain pour la prospection puis le choix des sites de l'étude, sondage et description des profils, un échantillonnage des eaux et des sols, analyses au laboratoire et interprétation des résultats.

Avant d'exposer les résultats des mesures et des analyses physico-chimiques obtenus pour l'eau d'irrigation et le sol en question, nous jugeons utile de présenter les conditions et le mode d'échantillonnage ainsi que le matériel et les techniques de mesure et d'analyse utilisés.

Comme on vient de le constater, dans la région d'Ouargla, et malgré les potentialités hydro-édaphiques importantes, l'agriculture reste confrontée à des problèmes de disponibilité d'eau en quantités et surtout en qualité et une dégradation de l'environnement édaphique, suite à des pratiques culturales inadaptées. Compte tenu de la rareté des ressources en eau de surface ; les eaux souterraines constituent la principale ressource dans les régions sahariennes.

L'objectif de l'étude est de cerner l'impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la salinité du sol dans la région de Hassi Ben Abdallah (Ouargla).

II-1-1 Choix de la zone d'étude

La commune de Hassi Ben Abdallah demeure la principale région pilote en matière de mise en valeur agricole. Elle a connu une dynamique notable par rapport aux autres régions de la wilaya de Ouargla où sa superficie agricole utile (SAU) est passée selon la DSA (2014) de 3825 ha en 2009 à 7203,31 ha en 2014.

La nappe phréatique, qui constitue une contrainte majeure pour l'agriculture dans la cuvette de Ouargla, se trouve à une profondeur considérable (1 à 8 m) dans la commune de Hassi Ben Abdallah (**BENAISSA, 2017**). De ce fait, l'élimination d'une éventuelle contamination du sol par les sels de cette nappe.

Partie I : Matériel et méthodes d'étude
Chapitre II: Matériel et méthodes d'étude

II-1-2Présentation de la zone d'étude

L'étude sera menée dans une exploitation de coté de la commune de Hassi Ben Abdallah,elle s'étend sur une superficie de 1.5 ha, cette dernière est située à 30 km à l'est de la wilaya d'Ouargla, et à 8 km de son chef-lieu de daïra Sidi Khouiled.

II-1-3Choix de la parcelle d'étude

La parcelled'étude est une jeune palmeraiede 1 ha de superficie, irriguée avec les eaux pompées dans un puitsà même l'exploitation et d'environ 4 à5 m de profondeur(selon le propriétaire ces eaux proviennent du drainage naturel des eaux d'irrigation des exploitations sises à l'amont de sa terre).

L'irrigation des palmiers est non contrôlée, elle s'effectue par un réseau de goutte à goutte avec des gouteurs à débit variable. Le propriétaire remplis les cuvettes autours des palmiers avec une moyenne de trois fois par semaine.

La figure 4suivante illustre la situation de la parcelle d'étude par rapport à la commune de Hassi Ben Abd Allah.



Figure 4.Image satellite montrant la situation de la station expérimentale par rapport à la commune de Hassi Ben Abdallah(Google Earth, 2021).

II.1.4.Choix des points de prélèvement du sol

Au cours de cette phase on a effectué une analyse préliminaire du terrain dont la situation de la station, son historique cultural, le système d'irrigation et l'eau utilisée. La figure suivante illustre l'emplacement des points d'échantillonnage dans l'exploitation.

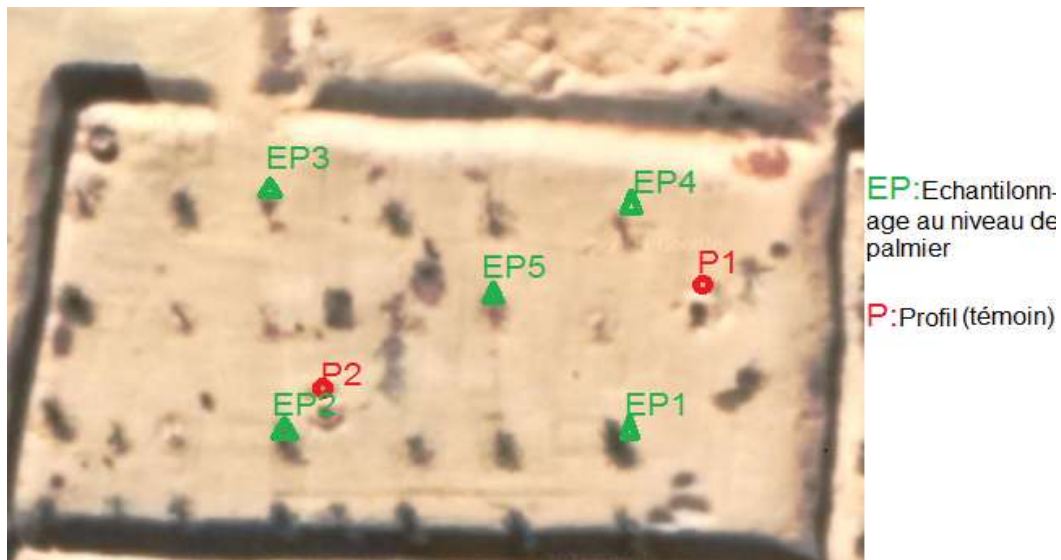


Figure 5. Situation des points d'échantillonnage dans la parcelle d'étude

II-2 Méthodes d'étude

II-2-1 Approche méthodologique

L'objectif de notre travail est de déterminer l'impacte de l'irrigation par des eaux souterraines avec une conductivité électrique plus au moins importante sur la salinité des sols de la palmeraie. L'approche méthodologique suivie se résume en une caractérisation générale de l'eau d'irrigation et des sols irrigués (aux alentours des palmiers) et la comparaison des résultats obtenus aux caractéristiques d'un sol témoin non irrigué à même la palmeraie.

La figure suivante résume la démarche méthodologique suivie pour la réalisation de notre travail.

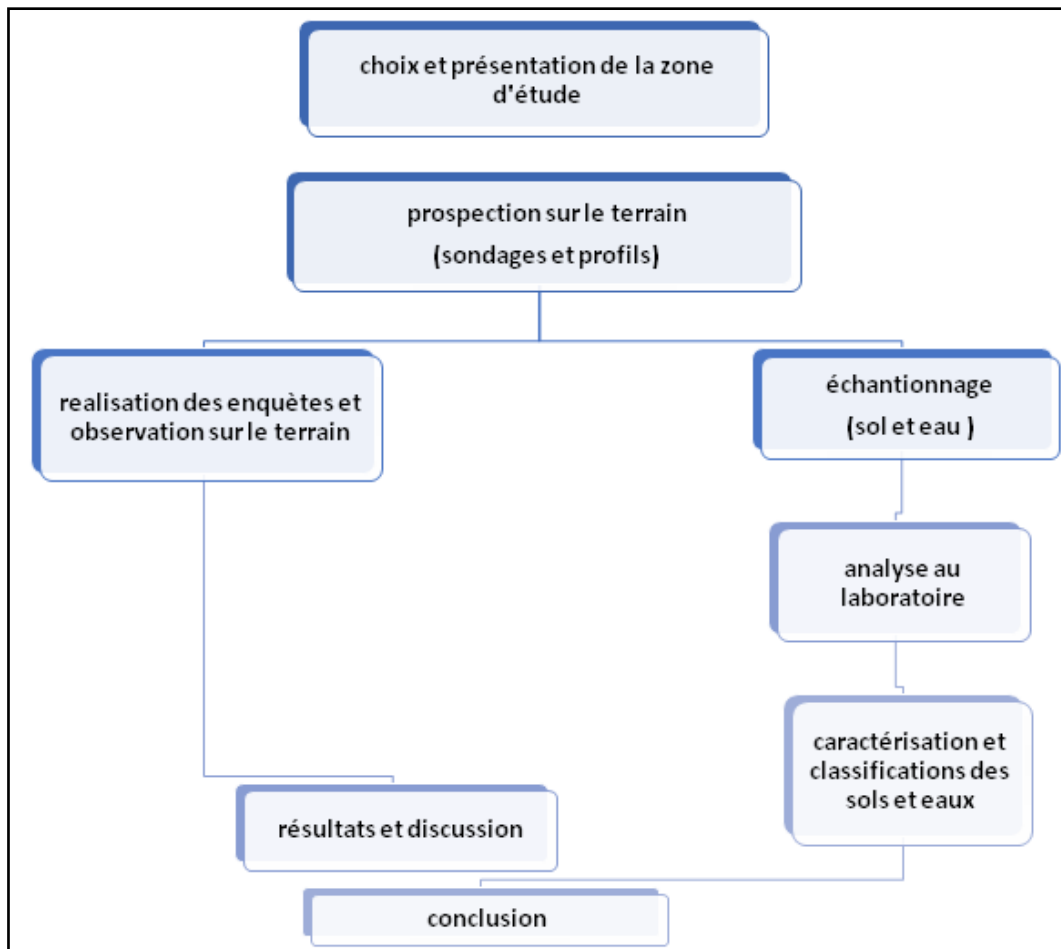


Figure 6. Résumé de la démarche méthodologique tracée.

II-2-2 Caractérisation des sols

Selon l'U.S.D.A. (1999) l'évaluation de la qualité d'un sol, peut se faire par la prise des mesures périodiques dans le temps pour surveiller les changements ou les tendances de la qualité du sol ou bien par la comparaison des valeurs mesurées à un état du sol de référence ou à l'écosystème naturel.

II.2.2.1 Caractérisation morphologique

L'étude morphologique des sols a été réalisée dans des profils de 1,5 m de profondeur loin des palmiers dattiers; on tien à signaler que les deux profils sur lesquels on a travaillé étaient creusés dans le cadre de la réalisation du mémoire de fin d'étude de master (Rouabeh & kazouz, 2020). Cette caractérisation consiste à faire une description des horizons pour déterminer certaines caractéristiques principales qui sont de type :

- Localisation (coordonnés géographiques) ;

Partie I : Matériel et méthodes d'étude

Chapitre II: Matériel et méthodes d'étude

- Végétation : spontanée ou cultivée ;
- Temps (au moment de la description et les antécédents climatiques);
- Etat de surface (ou microrelief) ;
- Topographie ou géomorphologie ;
- Date de description du profil ;

Quant à la description morphologique des horizons de chaque profil, nous avons retenu les critères suivants :

- Epaisseur des horizons (cm) ;
- La couleur (basant sur MunsellSoilColorCharts) ;
- L'état d'humidité ;
- Texture (classification de la fraction fine selon le diagramme textural d'USDA) ;
- Structure (particulaire, fragmentaire ou continue) ;
- Réaction à l'HCl ;
- Racines : présence, taille, nature ;
- Taches : couleur, taille ;
- Troues : taille, origine ;
- Eléments grossiers : dimension, forme, nature ;
- Limite et transition entre les horizons. ;
- **II-2-2-2 Étude analytique des sols**

La caractérisation analytique à porter sur la granulométrie, le calcaire total, le pH de l'extrait dilué 1/5, la conductivité électrique (CE) de l'extrait dilué 1/5, le gypse.

II-2-3 Caractérisation des eaux d'irrigation

Les eaux utilisées pour l'irrigation dans l'exploitation sont prélevées et analysées au laboratoire de l'Algérienne Des Eaux. Les analyses d'eau ont porté sur la conductivité électrique, le pH, les cations (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+}) et les anions (SO_4^{-2} , Cl^{-} , HCO_3^{-}).

II-2-4 Echantillonnage du sol

Selon la norme Afnor NF X 31-100 (MATHIEU et PIELTAIN, 2003) ; l'échantillonnage dans une parcelle agricole repose sur l'exécution d'un certain nombre de prélèvements élémentaires dans une zone présumée homogène et une couche d'épaisseur choisie et d'une profondeur donnée.

Partie I : Matériel et méthodes d'étude
Chapitre II: Matériel et méthodes d'étude

Pour la réalisation de notre travail nous avons procédé à un échantillonnage systématique en diagonale (RAYEN et al. 2003).A l'aide d'une tarière de 1.5 m de longueur sur deux profondeurs (0- 30 cm, 30-80 cm).

Pour le sol irrigué on a effectué des prélèvements au niveau des cuvettes des palmiers, les prélèvements sont effectués dans plusieurs points pour chaque couche (3 points) ; et sont mélangés pour avoir un échantillon homogène et représentatif de la couche.

Pour le sol témoin le prélèvement des échantillons est effectué au niveau des deux profils utilisés pour la description morphologique pour les différents horizons délimités de chaque solum la figure suivante illustre les points d'échantillonnages dans l'exploitation Et les deux photos (1) montrent l'échantillonnage au niveau des solums et des cuvettes.



Photo 1. Échantillonnage du sol

II-2-5 Echantillonnage d'eau

Le prélèvement de l'échantillon d'eaux est fait par l'insertion d'un flacon en plastique directement dans le puits et pour éviter toute oxydation ou dégazage la fermeture du couvercle est faite quand le flacon est émergé. Le transport de l'échantillon est fait dans une glacière et déposé au laboratoire dans les brefs délais.

Vont être analysés au laboratoire ADE d'Ouargla le 22 avril 2021 pour connaître leurs caractéristiques physico-chimiques.



Photo2.transport de l'échantillon d'eau

II-2-6 Méthodes d'analyse

II-2-6-1 Analyses du sol

L'ensemble des analyses physiques, physico-chimiques et chimiques du sol ont été faites au niveau du laboratoire de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (Université de Ouargla) et au niveau du laboratoire de recherche sur les milieux désertiques (Université de Ouargla). Sont ensuite séchés à l'air libre puis broyés pour détruire les agrégats et tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm.

➤ **Granulométrie**

L'analyse granulométrique a été effectuée sur des échantillons de la terre fine (< 2 mm), séchés à l'air libre, on a utilisé la méthode du tamisage par voie humide pour la fraction sableuse (sable grossier, sable fin et fraction >50 µm).

La granulométrie a été effectuée sans décarbonatation pour tous les échantillons. La mesure du pH s'effectue au pH mètre sur une suspension de terre fine, (**Mathieu et Peitain, 2009**) le rapport terre/liquide de 1 / 5.

➤ **Conductivité électrique(CE)**

La conductivité est en fonction de la concentration des sels dissous dans la solution du sol (**Aubert, 1978**). on a mesuré la CE au Conductimètre à partir de l'extrait de sol 1/5.

➤ **Calcaire total**

Le dosage du calcaire total est réalisé par la méthode du calcimètre de Bernard (**Soltner, 2005**), c'est-à-dire par mesure du volume de CO₂ dégagé, suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique sur un poids connu d'échantillon (**Baize, 2000**).

Partie I : Matériel et méthodes d'étude
Chapitre II: Matériel et méthodes d'étude

➤ **Gypse**

Le dosage du gypse a été effectué selon la méthode proposée par (Coutinet ; 1965), et dont le principe est le dosage des ions SO_4 après une attaque aux carbonates d'ammonium et une précipitation au chlorure de baryum.

II-2-6-1 Analyses de l'eau

Les méthodes utilisées au niveau du laboratoire sont résumées comme suit :

➤ **Paramètres physico-chimique**

Potentiel Hydrogène et température

Pour déterminer le pH, nous avons utilisé une méthode électro-métrique avec électrode. L'appareil donne les valeurs du pH et de la température, affichées directement sur son écran.

La conductivité

La conductivité électrique a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un conductimètre. L'unité de conductivité est exprimée par le déci Siemens par mètre (dS/m).

➤ **paramètre chimique**

Il consiste à analyser les anions : SO_4^{-2} , Cl^- , HCO_3^- et les cations : Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ et K^+ (Coutinet, 1965 ; Aubert, 1978 ; Gharrocha, 1995). Les méthodes utilisées sont :

- Les anions SO_4^{-2} par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de Baryum.
- Les anions Cl^- sont dosés par la méthode Argentométrique de Mohr.
- Les anions HCO_3^- sont dosés par titrimétrie au H_2SO_4 .
- Les Cations Ca^{+2} , Mg^{+2} et sont analysés après dilution ($D = 50$) par spectrophotométrie d'absorption atomique de flamme (SAAF) (PANSU et al 1997).
- Les cations de Na^+ sont analysés après dilution ($D = 50$) par spectrophotométrie à émission atomique de flamme (SEAF) (Pansu et al., 1997).

Chapitre III. Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

Introduction

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

La qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais également par son usage ; ainsi, une eau impropre à la consommation peut être adaptée à l'irrigation ou à la pisciculture.

III-1. Critères de classification des eaux d'irrigation

Souvent, on évalue la qualité d'une eau d'irrigation en se basant sur deux critères essentiels : la salinité exprimée par la conductivité électrique (CE) et le (SAR) (Coutinet, 1965).

III-1-1 La salinité

La salinité est un critère important, car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration (Durand, 1982 ; Ayers et Westcot, 1988 ; Harivandi, 1999).

III-1-1-1 Principaux sels responsables de la salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de Magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), de potassium (K^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante (Harivandi, 1999).

- **Calcium (Ca^{2+})** est libéré généralement par l'altération des roches. L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium. Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Benaouda, 2016).

- **Magnésium (Mg^{2+})** est un élément très répandu dans la nature et est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel. Il est aussi indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (Hachmaoui, 2013).

Sodium (Na^+) Dans les eaux souterraines, le sodium est présent sous la forme ionique Na^+ . Il est soumis aux mêmes types de phénomènes d'adsorption/désorption que le calcium et le magnésium.

Anions

- **chlorures (Cl^-)** Les chlorures peuvent avoir une origine multiple. Ainsi, ils peuvent provenir d'une intrusion d'eau marine, ou suite à une contamination par les eaux usées. Ils peuvent provenir également de la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo sableuses ou argileuses (Beaudry et Henry, 1984). Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs et des conduites d'irrigation à partir de 50 mg/l (Norme de l'O.M.S).

- **Bicarbonates (HCO_3^-)** résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique selon l'équation générale suivante : L'élément (X) peut être le (Ca^{2+}), ou le (Mg^{2+}), il est beaucoup probable que ce soit le Ca^{++} , car le Mg^{+2} est très solubles, sauf si l'eau est thermale (Amroune, 2008). L'abondance des ions bicarbonates (HCO_3^-) dans l'eau d'irrigation mérite aussi d'être évaluée. Dans le cas où l'eau d'irrigation contient un taux élevé de bicarbonates, on constate une tendance à la précipitation du calcium et du magnésium ce qui fait augmenter le SAR (Rapport d'adsorption en sodium) (Amroune, 2008).

- **Les sulfates (SO_4^{2-})** : Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), mais également de la pyrite (FeS_2) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite) (Ghazali et Zaid, 2013) ou l'oxydation des sulfures d'hydrogène et des oxydes de soufre émis dans l'atmosphère (Amroune, 2008).

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

III-1-1-2 Classes de salinité des eaux d'irrigation

La salinité d'une eau d'irrigation peut se mesurer de deux façons, soit par le total des sels dissous dans l'eau (TDS) exprimées en g/L ou, plus couramment, par la Conductivité Electrique (CEi) qui est exprimée en déci-siemens/mètre (dS/m). Le tableau ci-dessous, donne une classification des eaux d'irrigation proposée par l'*United States Department of Agriculture* (USDA) (Harivandi, 1999).

Tableau 1. Classification des eaux d'irrigation proposée par (USDA)

Nomination	Classe	Interprétations
Classe 1 (C1)	< 0,25 dS/m	Risque faible
Classe 2 (C2)	0,25 dS/m à 0,75 dS/m	Risque moyen
Classe 3 (C3)	0,75 S/m à 2,25 dS/m	Risque élevé
Classe 4 (C4)	2,250 dS/m à 5 dS/m	Risque très élevé
Classe 5 (C5)	>5 dS/m	Non utilisable en irrigation

(Harivandi, 1999).

III-1-2 Le SAR ou la teneur en sodium

Parmi les sels dissous dans l'eau, le sodium (Na) requiert plus d'attention. De fortes concentrations en sodium peuvent être dommageables pour la plante en place en modifiant les conditions physiques du sol (Glover, 1996). Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les cations calcium magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (Al Qawati, 2015). De ce fait, dans la littérature on ne parle pas de concentration en sodium, mais plutôt d'une valeur qui tient compte des effets mutuels du sodium, du calcium et du magnésium. Il s'agit du ratio d'adsorption du sodium par le sol, le SAR (*Sodium Adsorption Ratio*). Le SAR est calculé selon la formule proposée par Gapon (1933) rapportée par Richard (1954).

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

Avec : Ca, Mg et Na en mmol_c*L⁻¹

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

À l'aide du SAR, on divise les eaux d'irrigation en quatre classes. La classification est basée principalement sur l'effet du sodium sur les paramètres physiques du sol (Tab. I.3) (Richards, 1954).

Tableau 2: Classification de l'eau d'irrigation en fonction du danger d'alcalinisation

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

Source : Durand (1982)

III-2 Méthodes d'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation

III-2-1 Tableau des directives de la FAO

Selon J.M.Servant in (Mermoud, 2006) l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation nécessite l'utilisation d'une grille de qualité à laquelle on doit se référer pour juger si une eau convient ou non à l'irrigation. Pour ce faire, nous avons opté pour les normes proposées par la FAO (1976) pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation.

Le tableau suivant est un instrument de gestion, comme beaucoup d'outils de ce type en agriculture. Il constitue, selon la FAO, une première étape dans la détermination des limites de qualité d'une ressource en eau en agriculture.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

Tableau 3 : Les directives pour l'interprétation d'une eau d'irrigation selon la FAO, (1988) (AYERS et WESTCOT, 1988).

Nature du problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité : <i>influe sur l'eau disponible pour la plante.</i>				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450 - 2000	>2000
Infiltration : <i>influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR.</i>				
SAR = 0 - 3 et CEi =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
SAR = 3 - 6 et CEi =	dS/m	> 1.2	1.3 - 0.3	< 0.3
SAR = 6 - 12 et CEi =	dS/m	> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
SAR = 12 - 20 et CEi =	dS/m	> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
SAR = 20 - 40 et CEi =	dS/m	> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicité de certains ions : <i>affectent les cultures sensibles.</i>				
Sodium (Na) :				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	> 9
Chlore (Cl) :				
Irrigation de surface	méq/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	> 9
Bore (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Eléments traces	Concentration maximale d'éléments à l'état traces recommandés pour les eaux d'irrigation.			
Effets divers : <i>Affecte les cultures sensibles</i>				
Azote (NO3-N)*	mg/l	< 5	5-30	> 30
Bicarbonate (HCO3) pour aspersion sur frondaison	méq/l	< 1.5	1.5-8.5	> 8.5
pH		Zone normale : 6.5 - 8.4		

III-2-2 Diagramme de RIVERSAID

Les classes des eaux d'irrigation (C1S1,...C5S4) correspondent, dans le diagramme de Riverside au SAR (en ordonnées par la lettre S) et à la conductivité (en abscisses par la lettre C). Les classes du diagramme de Riverside (figure 7) et leurs interprétations, sont résumées et présentées respectivement dans le tableau 4 suivant.

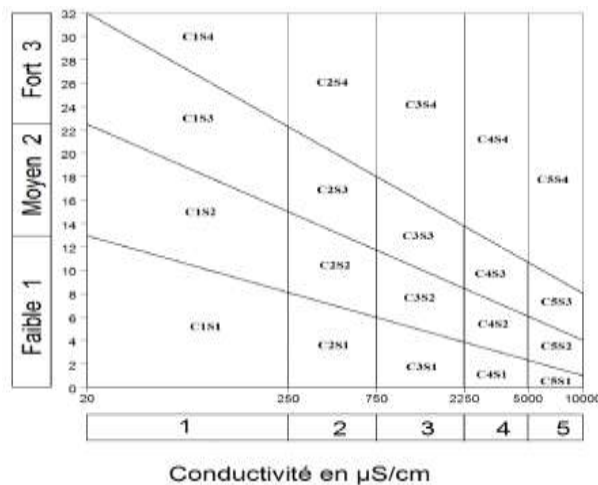


Figure 7: Diagramme de RIVERSIDE (Richards, 1954)

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

Tableau 4 : Interprétation des classes du diagramme de RIVERSIDE.

CLASSES	Interprétation des classes
C1S1	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles.
C1S2-C2S1	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles.
C3S1- C2S2- C1S3-	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C4S1- C3S2- C2S3- C1S4	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensible, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
C5S1- C4S2- C3S3- C2S4	Eau de qualité très mauvaise, utilisé que pour les sols légers et bien drains et pour les plantes résistante avec nécessité des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C5S2- C4S3- C3S4	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
C5S3- C4S4- C5S4	Eau déconseillée pour l'irrigation

Source : (CLEMANT et GALAND, 1979)

III.3. Caractérisation de l'eau d'irrigation dans la zone d'étude

La classification des eaux d'irrigation, tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol, tels que le taux d'infiltration, le drainage ainsi que la tolérance des cultures (**DURAND, 1983**).

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux utilisées pour l'irrigation de la station étudiée, sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 5: Résultatsdes analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation.

Paramètres	valeur	
T°C	29,8	
Ph	7,81	
CE à 25 °C en (mS/cm)	4,48	
Cations solubles (meq/l)	Na ⁺	12,77
	Ca ⁺⁺	17,43
	Mg ⁺⁺	10,6
Anions solubles (meq/l)	Cl ⁻	5,46
	SO ₄ ^{..}	19,20
	HCO ₃ ⁻	1,035
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,12
SAR	3,41	
TH	14000	
TAC	51,81	

III-3-1 La fiabilité des résultats des analyse

Comme on la déjà signalé, les analyses de l'eau ont été réalisées au niveau du laboratoire de L'ADE de Ouargla. Et pour la vérification de la fiabilité de ces derniers on a utilisé la méthode du bilan ionique. L'erreur obtenue est de **4,4** donc <5 et selon (Rodier, 2005) cette analyse peut être considérée comme fiable.

III-3-2 Principaux paramètres physico-chimiques

III-3-2-1 Température

Il y a lieu de signaler, et vu le manque de matériel du terrain, qu'on n'a pas pu mesurer la température au niveau du puits ; la valeur de **29,8°C**, consignée dans le tableau précédent, constitue la température de l'eau mesurée au niveau du laboratoire du L'ADE.

III-3-2-2 potentiel Hydrogène

L'analyse du tableau précédent montre que le pH mesuré au niveau du laboratoire de l'ADE est de 7,81, selon la directive de la FAO cette valeur de pH est dans la fourchette des valeurs normales de pH.

III-3-2-3 La Conductivité Electrique :

La valeur de l'eau d'irrigation pour ce paramètre est de 4,48 dS/m. Selon USDA in Harivandi, (1999) ; cette eau appartient à la classe **C4** (2,250 dS/m à 5 dS/m), et son utilisation dans l'irrigation engendre un risque élevé de salinisation.

III-3-2-4 Le SAR

Le SAR de l'eau d'irrigation calculée par la formule donnée dans le paragraphe 1ci dessus est de **3,24**. L'eau d'irrigation appartient à la classe S1 (un bas taut de sodium) et selon Durant (1982) cette eau est utilisable pour l'irrigation de Presque tous les sols avec un danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées.

III-3-2-5 Faciès chimique

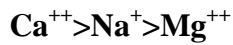
III-3-2-5-a Formules ioniques

La formule ionique d'une eau permet de mettre en évidence la teneur relative des différents éléments et également le classement des eaux dans les différentes catégories. Ces dernières sont obtenues en plaçant de gauche à droite et par ordre décroissant les quantités en réaction (en %) des anions, ensuite, celles des cations.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

En utilisant les résultats de l'ionisation globale de l'eau données dans le tableau 4 précédent on a peut écrire la formule ionique pour l'eau du puits et qui est comme suit :



Donc la lecture de cette formule donne : l'eau d'irrigation est **sulfatée calcique secondairement chlorurée sodique**.

III-3-2-5-b Représentation sur le diagramme de Piper

Le Faciès Chimique représente le/les cation (s) et anion (s) prédominants dans l'eau ou dans la solution du sol. Le diagramme de Piper est utilisé pour la représentation du faciès chimique, il est divisé en deux triangles de classification (triangle de droite pour le faciès anionique, triangle de gauche pour le faciès cationique). A partir des deux faciès, nous déterminons le faciès global où la dénomination anionique précède toujours celle cationique.

La représentation sur le diagramme de Piper des résultats obtenus pour l'eau étudiée est illustrée sur la figure suivante.

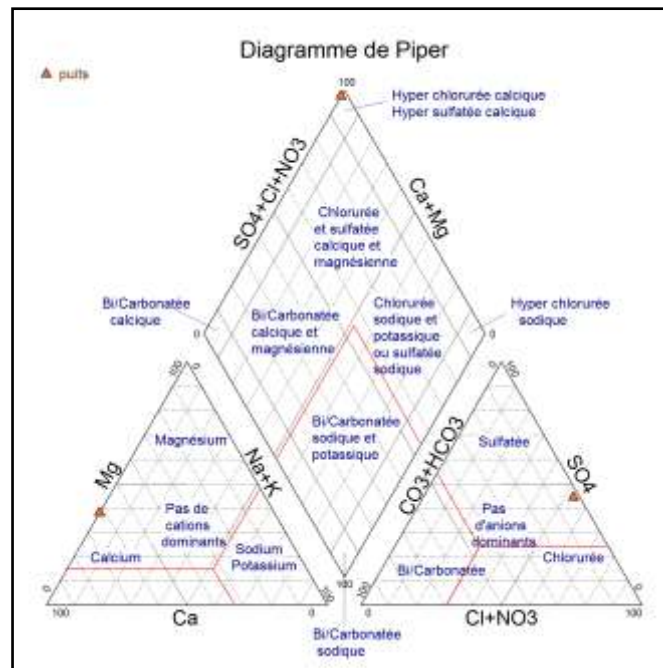


Figure 8. Diagramme de Piper pour l'eau de puits d'irrigation.

III-3-2-6 Aptitude à l'irrigation selon la CE et le SAR

La classification des eaux d'irrigation, tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol, tels que le taux d'infiltration, le drainage ainsi que la tolérance des cultures (DURAND, 1983).

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre III: Caractérisation et classification des eaux d'irrigation

La représentation graphique des analyses de l'eau d'irrigation dans la zone d'étude sur le diagramme de Riverside est indiquée dans la figure 9 suivante.

Et le résultat de classification dans le tableau suivante

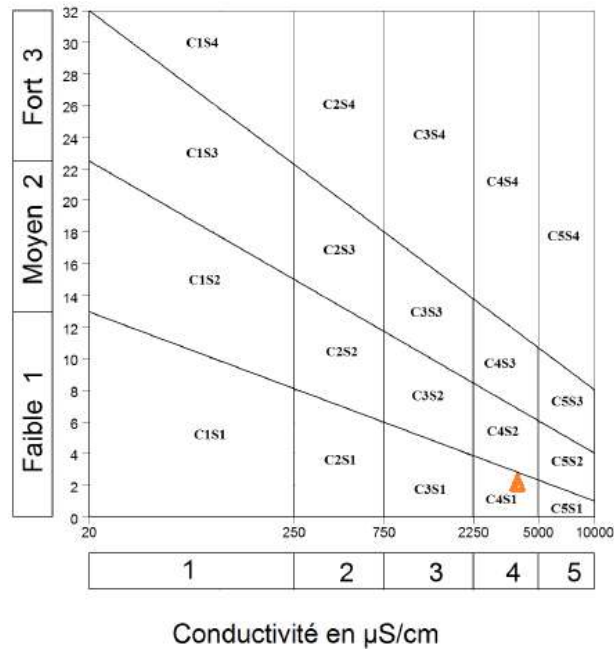


Figure 9. Diagramme de Riverside pour le puits étudié

L'analyse de la figure précédente montre que l'eau d'irrigation appartient à la classe C4S1, selon (Clemant et Galand ;1979) cette eau est d'une qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, son emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.

Chapitre IV. Caractérisation du sol

Introduction

La caractérisation morphologique et analytique du sol est une étape indispensable pour toute étude pédologique.

L'étude des sols de la palmeraie choisie consiste en une caractérisation de variabilité spatiale des paramètres morphologiques et physico-chimiques au niveau des palmiers irrigués et de deux profils non irrigués. Il s'agit d'une description des profils et de leurs environnements ainsi qu'une détermination et observation des horizons.

IV-1- Caractérisation du sol non irrigué

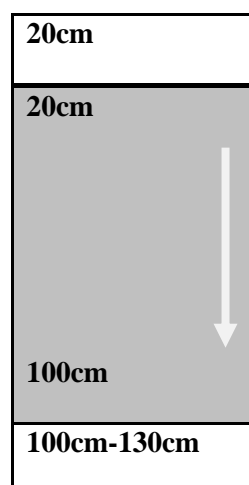
L'étude morphologique et analytique des sols nous permettra de caractériser le sol de chaque profil et d'avoir une idée globale sur la nature du sol de notre site expérimental.

Toute étude approfondie du sol commence par une étude spatiale du terrain dirigée par un pédologue ou un agro-pédologue qui va localiser les sites des fosses pédologiques et la détermination des horizons (MATHIEU, 1998).

IV-1-1 Caractérisation morphologique des profils

- **Date** : 18/02/ 2021
- **Localisation** : Exploitation agricole familiale située à daïra Sidikhouiled, avec les coordonnées géographiques : $X = 32^{\circ}00'05.456''N$; $Y = 5^{\circ}27'12.783''E$
- **Topographie** : plane (une très légère pente).
- **Végétation** : Aucune végétation.
- **Etat de surface**: du gravier.
- **Temps**: Ensoleillé et ciel dégagé.

IV-1-1-A Profil P1



Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Photo3. Profil 1

H1 (0-20) cm : Sec, couleur à l'état humide 5/36 (strong Brown), sableuse, graviers, forte effervescence, à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

H2 (20-100) cm : sec, couleur à l'état humide 7,5YR 7/6 (reddish yellow), texture sableuse , éléments grossiers forte effervescence à l'HCl.

H3 (100-130) : sec, couleur à l'état humide 6/6 (reddish yellow), texture sableuse , éléments grossiers forte effervescence à l'HCl.

IV-1-1-B Profil P2

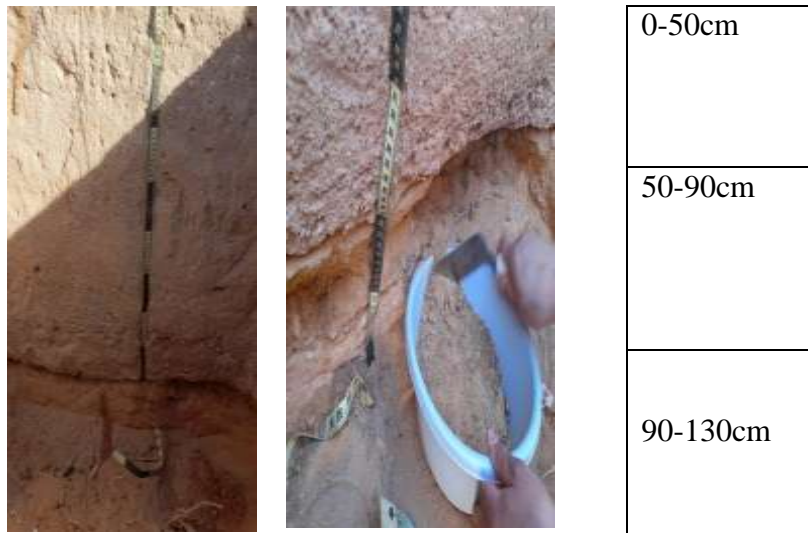


Photo4 : Profil P2

H1 (0-50) cm : Sec, couleur à l'état humide 5/36 (yellowish Brown), texture sableuse, graviers, forte effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

H2 (50- 90) cm : sec, couleur à l'état humide 7,5YR 5/8(Yellow Brown), texture sableuse, éléments grossiers forte effervescence à l'HCl.

H3 (90-130) cm : sec, couleur à l'état humide 6/6(rad), texture sableuse, éléments grossiers forte effervescence à l'HCl.

IV-1-2 Résultats analytiques des profils

IV-1-2-1 analyse physique

Le tableau suivant représente les caractéristiques et les résultats des analyses Physiques du sol pour chaque horizon au niveau des profils 1 et 2:

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Tableau 6: Résultats de la granulométrie des horizons de chacun des deux solums

Profils	Horizons	Profondeurs(cm)	Refus(%)	Granulométrie (%)						textures
				2000-1000 μ m	1000-500 μ m	500-200 μ m	200-100 μ m	100-45 μ m	F<45 μ m	
P1	H1	0-20	5,66	11,29	25,59	46,00	10,75	6,00	0,45	sableuse
	H2	20-100	8,66	5,9	43,07	40,22	7,68	2,80	1,00	sableuse
	H3	100-130	6,12	19,70	37,09	31,38	8,28	3,40	0,15	sableuse
P2	H1	0-50	9,62	10,08	18,47	27,46	26,38	17,49	0,12	Sableuse
	H2	50-90	15,56	2,64	30,56	31,10	3,60	31,83	0,27	Sableuse
	H3	90-130	19,18	1,09	19,40	42,30	13,10	23,00	1,12	Sableuse

D'après les résultats consignés dans le tableau précédent On a déterminé la texture des sols des profils (de chaque horizon) par la méthode de tamisage dans de la zone d'étude est de texture sableuse.

Le pourcentage du sable fin pour l'ensemble des horizons dans le profil **P1** est compris entre $10.48\% \leq \mathbf{SF} \leq 16.75\%$, en moyenne de 12.75%, tandis que la fraction grossière est comprise entre $82.88\% \leq \mathbf{SG} \leq 89.19\%$, en moyenne de 86,74%. La fraction des limons+ argiles est très faible (<1 %) et elle est répartie de manière hétérogène entre les horizons. et pour le profil 2 est compris entre $35.43\% \leq \mathbf{SF} \leq 43.87\%$ en moyenne de 38.13%, tandis que la fraction grossière est comprise entre $56.61\% \leq \mathbf{SG} \leq 64.3\%$ en moyenne de 61.23%. La fraction des limons+ argiles est très faible (<1 %) et elle est répartie de manière hétérogène entre les horizons Pour les deux profils les ensembles des horizons dominant par les sables grossiers.

Puisque le pourcentage dépasse 92 (%) s'il est calculé, la texture du sol est totalement Sableuse, Cette classification est représentée à l'aide d'un triangle, appelé triangle des textures, dont les trois côtés correspondent respectivement aux pourcentages de sable, de limon et d'argile.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

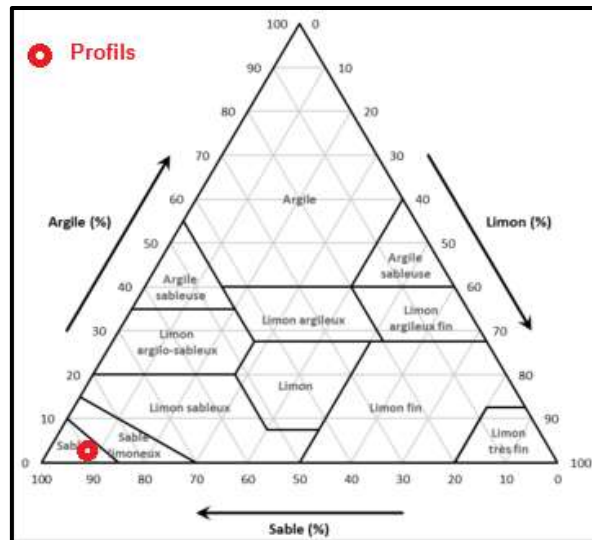


Figure 10. Triangle textural de la classification physique du sol

IV-1-2-2 Analyse physico-chimiques

Dans le tableau 7 suivant, sont résumés les résultats des analyses physico-chimiques des profils du sol non irrigué.

Tableau 7: Résultats des analyses physico-chimiques des profils non irrigués.

Profils	Horizons	Profondeurs cm	pH	CEdS/m	Calcaire total (%)	Gypse (%)
P1	H1	0-20	7,42	3,33	2,35	0,22
	H2	20-100	7,76	1,31	1,92	0,20
	H3	100-130	7,98	1,42	0,61	0,23
P2	H1	0-50	7,76	3,36	2,26	0,22
	H2	50-90	7,71	0,79	1,62	0,25
	H3	90-130	7,40	0,25	1,45	0,23

L'analyse des résultats données dans le tableau 7 et la figure 11 suivante montrent que tous les profils présentent des horizons de salinités variables entre sol salé à très salés ($1,31 \text{ dS.m} \leq \text{C.E.e}_{1:5} \leq 3,33 \text{ dS.m}$) dans le profil **P1** ; et sols non salés à très salés ($0,25 \text{ dS.m} \leq \text{C.E.e}_{1:5} \leq 3,36 \text{ dS.m}$) pour le profil **P2**. On constate que la salinité dans les horizons de surface est plus élevée qu'en profondeur.

Tous les horizons sont légèrement alcalins avec un pH compris ($7,42 \leq \text{pH} \leq 7,98$) dans le profil **P1**, et ($7,40 \leq \text{pH} \leq 7,76$) pour le profil **P2**.

Selon **Barzanji, (1973)** le sol des profils représente des traces de gypse dont le pourcentage est $< 0,3 \%$ de ce fait on peut qualifier le sol de la zone d'étude de non gypseux.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Selon **BAIZE (1988)**, le sol étudié est peu calcaire avec pour le **P1** ($0,61\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 2,35\%$) et pour le profil **P2** ($1,45\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 2,26\%$).

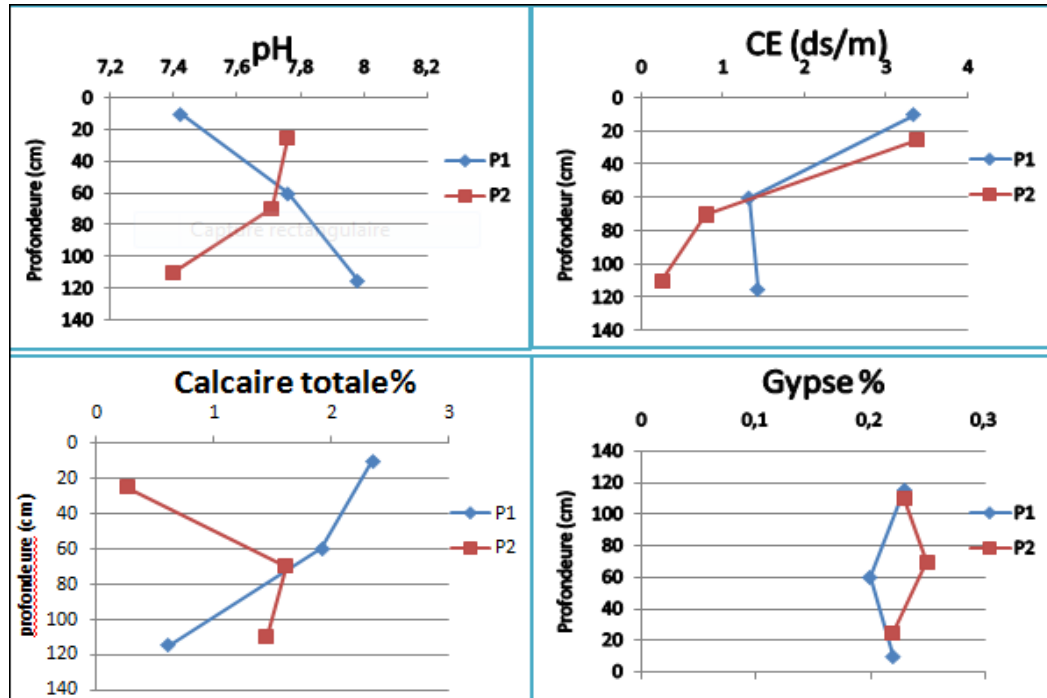


Figure 11. Profil salin, calcaire, gypse et de pH de deux profils étudiés

IV-2 Caractérisation du sol irrigué

L'étude analytique du sol échantillonné au niveau des cuvettes des palmiers est résumée comme suit ;

IV-2-1 analyse physique

Le tableau suivant représente les caractéristiques et les résultats des analyses Physiques des sondages au niveau des palmiers.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Tableau 8. Résultats des analyses physiques du sol irrigué.

Sondages	Horizons	Profondeurs (cm)	Refus(%)	Granulométrie(%)						Textures
				2000-1000 μm	1000-500 μm	500-200 μm	200-100 μm	100-45 μm	F<45 μm	
S1	H1	0-30	6.66	3.33	16.1	45.38	20.7	14	0.3	Sableuse
	H2	30-80	4.54	34.60	14.19	39.21	10.29	1	0.7	Sableuse
S2	H1	0-30	29.46	12.8	25.4	19.9	6.2	0.9	1	Sableuse
	H2	30-80	27.32	20.6	20.2	20.2	3.4	4.6	0.8	Sableuse
S3	H1	0-30	22.84	11.40	57.4	26.52	0.9	3.71	0.71	Sableuse
	H2	30-80	13.84	9.60	51.9	24.2	0.64	13.2	0.46	Sableuse
S4	H1	0-30	3.58	8.19	35.3	41.8	6.8	7.5	0.46	Sableuse
	H2	30-80	10.6	8.25	38.7	34.9	5.7	3.2	0.37	Sableuse
S5	H1	0-30	15.92	15.03	54.2	20.07	9.1	1.18	0.24	Sableuse
	H2	30-80	6.78	18.58	41.43	31.16	7.56	1.3	0.6	Sableuse

Les résultats obtenus, et représentés dans le tableau précédent montrent, que le sol irrigué dans la zone d'étude est de texture sableuse.

Dans le sondage **S1**: les pourcentages moyens de sable fin et de sable grossier sont respectivement de **22,99%** et de **76,40%**.

Dans le sondage **S2**: Les pourcentages moyens sont de **7,55%** et de **76,40%**. Pour le sable fin et le sable grossier

Dans le sondage **S3**: les pourcentages moyens sont de **9,22%** et de **59,75%** pour le sable fin et le sable grossier.

Dans le sondage **S4**: les pourcentages moyens de sable fin et de sable grossier sont de **11,6%** et de **83,69%**.

Pour le sondage **S5**: les pourcentages du sable fin et du sable grossier sont respectivement de **9,57%** et de **90,34%**.

Donc pour résumer la terre fine de la zone d'étude est de texture sableuse dominée par les sables grossiers avec un pourcentage qui varie entre **59,83%** et **90,34 %**.

On constate que la fraction des limons+ argiles est très faible (<1 %) et elle est répartie de manière hétérogène entre les horizons.

La représentation généralisée des résultats de la granulométrie dans triangle textural est donnée par la figure suivante.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

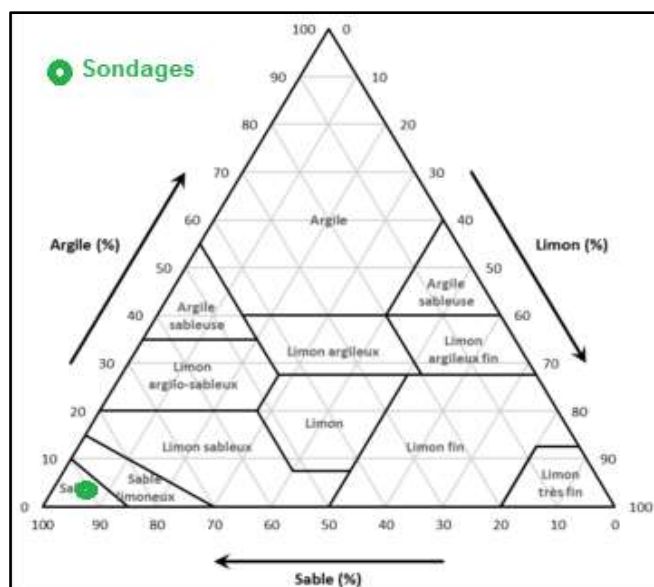


Figure 12.Représentation générale sur le triangle textural des sols de la zone d'étude

IV-2-2 Analyse physico-chimique

Le tableau 9 suivant résume les résultats des analyses physico-chimiques des sondages au niveau des cinq palmiers échantillonnés.

Tableau 9.Résultats des analyses physico-chimiques du sol irrigué.

Sondages	Horizons	Profondeurs	Ph	CE(DS/ m)	Calcaire total (%)	Gypse(%)
S1	H1	0-30cm	7,63	2,6	2,31	0,19
	H2	30-80cm	7,45	2,03	5,005	0,23
S2	H1	0-30cm	7,89	0,5	1,47	0,22
	H2	30-80cm	7,05	0,56	1,84	0,19
S3	H1	0-30cm	7,89	0,61	4,325	0,30
	H2	30-80cm	7,67	0,56	2,08	0,22
S4	H1	0-30cm	7,93	0,5	1,75	0,26
	H2	30-80cm	7,82	0,41	1,31	0,30
S5	H1	0-30cm	7,06	0,78	0,445	0,22
	H2	30-80cm	7,55	0,46	2,19	0,22

L'examen des résultats d'analyse des paramètres physicochimiques du sol irrigué (Tableau 9 et figures suivantes 13) montrent que tous les sondages présentent des horizons de salinités variables entre sol salé à très salés.

Pour le sondage S1 la salinité est comprise entre ($2,03 \text{ dS/m} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 2,6 \text{ DS/m}$) donc selon (MATHIEU et PIELTAIN, 2009) le sol est non salé.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

La salinité au niveau du sondage **S2** est entre ($0.5 \text{ dS/m} \leq C.E.e1:5 \leq 0.56 \text{ DS/m}$) donc le sol est non salé. Pour le sondage **S3** le sol est non salé à peu salé, la conductivité électrique est comprise entre ($0,56 \text{ DS/m} \leq C.E.e1:5 \leq 0,61 \text{ dS/m}$). Pour le sondage **S4** le sol est non salé ($0.41 \text{ dS/m} \leq C.E.e1:5 \leq 0.5 \text{ DS/m}$), et pour le sondage **S5** la salinité varie entre sol non salé à peu salé ($0.46 \text{ DS/m} \leq C.E.e1:5 \leq 0.78 \text{ DS/m}$).

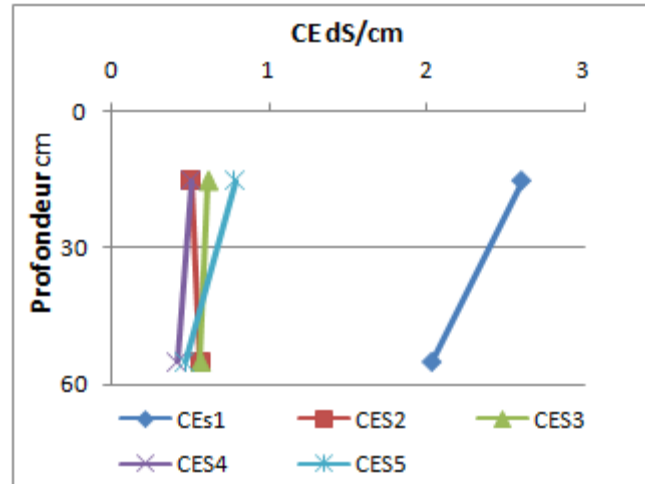


Figure 13. La conductivité du sol irrigué pour les différents sondages

Selon la classification (**soil survey staff 1999**), voire (annexe 3) ; le potentiel Hydrogène pour le sondage **S1** des deux horizons montre que le sol est légèrement alcalin ($7.45 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7.63$), pour le sondage **S2** le pH est variable entre neutre à légèrement alcalin ($7.05 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7.89$), dans le sondage **S3** pour les deux horizons le sol est légèrement alcalin ($7.67 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7.89$) et pour le sondage **S4** le pH des deux horizons est légèrement alcalin à moyennement alcalin ($7.82 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7.93$). Dans **S5** les valeurs de pH sont variables entre ($7.06 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7.55$) donc neutre à légèrement alcalin.

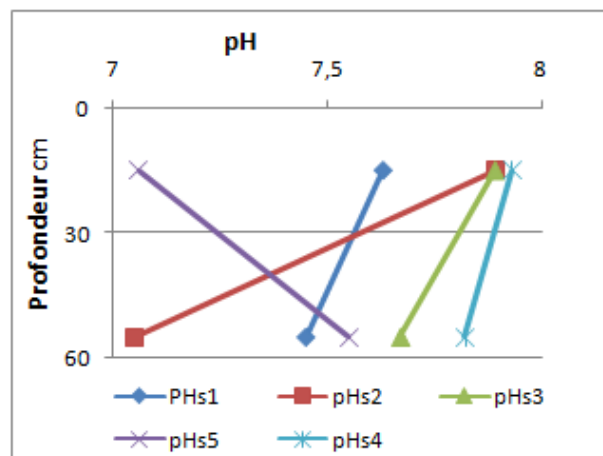


Figure 14. pH du sol irrigué pour les différents sondages.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage du gypse varie entre ($0,19 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 0,30 \%$) et selon **Barzanji, (1973)** le sol des sondages représente une absence de gypse pour l'ensemble des horizons.

La teneur en calcaire totale dans la zone d'étude est de ($0,4\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 5,005\%$) ; Selon **BAIZE (1988)**, le sol et pour l'ensemble des horizons dans tous les sondages est peu calcaire.

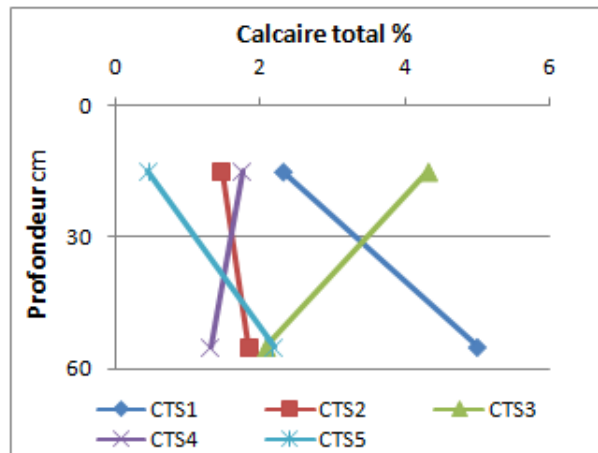


Figure 15. Calcaire total pour le sol irrigué au niveau des différents sondages

IV-3 Impact de l'eau d'irrigation sur les paramètres du sol étudiés

La qualité des eaux d'irrigation est un paramètre important à considérer, non seulement dans l'étude de l'impact direct sur les produits agricoles, mais aussi sur les sols, par modification de leurs propriétés physico-chimiques (**SUAREZ et al. 2006**).

La qualité de l'eau d'irrigation est généralement appréciée par la salinité, représentée par la conductivité électrique CE et en fonction de sa composition granulométrique et de structure, le sol peut influencer le mouvement des sels.

IV-3-1 Analyse physique

Les résultats de la granulométrie du sol irrigué et du témoin à (figure suivante) montrent une légère variation dans le pourcentage des fractions granulométriques entre les deux, où le pourcentage du sable grossier est légèrement plus élevé chez le témoin qu'en sol irrigué. Concernant les pourcentages du sable fin, limon et argiles, ils sont légèrement plus élevés en sol irrigué qu'en témoin. Cela peut être dû au remaniement du sol au cours du travail de ce dernier.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

IV-3-2 Analyse physico-chimique

La figure 16 suivante résume les résultats moyens de la salinité, du pH et du calcaire total pour le sol irrigué et le sol témoins dans l'horizon de surface et en profondeur.

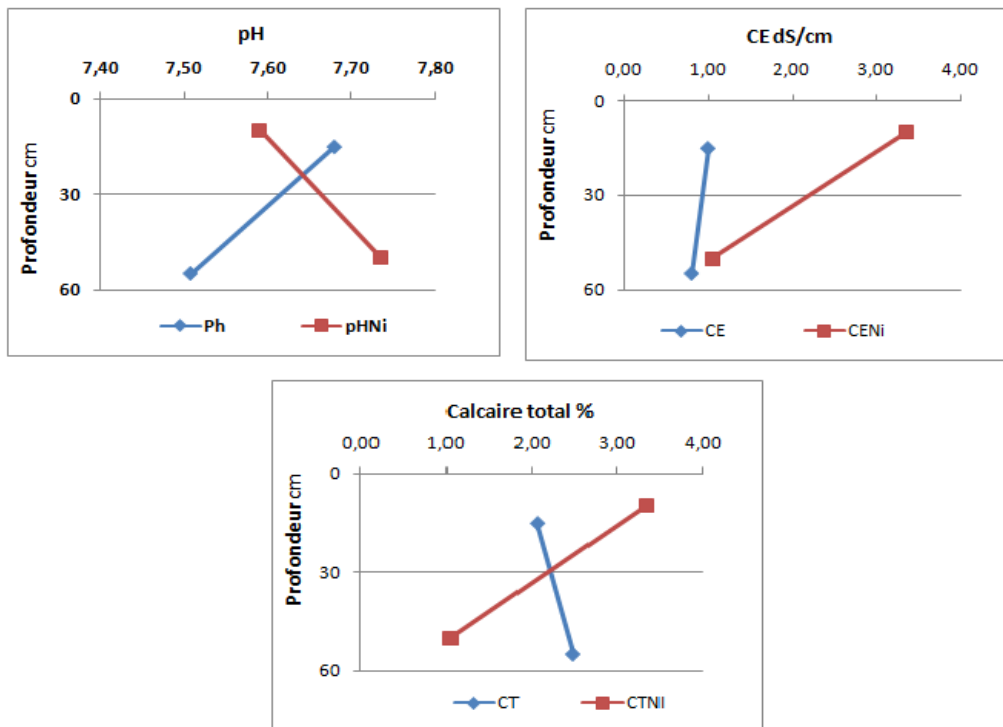


Figure 16 Le pH, calcaire total et conductivité électrique de sol irrigué et non irrigué

IV-3-2-1 L'évolution du pH du sol

L'analyse de la figure 16 montre que les valeurs de pH du sol irrigués est non irrigués sont **légèrement alcalins** ; Le pH fournit une indication approximative sur l'état calcique du sol et oriente le choix des engrais, en particulier les engrais phosphatés, voire un amendement du sol adéquat. Des données sur l'évaluation de l'état calcique du sol et du besoin de chaulage.

IV-3-2-2 L'évolution de la conductivité électrique

Le suivi du changement de la conductivité électrique moyenne du sol après la mise en irrigation, résumé dans la figure 16 précédente, montre que le sol non irrigué est nettement plus salé que le sol irrigué cela peut être expliqué par plusieurs facteurs ; et comme on vient de le constater dans l'étude de la granulométrie le sol est sableux donc très drainant, l'irrigation était non contrôlée de ce fait les quantités apportées étaient suffisantes pour le lessivage des sels en profondeur.

Partie II : Résultats et discussion

Chapitre IV: Caractérisation du sol de la zone d'étude

Le sol non irrigué présente une CE plus marquée en surface cela est expliqué par les conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol (**Cheverry et Robert, 1998**).

IV-3-2-3 L'évolution du calcaire total

Les sols dans la station d'étude sont classés comme peu calcaire que ce soit pour les sols irrigués ou le sol témoin.

L'état calcique du sol est un facteur important pour une utilisation agricole durable des terres. Il est conditionné par la nature de la roche-mère dont le sol est issu, et soumis aux effets des précipitations et du mode d'exploitation du sol. La teneur en carbonate (CaCO_3) du sol joue un rôle important dans les processus chimiques, physiques et biologiques. Les processus suivants sont les plus influencés par la décomposition des carbonates et leur migration.

Les pertes de calcaire se produisent avant tout par lessivage, l'effet neutralisant dans le sol et par les prélèvements des plantes en Ca; les sols concernés ont besoin d'un amendement calcaire conséquent.

La réduction du risque de salinisation et d'alcalinisation secondaire dans la région d'étude peut se faire en conjuguant des périodes d'irrigation localisée (goutte à goutte), avec des périodes d'irrigation gravitaire permettant le lessivage des sels ou encore le changement des sources d'irrigation ou en mélangeant l'eau utilisée avec une eau à faible teneur en sodium (**Lenntech, 2008**).

Conclusion générale

Au terme de ce travail, relatif à la mise en évidence l'impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la salinité des sols dans la région de Hassi Ben Abdellah on a tenté de caractériser les eaux d'irrigation et des sols dans la région de Hassi Ben Abd Allah.

Les analyses des eaux d'irrigation de nous station d'études montre que :

Les eaux d'irrigation de site d'étude sont légèrement alcalin (>7), ces eaux présentent un risque d'alcalinisation réduit, le faciès chimique dominant est **chloruré calcique** secondairement sulfatée sodique. la projection des résultats sur le diagramme de Riverside montre que ces eaux appartiennent à la classe **C4S1** donc une eau de qualité médiocre à mauvaise utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensible et pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage.

De fait de la texture sableuse de notre sol et de la dose d'irrigation non contrôlée ; l'irrigation avec cette eau de mauvaise qualité dans l'exploitation d'étude à diminuée la conductivité électrique du sol par l'alixiviation des sels en profondeur.

Malgré l'effet positif de l'irrigation, avec cette eau classée mauvaise, dont la diminution de la salinité du sol dans la zone d'étude, il ne faut pas ignorer la contrainte de la disponibilité de l'eau dans les zones arides sahariennes. De ce fait il est très intéressant d'entretenir des travaux dans cet axe dans le but de trouver la meilleure dose de lessivage pour une meilleure gestion de la ressource.

Références bibliographiques

AUBERT G., 1978 - Méthodes d'analyse des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille. 189 p.

AMROUNE A, 2008. Hydrogéologie et qualité des eaux souterraines de la plaine de Msila. Algérie. Mémoire de magistère. Université de Batna.

AMROUNE A ET METTAI M, 2000. Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Boussaâda. Mémoire d'ingénieur, université Constantine, 196p.

AI-QAWATI M, AZAMI I Y , ALMADI A , BELHAILI I , MARCI, BAICHOUT F , EL KHARRIMI K , ET BELGHYTI D ,2015. Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région Sidi Allal Tazi-ouest du Maroc. Laboratoire l'ORMVAG Kénitra, Maroc. 420-429p.

BAIZE D., 2000. Guide des analyses en pédologie .2ème édition. INRA, France. 257p.

BENAISSA., 2017-En vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Spécialité Systèmes Spatiaux et Aménagements Agricoles Sahariens, sous titre Impact de la qualité des eaux des forages Albien et Mio-pliocène sur certains paramètres physico-chimiques du sol dans la zone de Hassi Ben Abdellah(Wilaya de Ouargla).2017

BEN AOUDA,2016 memoire de fin d'etudes en vue de l'obtention du diplome master.

BOUAMMAR B, 2015. La question de développement de la céréaliculture dans les régions sahariennes, 4ème Work shop sur l'agriculture saharienne, la céréaliculture dans les zones arides, Ouargla, 1à Mars, 12p.

BOUTLLI, 2012. Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Magister en hydraulique.

BRADAI A., 2017. Evolution de la qualité géochimique des eaux souterraines utilisées dans L'irrigation et leur impact sur la dégradation des sols de la plaine du bas- Cheliff. Thèse de Doctorat. Département d'Hydraulique, faculté de Génie Civil et d'Architecture, Université Hassiba Benbouali.

CHAPMAN D., KIMSTACH V., 1996. Selection of water quality variables. Water quality Assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring.

COUTINET., 1965. Agronomie tropicale I R A T C V paris pp 1242-12.

CLEMENT; R., GALAND A.,1979.- Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression, Ed. Eyrolles 1979, p 227.

- DSA ,2014** - Direction des Services Agricoles. Données statistiques.
- DUTIL P., 1971.-** Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara. Thèse doctorat.
- DURAND J. H., 1958** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert. Alger. 190 p.
- DURAND J. H., 1983** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imprimerie Boudin. Paris. 339 p.
- DURAND J.H., 1958** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190p.
- F. A. O, 1988.** - Salt-affected soils and their management, Bulletin No. 39. FAO, Rome.
- FAO, 1976** - La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin d'irrigation et de drainage. pp :29-82.
- HACHEMAOUI B , 2013.**qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk tlata - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds, mémoire de master, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- HAMDI AISSA B., 2001.-** Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale, Thèse doct, I.N.A-P.G, Paris, p310.
- HAMDI –AISSA B ET GIRARD M, 2000.** Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse P 11, 179-188.
- KOUZMINE Y ., 2003.** L'espace saharien algérien, Dynamiques démographiques et migratoires.U.F.R Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société. Institut de Géographie, Laboratoire THEMA. Université de Franche-Comté Bourgogne,P. 202.
- MATHIEU C. et PIELTAIN F., 1998.** Analyse physique des sols, méthodes choisies. Ed. Tech et Doc. Lavoisier, Paris, 275p.
- MERMOUD. A. (2006).** Notions fondamentales d'irrigation, 48p.
- MONOD T, 1992.** Le désert. Sécheresse, 3 (1) pp 7-24.
- isation spatiale, Thèse doctorat, I.N.A-P.G, Paris, p310.
- RICHARD L. A., 1954** - Diagnosis and improvement of Salinas alkali soils. U.S.D.A. Handbook N°60.Washington. 160 p.
- RODIER J, LEGUBE B, MERET N, COLL, 2009.** L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mère. 9^{ème} édition Dunod, paris, France

ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975.- Le pays d'Ouargla (Sahara Algérien), Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département de géographie Université de Paris-Sorbonne, Paris, P389.

ROUBEH, KAZOUZ.2020.Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master.Filière des Sciences Agronomiques
SpécialitéProtection des ressources sol-eau et environnement.

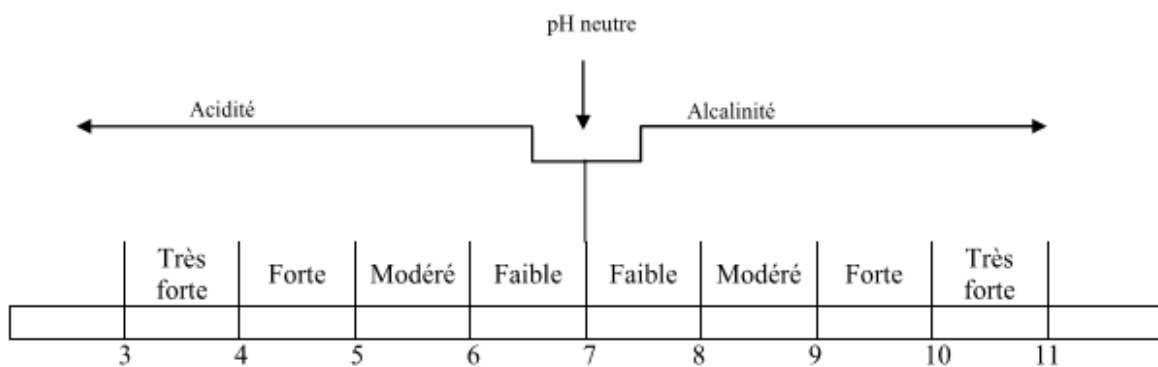
Annexes

Annexes

Annexe 1: Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C (MATHIEU et PIELTAIN, 2009)

CE _{e1:5} à 25 °C	Classe de salinité
CE _{e1:5} ≤ 0,6	Non salé
0,6 < CE _{e1:5} ≤ 1	Légèrement salé
1 < CE _{e1:5} ≤ 2	Salé
2 < CE _{e1:5} ≤ 4	Très salé
CE _{e1:5} > 4	Extrêmement salé

Annexe 2: Normes d'interprétation du pH-eau du sol (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).



Annexe 3 : Echelle d'interprétation de pH extrait 1/5 (Soilsurvey Staff 1999)

Valeur du Ph	Classe
< 4,5	Extrêmement acide
4,5-5,0	Très fortement acide
5,1-5,5	Fortement acide
5,6-6,0	Moyennement acide
6,1-6,5	Légèrement acide
6,6-7,3	Neutre
7,4-7,8	légèrement alcalin
7,9-8,4	Moyennement alcalin
8,5-9,0	Fortement alcalin
>9,0	Très fortement alcalin

Annexe4 : classe des sols gypseux (Barzanji,1973)

Gypse	Nom de classe
0-3	Non gypseux
0.3-10	Légèrement gypseux
10-15	Modèrent gypseux
15-25	Extrèment gypseux

Tableau 1: Echelle de calcaire totale (Baize, 2000)

≤ 1	Horizon non calcaire
$1 < \text{CaCo}_3 < 5$	Horizon peu calcaire
$5 < \text{CaCo}_3 < 25$	Horizon modérément calcaire
$25 < \text{CaCo}_3 < 50$	Horizon fortement calcaire
$50 < \text{CaCo}_3 < 80$	Horizon très calcaire
≥ 80	Horizon excessivement calcaire



photo1 : au niveau d'exploitation



photo2 : des échantillons sécher à l'air libre



Des photos3 : tamisage par vois humide



Des photos 4 : préparation de l'extrait 1/5.

Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude de l'impact de l'irrigation par des eaux minéralisées sur les propriétés physico-chimiques du sol dans la commune de Hassi Ben Abd Allah. L'étude est réalisée au niveau d'une jeune palmeraie d'un particulier et l'eau utilisée dans l'irrigation provient d'un puits creusé à même l'exploitation. L'analyse des caractéristiques physico-chimiques de cette eau a montré que le pH est légèrement neutre à alcalin ($\text{Ph} > 7$). Le faciès chimique de l'eau est **chloruré calcique; secondairement sulfaté sodique**. L'eau étudiée ne présente pas de danger d'alcalinisation ($\text{SAR} < 10$) en revanche, la projection sur le diagramme de Riverside révèle qu'elle appartient à la classe **C4S1** et donc d'une qualité mauvaise à moyenne; elle peut être utilisée pour l'irrigation, des sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes, avec nécessité des doses de lessivage et/ou apport de gypse. Le sol étudié est de texture sableuse avec un pourcentage élevé du sable grossier (**plus de 80%**) et des traces de limons et argiles. La conductivité électrique moyenne du témoin est de **2,195 dS/m** tandis que celle du sol irrigué est de **0,92 dS/m** le calcaire total dosé pour les deux sols ne présente aucune différence significative.

Mots clés : Ouargla, irrigation, eau souterraine, salinité.

المساهمة في دراسة أثر الري بالمياه الجوفية على ملوحة التربة بمنطقة حاسي بن عبد الله ولاية ورقلة.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الري بالمياه المعدنية على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة في بلدة حاسي بن عبد الله. أجريت الدراسة في بستان نخيل خاص صغير، وتأتي المياه المستخدمة في الري من بئر محفور في المزرعة. أظهر تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه أن الأس الهيدروجيني متعادل قليلاً مع القلوية ($\text{Ph} > 7$) السمات الكيميائية للماء هي كلوريد الكالسيوم؛ ثانيًا كبريتات الصوديوم. الماء المدروس لا يمثل أي خطر. القلوية ($\text{SAR} < 10$) من ناحية أخرى، يكشف الإسقاط الموجود على مخطط ريفرسايد أنه ينتمي إلى الفئة C4S1 وبالتالي فهو ذو جودة رديئة إلى متوسطة؛ ويمكن استخدامه للري والتربة الخفيفة والتصريف جيداً وللنباتات المقاومة، مع الحاجة إلى جرعات ترشيج و / أو إضافة الجبس، التربة المدروسة رمليّة الملّس مع نسبة عالية من الرمل الخشن (أكثر من 80٪) وأثار من الطمي والطين. ومتوسط التوصيل الكهربائي للشاهد هو 2.195 dS / m في حين أن التربة المروية هي 0.92 dS / m إجمالي جرعات الحجر الجيري في الترتين لا يمثل أي فرق استنتاج كبير.

الكلمات المفتاحية: ورقلة، الري، المياه الجوفية، الملوحة.

Contribution to the study of the impact of underground water irrigation on soil salinity in the Hassi Ben Abdellah Wilaya de Ouargla region

Abstract

The objective of this work is to study the impact of irrigation with mineralized water on the physicochemical properties of the soil in the commune of Hassi Ben Abd Allah. The study is carried out at a young private palm grove and the water used for irrigation comes from a well dug on the farm. The analysis of the physicochemical characteristics of this water showed that the pH is slightly neutral to alkaline ($\text{Ph} > 7$) the chemical facies of the water is calcium chloride; secondarily sodium sulphate. The water studied does not present any danger). alkalization ($\text{SAR} < 10$) on the other hand, the projection on the Riverside diagram reveals that it belongs to class C4S1 and therefore of poor to medium quality; it can be used for irrigation, light soils and well drained and for resistant plants, with need for leaching doses and / or addition of gypsum. The soil studied is sandy in texture with a high percentage of coarse sand (more than **80%**) and traces of silt and clay. the average electrical conductivity of the witness is **2.195 dS / m** while that of irrigated soil is **0.92 dS / m** total limestone dosed for the two soils does not present any difference significant inference.

Key words: Ouargla, irrigation, groundwater, salinity.