

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie et des
Sciences de la Terre



كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض

Département des Sciences
Agronomiques

Université de Ghardaïa

قسم العلوم الفلاحية

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Licence académique en Sciences Agronomiques
Spécialité : Production végétale

THEME

**Diagnostic de la salinité du sol dans la palmeraie de
Guerrara**

Présenté par :

- Ben Messaoud Sacia
- Ou lad laid Fatma

Membres du jury

M.ALIOUA Y.

M. BENBRAHIM F.

M.ALITATTA B.

Grade

Maître Assistant A.

Maître Assistant A.

Maître Assistant A.

Encadreur

Co- Encadreur

Examineur

Mai 2015

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail premièrement à DIEU qui ma donné force et vitalité afin d'avoir pu réaliser mes rêves de ce diplôme puis à mes très chers parents **ma mère** et **mon père Djallele**. Ils sont Jour et lumière mes voie et mes réjouir et sourire dans mas vie. En ses tendresses encouragement durant ma vie et emballé pour moi de réussir dans mes études, je prie que garder de tout mal et de malheur et longueur de l'âge.*

*A mon promoteur **M. Alioua Y** qui m'a donnée la volonté et encouragement et confiance de continuer ce travail.*

*A mon promoteur et mon monsieur **Ben Brahim Fouzi** pour tous les aides dans ce travail et ma donnée confiance de soi dans mes études par la recommandation du précieux,*

A ma grande mère et grande père

A mes Sœurs : Om Elkhire , Djemaa

A mes frères : Slimane, Tayabe

A mes très chers (es) oncles et tantes et leur maris (es) et leur enfants sans exception.

A tous mes Sœurs dans le Dieu et mes amis sons exception

A mes enseignement de premier jus qui à l'université

*A tous les enseignants dans la section de 3^{eme} année agronomie surtout : **M. Khene B, M. Sadine S.E, M. Chebifi L, M. Kraimat***

M, M. Zargoune Y, Mme. Mouffok et Mme. Mehani

Enfin, je suis reconnaissante à toute personne ayant contribué de près ou de loi à la réalisation de ce travail.

Sacia

Dédicace

Je voudrais dédie ce modeste travail a la première personne que j ai prononcée son nom et qui a été toujours a mes cotés avec son âme, ses efforts et ses prière il s'agit de ma très très chers mère et mon très très chers père Abd el kader, ils sont la lumière ma vie ,qui ma encourage dans chaque étape de ma vie et qui participent avec moi a la réalisation de ce travail .

Ama monsieur Alioua y qui donnée la force et la volonté pour présent ce travail et pour la confiance qui il m'a accordé en acceptant d'encadrer et encouragement qui ont permis d' améliorer la qualité de ce mémoire.

A mes grande dédie pour ma monsieur Ben Brahim F qui donnée l'aide dans chaque étapes de ce mémoire .

A mes chers grands pères, Belkasm et Salah

A mes chers grandes mères Massouda et Saida

Ames Frères Brahim ,yahya et Rabhe

Ames sœurs Abida, Djamila, Ferdousse, Nadjoua

A tous mes chers oncles et ses enfants et toutes ses familles

A tous mes chers tantes ses maries et ses enfant

A tous mes chères amies sans exception

A mes enseignement de premier jus qui à l'université et sans aublier mes tous la section de 3^{eme} année agronomie.

Fatma

Remerciement

Avant tout, Nous remercions <Allah> la tout puissant qui ne donné la force et la patience pour mener à bien ce présent travail

*Nous tenons exprimer ne remercient et toute ne reconnaissance a l'encadreur Monsieur **Alioua youcef** et ce encadreur **Ben Brahim Fouzi***

*Nos remerciements vont aussi à **M. Ali Tattar Brahim** pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

Nous remercions avoires d'exploitation qui nous étude dans ce travail

*Monsieur **Bettach Mouhamed** et **Ben Gride Aissa***

Et tous les responsables et les travailleurs direction des services agricole de Guerrara, aussi les travailleures météo stations de Ghardaïa.

*Et tous les responsables et les travailleurs de laboratoire de l'université de Ghardaïa surtout **Moullie Amar Ali** et **Msitfa Nour-el dine***

*Nous remercions tous les enseignants surtout : **M.Khene B, M. Sadine S.E, M. Chebihi L, M.Kraimat M, M. Zargoune Y, Mme.Mouffok et Mme.Mehani***

Nous remercions sincèrement tous nos enseignants pour leurs efforts et leurs disponibilités tout au long de notre cursus de licence.

Nous remercions aussi nos amis de l'université de Ghardaïa auxquels nous nous sommes très reconnaissants

Nous remercions le staff de l'administration et tout le personnel de l'université de Ghardaïa spécialement celui du département de agronomie et biologie

Nous exprimons nos gratitudes à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire

Diagnostic de la salinité du sol dans la palmeraie de Guerrara

Résumé :

Cette étude qui a été menée dans la région d'El Guerrara, durant 2015, se base sur l'explication des différents pourcentages de salinité dans deux parcelles cultivées en palmiers dont une est ancienne (52 ans) et l'autre représente une plantation jeune (10 ans), pour montrer l'influence de l'irrigation sur le développement des sels dans les deux différentes régions Fossaa (amont) et Aghzou (avale). Les mesures de salinités appliquées aux échantillons ont montré que la salinité du sol varie du non salé à extrêmement salé. L'allure des profils salin a révélé trois types de profil, le type A dans Aghzou (palmiers ancienne) et Fossaa (palmiers jeune), caractérisé par un maximum de salinité en surface, le type B dans Aghzou (palmiers ancienne) et Fossaa (palmiers ancienne) caractérisé par un maximum de salinité en moyenne profondeur et le type D dans Aghzou (palmiers jeune) et Fossaa (palmiers ancienne) caractérisé par un maximum de salinité en profondeur.

Mots clés : salinité, profil salin, Fossaa, Aghzou, Guerrara

Diagnostic de la salinité du sol dans la palmeraie de Guerrara (Ghardaïa)

ملخص :

من خلال دراستنا التي أجريت في منطقة القرارة أثناء فترة 2015. ركزنا على توضيح اختلاف نسب الملوحة في التربة المزروعة بنخيل قديمة الغرس (52) سنة, وتربة أخرى مزروعة بنخيل فتية الغرس يتراوح عمرها حوالي 10 سنوات للاستدلال على تأثير الري على تطور الملح في منطقتين مختلفتين هما الفوساعة (المرتفع), أغزو (المنخفض) معايير الملوحة المطبقة للعينتين برهنت أن ملوحة التربة تتغير من مالحة إلى جد مالحة, حيث كشفت لنا المنحنيات العميقة للملوحة ثلاثة أنواع من التشكيلات الملحية: النوع (A) يوجد في منطقة الفوساعة المزروعة بالنخيل فتية الغرس, و في منطقة أغزو المزروعة بالنخيل قديمة الغرس المتميز بأقصى حد من الملوحة في الطبقة السطحية, النوع (B) يوجد في المنطقتين الفوساعة و أغزو المزروعتين بالنخيل قديمة الغرس المتميز بأقصى حد من الملوحة في الطبقة المتوسطة, النوع (D) يوجد في منطقة الفوساعة المزروعة بالنخيل قديمة الغرس و في منطقة أغزو المزروعة بالنخيل فتية الغرس المتميز بأقصى حد من الملوحة في الطبقة التحتية الكلمات المفتاحية: الملوحة, المنحنيات العميقة للملوحة, الفوساعة (المرتفع), أغزو (المنخفض), القرارة

Diagnostic de la salinité du sol dans la palmeraie de Guerrara

Abstract:

This study that was carried in the region of Guerrara during 2015, is based on the explanation of the different percentages of salinity in parcel cultivated by ancient palms (52 years) and new cultivated parcel (10 years), to show that irrigation influences the development of salt in both regions Fossaa (upstream) and Aghzou (downstream). The results of analyses have shown that the soil salinity varies from non-salted to extremely salted. The allure of saline profiles revealed three saline profile types, Type (A) exists in the region of Aghzou (ancient palms) and Fossaa (new palms) characterized by a maximum salinity in surface, Type (B) exists in the region of Aghzou (ancientpalms) and Fossaa (ancient palms) characterized by a maximum salinity in depth The type (D) exists in the region of Aghzou (new palms) and Fossaa (ancient palms), characterized by a maximum of salinity in depth.

Key words: salinity, forms saline profiles, fossaa, Aghzou, Guerrara

Liste des tableaux

N° de Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Caractéristiques des différentes catégories de sol salé	<i>08</i>
Tableau 02	Façon globale les classes de tolérance à la salinité	<i>09</i>
Tableau 03	Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée	<i>10</i>
Tableau 04	Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols	<i>11</i>
Tableau 05	Classes du sol selon le pH de pâte saturée	<i>13</i>
Tableau 06	Tolérance des plantes aux sels	<i>15</i>
Tableau 07	Données météorologique de la Wilaya de Ghardaïa	<i>21</i>

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	le cycle des sels dans le sol.	15
Figure 02	Situation géographique de la région Ghardaïa	20
Figure 03	Limites administra de la wilaya de Ghardaïa	21
Figure 04	Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa	23
Figure 05	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER	24
Figure 06	Milieu physique de la wilaya de GHARDAIA	26
Figure 07	La parcelle cultivée Ancienne	30
Figure 08	prélèvement de la tarière	30
Figure 09	La parcelle cultivée nouvelle	30
Figure 10	prélèvement de la tarière	30
Figure 11	Plan échantillonnages	31
Figure 12	séchage des échantillons	32
Figure 13	tamisaage des échantillons	32
Figure 14	préparation de Balance	32
Figure 15	pesée du sol	32
Figure 16	100 ml d'eau distillée	32
Figure 17	Ajouter 20g de sol	32
Figure 18	agitation de l'extrait	32
Figure 19	appareille PH-mètre et conductimètre	32
Figure 20	Profil salin FA1	35
Figure 21	Profil salin FA2	36
Figure 22	Profil salin FA3	36
Figure 23	Profil salin FA4	37
Figure 24	Profil salin FA5	38
Figure 25	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (FA)	39
Figure 26	Profil salin FJ1	40

Figure 27	Profil salin FJ2	40
Figure 28	Profil salin FJ3	41
Figure 29	Profil salin FJ4	42
Figure 30	Profil salin FJ5	42
Figure 31	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée jeune (FJ)	43
Figure 32	Profil salin AA1	45
Figure 33	Profil salin AA2	46
Figure 34	Profil salin AA3	46
Figure 35	Profil salin AA4	47
Figure 36	Profil salin AA5	48
Figure 37	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (AA)	48
Figure 38	Profil salin AJ1	49
Figure 39	Profil salin AJ2	50
Figure 40	Profil salin AJ3	51
Figure 41	Profil salin AJ4	52
Figure 42	Profil salin AJ5	52
Figure 43	Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée jeune (AJ)	53

Liste des abréviations

C.E.C	Capacité d'échange cationique
Ca	Calcium
CaCO₃	Carbonate Calcium
CE	conductivité électrique.
Cl	Chlore
CO₃	Carbonate
dS/m	déci Semence par mètre
µS/m	Micro Semence par mètre
ESP	Echangeable Sodium Pourcentage (pourcentage de sodium échangeable)
g/l	Gramme par litre
H	Hydrogène
H₂PO₄	Di hydro génophosphate
Ha	Hectare
HCO₃	Bicarbonate
K	Potassium
KCl	chlorure de potassium
M	Mètre
Meq /l	Milli équivalente par mètre
Mg	Magnesium
MgSO₄	Sulfate de magnésium
Mha	million d'hectare
Mmhos	Milimohs
Mo	Molybdène
Na	Sodium
Na Cl	Chlorure sodium
Na₂CO₃	carbonate de sodium.
NaSO₄	Sulfate de sodium.
PH	Potentiel Hydrique
SAR	Sodium Adsorption Ratio (taux d'adsorption de sodium).
SO₄	Sulfate

A .N.I.R.E.F	Agence Nationale d'intermédiation et de Régulation Foncière
A.N.R.H	Agence National des Ressources Hydriques.
D.E.L.T.A	Développement des systèmes culturels territoriaux
FAO.	Food and Agriculture Organisations.
O.N.M.	Office National de Météorologie.
U.S.S.L	Laboratoire de Salinité de Sal des Unis
F	Fossaa
A	Aghzou
A	Ancienne
J	Jeune

Table des matières

Titre	Page
Introduction	02

Chapitre I : salinité des sols	
1. Généralité	05
2. Répartition de salinité du sol dans le monde	05
3. Répartition de salinité du sol des en Algérie	05
4. Salinisation	06
5 .Les origines de salinisation	06
5-1. Salinisation primaire	06
5-2. Salinisation secondaire	07
6 .Les Sols salées	07
6.1. Caractères les sols salés	07
6.2. Classification des sols salés	07
6.2.1. Sol alcalin	08
6.2.2 .Sols salins	08
7. L'utilisation agricole des sols salés	08
8. Paramétrer de caractérisation des sols salés	09
8-1 .Salinité des sols	09
8-2 La Sodisation	10
8.2.1. Notion de sodium Adsorption ratio (SAR)	11
8.2.2. Caractéristiques de ces sols	12
9. pH du sol	12
9. 1.L'Alcanisation	13
10. Causes principales de salinisation	14
11. Les raisons de l'occurrence de la salinité dans une Agriculture irrigué	14
12 .Tolérance des plantes au sel	15
13. Les moyens de lutte contre la salinisation des sols	15
14. La solubilité des sels	16

15. Principaux sels solubles	16
15.1. Les chlorure	15
15.2. Les sulfate	16
15.3. Les bicarbonates ou carbonates	17
16. Mouvement des sels solubles dans le sol	17
16.1. Lixiviation	17
16.2. Remontée capillaire	17
16.3. Thermodialyse	18
17. Nappe phréatique	18

Chapitre II : présentation de la région de Ghardaïa	
1. Cadre géographique	20
2. Climat	21
2.1. Précipitation	22
2.2. La température	22
2.3. Humidité relative	22
2.4. Les vents	22
2.5. Classification du climat	22
2.5.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	22
2.5.2. Climagramme d'EMBERGER	23
3. Hydrologique	25
4. Géomorphologie	25
4. 1. Chabka du M'Zab	25
4.2. Région des dayas	25
4.3. Région des Regs	25
5. Géologie	26
6. Hydrogéologie	26
6.1. Nappe phréatique	26
6.2. Nappe du Continental Intercalaire	27

7. Caractéristiques du site d'étude (Guerrara)	27
--	----

Chapitre III: Matériels et méthodes	
1. Approche méthodologique	29
2. Présentation du site d'étude	29
2.1. Site de Fossàa (l'amont)	29
2.2. Site de l'Aghzou (l'aval)	29
3. Choix du site d'étude	30
4. Échantillonnage	30
5. Analyse de laboratoire	31
5.1. Analyse du sol	31
5.2. Analyse de l'eau	32

Résultats et Discussions

Chapitre IV: Etude de la salinité du sol dans la palmeraie de : Fossàa	
1. Résultats	35
1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée ancienne	35
1.1.1 Dynamique des sels dans le profil FA1	35
1.1.2. Dynamique des sels dans le profil FA 2	35
1.1.3. Dynamique des sels dans le profil FA 3	36
1.1.4. Dynamique des sels dans le profil FA4	37
1.1.5. Dynamique des sels dans le profil FA5	37
1.1.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (FA)	38
1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée jeune FJ	39
1.2.1. Dynamique des sels dans le profil FJ1	39
1.2.2. Dynamique des sels dans le profil FJ2	40
1.2.3. Dynamique des sels dans le profil FJ3	41
1.2.4. Dynamique des sels dans le profil FJ4	41
1.2.5. Dynamique des sels dans le profil FJ5	42
1.2.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée jeune (FJ)	43

2. Discussions	43
----------------	----

Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie d'Aghzou	
1. Résultats	45
1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée ancienne (AA)	45
1.1.1. Dynamique des sels dans le profil AA1	45
1.1.2. Dynamique des sels dans le profil AA2	45
1.1.3. Dynamique des sels dans le profil AA3	46
1.1.4. Dynamique des sels dans le profil AA4	47
1.1.5. Dynamique des sels dans le profil AA5	47
1.1.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (AA)	48
1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée jeune AJ	49
1.2.1. Dynamique des sels dans le profil AJ1	49
1.2.2. Dynamique des sels dans le profil AJ2	50
1.2.3. Dynamique des sels dans le profil AJ3	50
1.2.4. Dynamique des sels dans le profil AJ4	51
1.2.5. Dynamique des sels dans le profil AJ5	52
1.2.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée jeune (AJ)	53
2. Discussions	53

Conclusion 56

Références bibliographiques 58

Introduction

Le sol est actuellement considéré comme une interface dans l'environnement et une ressource pour le développement. Naturellement, le sol est une ressource lentement renouvelable. Or, du fait des activités humaines et des mauvaises relations actuelles entre les sols et les sociétés humaines, les sols sont soumis à différentes formes de dégradation, le plus souvent irréversibles. (Boualla et al, 2012).

La dégradation de la qualité des sols et des eaux suite à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (Mathieu et Ruellan, 1980; Larson et Pierce, 1991; Robert, 1992; 1996; Umali, 1993; Badraoui et Merzouk, 1994; Farhat, 1995; Badraoui et al., 1998a; 1998b in Boualla et al 2012)

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermoud, 2006)

Les sels, au sens large du terme, constituent les traits caractéristiques des paysages arides d'Algérie, plus de 95% des sols de ces régions sont en effet soit calcaires, soit gypseux, soit sal sodiques. au niveau de la couverture pédologique, ils sont en général de formation superficielle ou subsuperficielle et sont le résultat de processus anciens et plus récents (HALITIM A 1988)

Dans les régions sahariennes, l'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation. Cependant cette technique qui modifie considérablement les propriétés du sol, peut être dangereuse car les eaux qui sont très chargées de sels peuvent aggraver le problème de salinité (BEN BRAHIM, 2001).

L'objectif du présent travail est de diagnostiquer l'état de la salinité dans une palmeraie à Guerrara et d'étudier la dynamique des sels dans le profil.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons structuré ce mémoire comme suit :

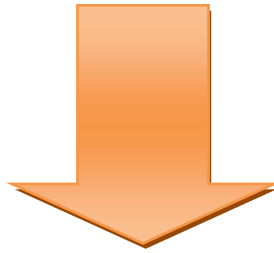
Ce travail comporte trois parties :

- La première est réservée à la synthèse bibliographique sur la salinité des sols et le palmier dattier.
- La deuxième partie prendra en compte le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'une présentation de la région d'étude.

- La troisième partie traitera les résultats et les discussions.

Et nous achèverons le travail par une conclusion générale

Chapitre I



Salinité des sols

1. Généralité :

On entend, en général, par salinité une teneur du sol en sels solubles préjudiciable à la production végétale d'une façon plus générale, il y a salinité chaque fois que la présence des sels vient modifier la vie végétale ou les caractéristique des sols. La liste des sels en cause varie selon le cas de salinité, le plus fréquente en zone semi-aride est d'avoir des chlorures ou des sulfates de sodium ou de magnésium. (FORGES M, 1972)

2. Répartition de salinité du sol dans le monde :

Le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute dont 3 ha (plus de 1,5 Mha par ha) à cause de la salinisation (Kovda, 1983 in FAO et al 2006). Aujourd'hui, on estime à près de 400 Mha les terres affectées par la salinisation (Bot, Nachtergaele & Young, 2000 in FAO et al ,2006)

Les terres émergées représentent 13,5 milliard d'ha. Mais, quand on a retiré les déserts, les hautes montagnes, l'Antarctique, le Groenland, il reste 3 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total (NAHON, 2008)

Selon cet auteur et de façon générale « les sols sodiques en Afrique du Nord proviennent principalement d'une action de la mer (pas actuelle) ou de la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux répartis dans l'échelle stratigraphique depuis le Trias jusqu'au Quaternaire (INSID2008)

3. Répartition de salinité du sol des en Algérie :

En Algérie, de l'Est à l'Ouest et de la côte au Sahara, les sols agricoles sont, dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptible de l'être (HALITIM, 1973) in BENBRAHIM F, 2001). Il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres (INSID, 2008)

Les sols salins sont très répondus dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Rélizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme chott Melrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà. Leur conductivité électrique est supérieure à 7 dS/m, sur l'ensemble du profil et le pourcentage de sodium

échangeable sur la capacité d'échange cationique (C.E.C.) est variable de 5 à 60% (BENBRAHIM F, 2001)

4. Salinisation :

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin. La salinisation peut aussi être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles (FAO et al, 2006).

Elle se produit généralement lorsque la quantité d'eau perdue par le sol par évapotranspiration dépasse celle provenant de l'infiltration des précipitations. La salinisation entraîne un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes, une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl⁻, Na⁺, etc...) et une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la conductivité hydraulique. (Mermoud ,2006)

5 .Les origines de salinisation :

L' accumulation des sel dans les sols a pour origine plusieurs facteurs dont , les principaux sont : les eaux d'irrigation , les roches parentales plus ou moins salées , la très forte évaporation et surtout la concentration des sels , dans le temps en l'absence de drainage (dessalage) .dans les halomorphes , la salinité maximum en surface peut atteindre les 50 mmhos/cm et décroît brusquement ou progressivement avec la profondeur .le caractère de salinité des sol peut varier d'une façon quantitative et qualitative surtout en présence d' un plan d'eau en relation étroite avec la dynamique des nappes saumâtres imposées par les condition géomorphologiques et climatiques du Sahara .Du point de vue qualitatif ,les sels solubles de l'extrait de pâte saturée sont dominés par le chlorure et représentent un fort taux de la saumure anionique totale. Selon les zones et parmi le cation, le sodium vient en première place. le PH de ces sols halomorphes est souvent alcalin, résultant surtout d' une importante teneur en gypse.(KADRAOUI A ,2010)

5-1. Salinisation primaire :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.

- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MERMOUD, 2006)

5-2. Salinisation secondaire :

Près de 20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine « anthropique ». On parle alors de salinisation "secondaire", induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation. (FAO et al ,2006)

Des sols irrigués due à l'accumulation des sels solubles dans le sol. elle résulte de divers facteurs dont l'irrigation avec des eaux de mauvaise qualité, un lessivage insuffisant un drainage inefficace, un taux important d'évaporation, des remontées du niveaux des nappes.

Lorsque les sols reçoivent un excès de sels solubles, il y a échange entre le Na^+ et les ions Ca^{++} et Mg^{++} fixés sur les minéraux argileux. C'est un phénomène d'alcalinisation. Il faut une quantité notable de Na^+ pour qu'il y ait adsorption par les argiles. Les ions Ca^{++} et Mg^{++} échangés précipiteront quand le produit de solubilité de leurs sels sera dépassé par suite d'évaporation. Au dessus d'un taux de 15% de Na^+ échangeable on parlera de sols à alcalis. Il apparaîtra alors une dégradation des propriétés physiques du sol. (LALLEMAND-BARRES A ,1980)

6 .Les Sols salés :

Les sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons –ou de tout leur ensemble- sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels en particulier du sodium (AUBERT .G ,1976)

6.1. Caractères les sols salés :

Les sols salés se caractérisent par une accumulation de différents types de sel dans le sol , leur pédogenèse est influencée par la présence de sels solubles (chlorures ,sulfates ,carbonates, bicarbonates de sodium et/ou de magnésium ,dont la teneur élevée peut les rendre apparents à l' examen visuel et provoque une modification importante de la végétation (KHADRAOUI A ,2010)

6.2. Classification des sols salés :

On classe les sols salés en fonction de la concentration de sel , de la durée de submersion et de la quantité d' eau contenue dans le sol (GEORG .G, 1997)

6.2.1. Sol alcalin :

Sol contenant assez de sodium libérable pour provoquer l'inhibition de croissance de la plupart des plants cultivées, et qui peut contenir en outre des quantités appréciables de sels solubles .on distingue deux catégories de sols alcalin :

- A. Sols alcalins non salins : contenant assez de sodium libérable pour inhiber la croissance de la plupart des plantes cultivées , mais ne contenant pas de concentration appréciables de sels solubles .le pourcentage de sodium échangeable est supérieur a15, la conductivité de l'extrait de saturation est inférieure a 4 mmhos par cm a25 C°, et le PH du sol saturé dépasse généralement 8,5.
- B. Sols alcalins salins :contenant à la fois assez de sodium libérable pour inhiber la croissance de la plupart des plantes cultivées et des sels solubles en quantités appréciables .la pourcentage de sodium échangeable est supérieur à 15 ,la conductivité de l'extrait de saturation est supérieur à 4 mmhos par cm à25C° ,et le PH du sol saturé est généralement inférieur à 8,5. .(HAYWARD H .E ,1952) .

6.2.2 .Sols salins :

Sol non alcalin qui contient des sels solubles en telles quantités qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultivées .le conductivité de l'extrait de saturation est supérieure à 4 mmhos/cm à 25%, le pourcentage de sodium échangeable est inférieur à 15,et le PH du sol saturé est en général inférieur à 8,5 .(HAYWARD H .E ,1952) .

Tableau N°01 : caractéristiques des différentes catégories de sol salé (MARMODE 2006)

	CEà25C° (mS.cm ⁻¹)	ESP
Sol salins	>4	<15
Sol alcalins (sodique)	<4	>15
Sol alcalins-salins	>4	>15

7. L'utilisation agricole des sols salés :

La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée (néfastes pour le développement de la végétation ou des cultures) rend difficile voir complexe l'utilisation des sols salés pour la production agricole. Aussi et à titre indicatif, il est

donné dans le tableau suivant une gamme de cultures adaptées aux différents niveaux de salinité des terres (INSID, 2008)

- **Sensibilité des cultures à la salinité du sol**

Tableau N°02 : il est donné de façon globale les classes de tolérance à la salinité (INSID, 2008)

Classes de tolérance relative à la salinité	Salinité limite du sol (C.E sol) sans perte de rendement (ds/m)
Sensible	Inférieure à 1.3
Moyennement Sensible	1.3 – 3.0
Moyennement Tolérante	3.0 – 6.0
Tolérante	6.0 – 10.0

Dans le tableau suivant il est donné la nomenclature de cultures : classées de sensibles à tolérantes à la salinité ainsi que leur rendement en fonction de la concentration du sel dans le sol et dans l'eau (CE sol ; CE eau).

8. Paramétrer de caractérisation des sols salés :

Les sols affectés de problèmes de salinité présentent des concentration excessives en sels solubles (sols salins) , en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins)on les deux (sols alcalino-salin). Les sels solubles concernes sont essentiellement. Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_3^{-2} , HCO_3^- (bicarbonates), CO_3^{-2} , NO_3^- (MERMOUD , 2006)

8. 1 .Salinité des sols :

La salinité des sols a été longtemps mesurée par la résistivité des extraits de sol , qui permet de calculer leur teneur en sels solubles .cette salinité s' exprime en conductibilité spécifique à $25C^\circ$,de la solution obtenue à partir du sol ,soit C.E . $25C^\circ$,en mmhos/cm . (LALLEMAND-BARRES A, 1980)

la conductivité électrique sur extrait de pâte saturée (CES) des horizons d'enracinement est exprimée généralement en mmhos/cm . les limites adoptées correspondant à de résistances du sol aux cultures (échelle de RIVERSIDE).sont les suivant :

- < à 2 mmhos /cm très faible
- 2 à 4 mmhos /cm faible

- 4 à 7 mmhos /cm moyenne
- 7 à 14 mmhos/cm forte
- 14 à 28 mmhos /cm assez forte
- > 28 mmhos /cm très faible (KHADRAOUI, 2010)

Remarque : $1\text{dS} / \text{m} = 1\text{mS} / \text{cm} = 1\text{mmhos} / \text{cm} = 0.1 \text{ S} / \text{m} = 1000 \mu\text{S} / \text{cm}$ (LAHLOU et al 2000)

Tableau N° 03 : Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (U.S.S.L., 1954)

C.E. (dS/m à 25°C)	Degré de salinité
≤ 2	Sol non salé
$2 < \text{C.E.} \leq 4$	Sol faiblement salé
$4 < \text{C.E.} \leq 8$	Sol moyennement salé
$8 < \text{C.E.} \leq 20$	Sol fortement salé
> 20	Sol extrêmement salé

8.2 La Sodisation :

Est l'enrichissement du complexe absorbant en sodium échangeable. on considère qu'un sol est sodique lorsque le pourcentage de Na échangeable (ESP) est supérieur à 15%.mais des phénomènes de dégradation de la structure interviennent parfois pour des valeurs plus faibles.(JEAN-PAUL LEGROS, 2007)

D'après (AUBERT G ,1976) les sols sodiques aussi appelés sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles - plus solubles que le gypse - dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons - ou de tout leur ensemble - sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels, en particulier du sodium Le taux de sodium échangeable est défini par la relation avec $\text{ESP} = [\text{Na}^+] / \text{CEC} * 100$

$[\text{Na}^+]$: sodium adsorbé en méq/100g de sol.

CEC :capacité d'échange cationique en méq/100g de sol.

8.2.1. Notion de sodium Adsorption ratio (SAR) :

Prenons un sol sain que l'on irrigue avec une eau de plus ou moins bonne qualité. La qualité équilibre avec la salinité de l'eau. Il serait intéressant de connaître cette valeur car, à terme, elle va conditionner les propriétés agronomiques du sol (JEAN- PAUL LEGROS 2007)

Il s'agit également d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau d'alcalinisation (Tableau. N° 4).

Tableau N° 4. Sodium Adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols (SERVANT et al, 1966 in BEN BRAHIM ,2001)

S.A.R.	Degré d'alcalinisation
≤ 4	Pas d'alcalinisation
$4 < \text{S.A.R.} \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < \text{S.A.R.} \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < \text{S.A.R.} \leq 18$	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

La Sodicit  est habituellement exprim e en termes de SAR (taux d'adsorption du sodium) ou de ESP (pourcentage de sodium échangeable). Le SAR représente la proportion relative du sodium Par rapport au calcium et magnésium. Ces deux cation tendent à contrecarrer l'effet dispersif du sodium. (LAHLOU.M et al ,1998)

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

Concentration exprim es en méq /L

Il existe plusieurs relations empiriques entre le S.A.R. et L'E.S.P., la relation la plus classique et la plus utilis e est celle propos e en 1954 par l'U.S.S.L. sur la base de mesures r alis es sur 59 types de sols différents :

$$\text{E.P.S (\%)} = \frac{(-0,0126+0,01475 \text{ S.R.A})}{1+ (-0,0126+0,01475 \text{ S.R.A})}$$

8.2.2. Caractéristiques de ces sols:

Les sols salins (mais non sodiques): ils ont en général un PH inférieur à 8,5. Leur perméabilité est similaire à un sol non salin. Ces sols ne nécessitent que des nettoyages et un système de drainage efficient.

Les sols salins et sodiques: tant que les excès de sels sont présents dans le sol, ces sols sont similaires aux sols salins. Le pH est seulement supérieur à 8,5 et le sol floccule facilement. En cas de nettoyage des excès de sels, le sol va perdre de manière dramatique ses propriétés. Sa structure va se détériorer à cause des excès de sodium dans le complexe absorbant. Il va devenir fortement alcalin avec des PH supérieurs à 8,5. Sa perméabilité va se rapprocher de 0 à cause de la floculation des argiles. La récupération de tels sols est quasi impossible. Cela nécessiterait des quantités énormes d'amendements en gypse (sels de calcium) pour remplacer le sodium dans le complexe absorbant.

Les sols sodiques non salins: le pH s'élève entre 8,5 et 10. Ils sont sans structure et leur perméabilité est presque nulle. La récupération de tels sols est très difficile et coûteuse.

(Marc L, 2001)

9. pH du sol :

Dans les régions arides, la gamme relative aux sols s'étend d'un pH légèrement inférieur à 7 à un pH d'environ 9 (BUCKMAN et al, 1965 in BACI, 1982).

Le pH peut être un paramètre de classification, FIREMAN et al. (1951 in U.S.S.L., 1954), ont classé le sol en fonction du pH de pâte saturée (Tableau.05).

Tableau N°05 : Classes du sol selon le pH de pâte saturée (FIREMAN et al, 1951
in U.S.S.L., 1954)

PH	Classe du sol
$\geq 8,5$	Indiquent souvent un pourcentage de Na^+ échangeable supérieur ou égale à 15% et la présence des carbonates alcalino-terreux
$< 8,5$	Les pourcentages de Na^+ échangeable peuvent ou ne peuvent pas dépasser 15%
$\leq 7,5$	Ces sols ne contiennent jamais de Ca^{++} et Mg^{++}
< 7	Ces sols contiennent des quantités significatives d'ion H^+ échangeable

9. 1.L'Alcanisation :

Littéralement, il s'agit d'une élévation du PH du sol sous l'effet de l'accumulation de bases. Pour comprendre en quoi ce mécanisme menace les sols irrigués de la vallée, il convient de rappeler que l'eau du fleuve est très peu minéralisée et que son SAR est très bas (< 1). Cependant elle contient des carbonates (CO_3^{--}), qui est une base faible, en quantité relativement importante. En simplifiant le phénomène, il est utile de rappeler ceci:

- En milieu aride, et en cas de drainage limité ou nul, la forte évaporation conduit à concentrer les eaux de surface et du sol.
- Lorsqu'une eau même faiblement minéralisée se concentre, sa composition évolue: la teneur en ions augmente. A la limite une évaporation poussée conduira à des eaux concentrées et donc salées.
- Toutes les espèces minérales ne se maintiennent pas en solution au cours de l'évaporation:

Lorsque le seuil de solubilité du minéral est atteint, il précipite et les ions correspondants cessent donc de se concentrer.

- Le premier minéral qui précipite est la calcite CaCO_3 . Cette précipitation intervient pour une valeur constante du produit des concentrations en calcium et en carbonate.

Or l'eau du fleuve est relativement plus riche en carbonate (base faible) qu'en calcium. La précipitation laisse donc des carbonates résiduels en solution. Sa concentration donc tendance à continuer à augmenter. Ceci entraîne l'accroissement du PH de la solution.

Alors que la teneur en calcium diminue, la teneur en sodium augmente puisque aucune espèce minérale contenant du sodium ne précipite. Le SAR de l'eau augmente à son tour. Une eau classée initialement sans danger pour l'irrigation devient ainsi alcaline et sodisante (Marc L, 2001)

10. Causes principales de salinisation :

Les principales causes de la salinité sont :

- utilisation d'un eau d'irrigation de qualité médiocre et lessivage naturel insuffisant
- Remontée de la nappe souterraine à proximité de la surface et transport de sels remontées capillaires.(Mermoud, 2006)

11. Les raisons de l'occurrence de la salinité dans une Agriculture irrigué :

La salinisation d'un sol peut être due à la combinaison de l'un ou de plusieurs des trois facteurs suivant. La figure N°01 donne un aperçu schématisé du cycle des sels dans le sol. Un apport massif d'eau suite à une irrigation ou à une forte pluviométrie entraîne une dissolution des minéraux qui existent naturellement dans le sol, tel que la calcite ou le gypse, et leur percolation profonde jusqu'au nappes phréatiques. L'eau des nappes devient ainsi plus chargée. Lorsque la Nappe s'approche de la surface et qu'elle devient facilement exploitable à des fins d'irrigation, les sels initialement dissous précipitent sous l'effet de l'évapotranspiration et entraînent une augmentation de la concentration saline dans les sols. En plus si la nappe est surexploitée à proximité de la mer, et que le niveau de la nappe descend en dessous du niveau de la mer, l'eau de cette dernière remonte pour équilibrer le niveau et entraîne l'augmentation de la concentration en sels dans la nappe. (LAHLOU .M et al ,2000)

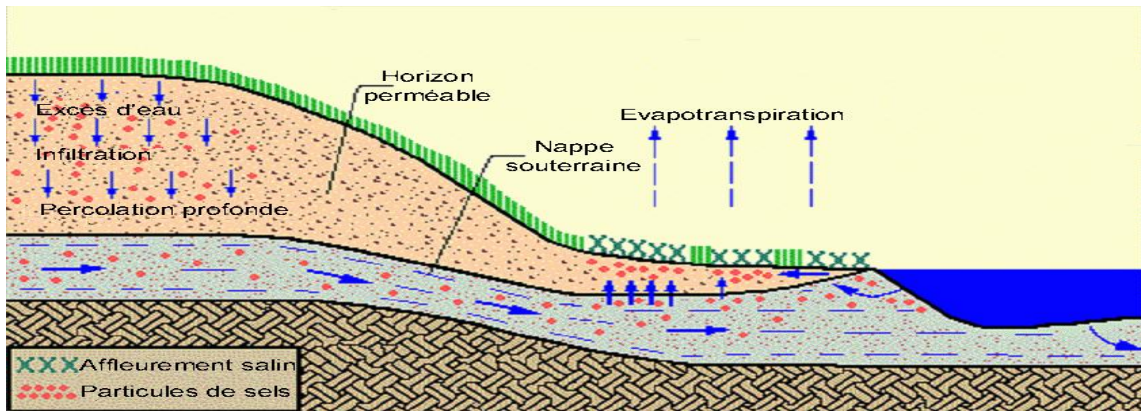


Figure N°01 : le cycle des sels dans le sol.(LAHLOU .M et al ,2000)

12 .Tolérance des plantes au sel :

tolérance au sel d'une culture s'évalue soit en fonction du critère biologique (survivance ou non dans un milieu salin) ,soit en fonction du rendement relatif d' une culture sur sol salin comparé à son rendement sur sol non salin ,c'est ce dernier critère qui est utilise en général. on peut aussi évaluer la rendement absolu d une culture sur sol salin , qui détermine le choix d'un assolement en milieu salin (LALLEMA ,A,BARRES 1980)

Tableau N°06 : tolérance des plantes aux sel [FAO, 2005] :

EC ds /m	Sels en g/l	Effet
< 2	-	Négligeable
2-4	< 1 ,5	Quelques dégâts sur cultures sensibles
4-8	1,5-3,5	Dégâts sérieux sur la plupart des cultures
8-15	3,5-6,5	Seules les plantes tolérantes résistent
>15	6,5	Peu de plantes survivent

13. Les moyens de lutte contre la salinisation des sols :

D'après (Marc L 2001) La lutte contre la dégradation doit permettre d'éviter les mécanismes cités précédemment soit:

➤ la remontée de la nappe phréatique souvent salée à la surface du sol ou à une faible Profondeur.

- les phénomènes de capillarité (concentration des sels en superficie).
- les mouvements d'eau souterrains d'une parcelle à une autre (des zones hautes vers les zones basses).
- la concentration des sels apportés par l'eau d'irrigation dans le sol.
- la concentration des eaux d'irrigation jusqu'à ce qu'elles atteignent un SAR (teneur en sodium) dangereux.
- la concentration des carbonates dans le sol.

14. La solubilité des sels :

On entend par sels solubles tous les sels plus solubles à l'eau que le gypse leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique (SPOITO, communication orale) (HALITIM A ,1988)

15. Principaux sels solubles :

15.1. Les chlorure :

Les chlorures varient dans le même sens que la conductivité électrique. Ils se concentrent plus de 500 fois d'amont en aval ,ce qui est cependant inférieur au niveau de concentration de Na^+ et laisserait prévoir la formation d'autres sels de sodium que NaC (HALITIM. 1988)

Parmi ceux-ci, deux types peuvent être différenciés :

- Les sols « Salit » chlorurés, acidifiés.
- Les sols « Salit » chlorure-sulfatés neutres

15.2. Les sulfate :

Selon deux milieux géochimiques, on peut distinguer :

- Les sols « Salit » sulfatés neutres

D'origine continentale stricte, cette salinité est souvent induite par la nature d'eaux d'irrigation très chargées en sulfates et en sodium (LOYER et al., 1989).

- Les sols « Salie » sulfatés acides

Ils ont une origine marine et sont formés à partir des milieux de mangroves potentiellement acides, dont l'acidification est exacerbée par les sécheresses climatiques des pays tropicaux. (LEB RUS-Q et al, 1987).

15.3. Les bicarbonates ou carbonates :

Les bicarbonates ne montrent pas de variation significative d'un point à l'autre des séquences. Deux faciès ont été reconnus :

- Les sols « Salit » bicarbonate-sulfatés alcalins
- Les sols « Salit » carbonatés basiques

16. Mouvement des sels solubles dans le sol :

Les sels sont en mouvement grâce à l'eau qui circule dans le sol, ces mouvements peuvent être descendants (lixiviation), ascendants (remonté capillaire) ou avec un autre mécanisme de migration appelé thermo dialyse. (BEN BRAHIM F ,2001) .

16.1. Lixiviation :

D'après (DUCHAUFOR (1977) in Ben Brahim ,2001), la lixiviation est l'entraînement descendant des sels sous l'action des eaux de pluies, d'inondation ou d'irrigation. Ce processus intéresse surtout les cations alcalino-terreux dont leur entraînement provoque la désaturation du complexe adsorbant si le sol est dépourvu de calcaire actif.

Cette migration est fonction de la solubilité des sels ; les sels les plus solubles sont les plus mobiles dans le sol (DOGGAR, 1992 in BENZAHI, 1994). L'eau qui s'infiltré dans le sol dissout les sels par rapport à leur ordre de solubilité croissante, et il entraîne les sels en profondeur. (BEN BRAHIM 2001)

Pendant ce mouvement descendant, la solution du sol va se concentrer sous l'influence de l'évaporation et l'absorption racinaire. Quand la solution sera sursaturée certains sels précipiteront et formeront les accumulations salines qui se rencontrent dans certains sols (DURAND, 1983. in BEN BRAHIM 2001)

16.2. Remontée capillaire :

La remontée capillaire est une migration ascendante des sels en solution dans un profil saturé à faible profondeur. Cette migration est très intense dans les régions soumises à une forte évaporation (DUCHAUFOR, 1977). La remontée capillaire des sels dépend beaucoup de profondeur de la nappe phréatique, la perméabilité, la granulométrie, et la structure (DURAND, 1983). La vitesse de remontée capillaire est plus élevée pour les solutions de sels neutres, et plus faible pour les solutions des sels carbonatés alcalins (JABER, 1970 in Ben Brahim ,2001)

16.3. Thermodialyse :

Le thermodialyse est une migration des sels sous un gradient de température vers la partie chaude. Cette migration dépend de la texture de la terre, de son humidité et de la nature des sels (GURR et al, 1952in Ben Brahim 2001)

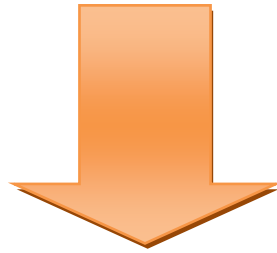
D'après DURAND (1983) (in Ben Brahim 2001), il existe d'autres phénomènes pouvant provoquer la migration des sels solubles, mais ils ne sont pas courants dans la nature.

17. Nappe phréatique :

L'aquifère est forme d'alluvions et des sables du quaternaire .les alluvions reposent sur couches calcaires du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25à30 mètres cette nappe d'inféra-flux .exploitée par des puits traditionnels , présente un intérêt très important dans le domaine agricole (BEN SAHA H et al ,2009)

Une nappe phréatique, d'origine continentale et salée par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire. (IRD 2008 in BOUALLA et al, 2012)

Chapitre II



Présentation de la région de Ghardaïa

1. Cadre géographique :

La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.105 km², et sa population, estimée à 309.740 habitants, est répartie sur 13 communes, soit une densité de peuplement de 3,60 habitants/km²

Elle est située à l'ouest du bassin secondaire du bas-Sahara, sur un plateau sub-horizontale (entre 33° et 31° 15' de latitude Nord - 2° 30' et 5° de longitude Est), composé de calcaire dolomitique ; appelé couramment "dorsale du M'zab ". Il est jalonné par un réseau ramifié d'oueds de direction générale Ouest-Est., telles que l'Oued M'zab, Metlili, Sebseb, Mansourah, Nsaa (Berriane) et Oued Zegrir (Guerrara).

Les altitudes varient de 650 à 550 m au Nord et le Nord - Ouest, et de 450 - 330 m au Sud et le Sud - Est. (Figure 02) :

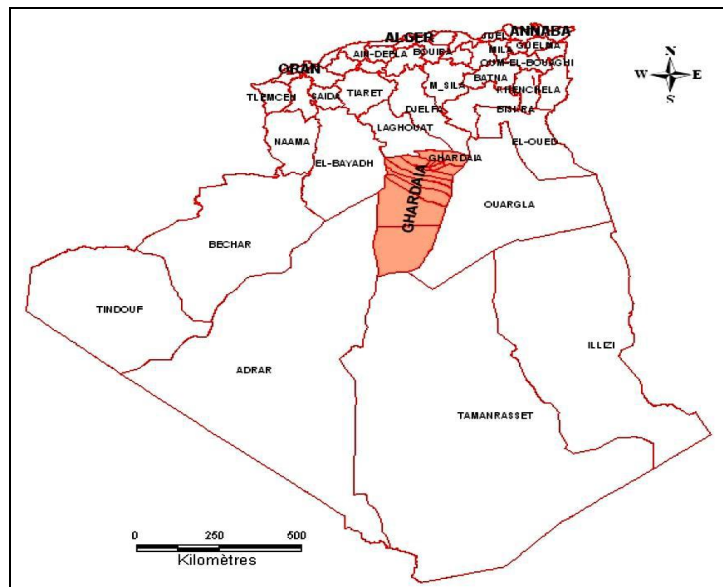


Figure.02 : Situation géographique de la région Ghardaïa (Chenini N et al 2012)

La wilaya de Ghardaïa est située dans la partie sud du pays. Elle est limitée (Figure 03):

- Au Nord par la wilaya de Laghouat (200Km).
- Au Nord Est par la wilaya de Djelfa (300 Km).
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla (200Km) ;
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset (1470 Km).
- Au sud-ouest par la wilaya d'Adrar (400 Km).
- A l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh (350 Km).

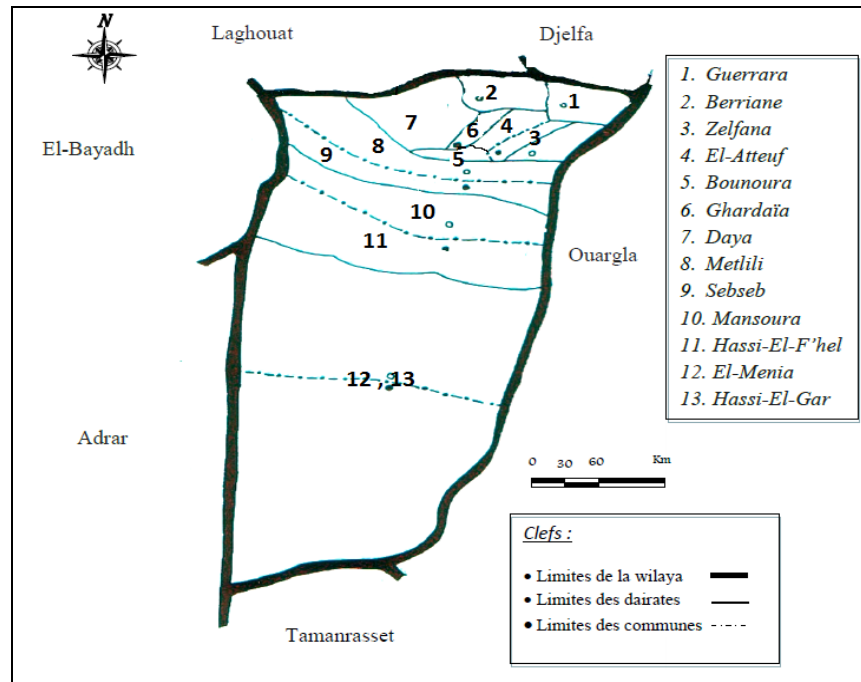


Figure 03: Limites administra de la wilaya de Ghardaïa (BenKenou D et al ,2012)

2. Climat :

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons: une saison chaude et sèche (Avril à Septembre) et une autre froide (Octobre à Mars), une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver.(ANRH 2007)

Tableau N°07: Données métrologiques de la Wilaya de Ghardaïa (2005-2014)
(O.N.M.,2014)

	Température (C°)			H (%)	PP (mm)	V .Vent (m/s)
	T moy	TM	Tm			
Janvier	11,28	16,97	6,24	521,60	12,42	10,42
Février	12,90	18,50	7,47	42,35	2,33	11,97
Mars	17,20	23,09	11,16	34,22	8,13	12,92
Avril	21,79	27,92	15,11	31,90	5,31	13,06
Mais	26,42	32,67	19,45	27,33	4,01	13,55
Jun	31,46	37,88	24,20	24,08	3,23	13,2
Juillet	35,46	41,84	31,10	20,65	3,05	10,58
Out	37,82	40,76	27,75	24,15	2,72	10,05
Septembre	29,17	35,30	23,13	35,17	18,82	11,61
Octobre	23,57	29,43	17,94	41,68	11,25	9,75
Novembre	17,08	22,87	11,81	45,78	5,51	9,72
Décembre	11,92	17,32	7,20	53,33	5,87	11,42
moyenne	23,01	31,65	16,88	75,19	82,64*	11,5208

H: Humidité relative ; T: Température ; P: Pluviométrie ; V.V: Vitesse de vent ;

* : Cumulés annuelle

2.1. Précipitation :

La répartition de la précipitation durant l'année est marquée quatre mois sécheresse quasi-absolue (mai, juin, juillet et aout). Elles très faibles et irrégulières durant l'année et entre les années. La moyenne annuelle est de 82.64* mm pour la période 2005-2014 les maximal des pluies sont en mois de septembre avec 18.82mm (Tableau N°0 7).

2.2. La température :

La température moyenne annuelle est de 23C°, juin, juillet et aout sont mois les plus chauds. Aout est mois le plus chaud avec 37.82C°, en hiver, les températures les plus basses enregistrée atteignent 11.28C°en janvier. Il existe donc grand écarts de température entre l'hiver et l'été .l'amplitude des variations thermique annuelles, qui est l'une des particularités du climat des désert chauds (Tableau N°0 7).

2.3. Humidité relative :

L'humidité de l'air est très faible, le degré hygrométrique de l'air ou humidité relative—oscille, entre 20.65% au mois juillet, sous l'action d'une forte évaporation des vents chauds, atteignant un maximum de 53.33% en mois décembre (hiver). La moyenne annuelle est de 75.18%, elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année (Tableau N°0 7).

2.4. Les vents :

D' après les données de l'O.N.M., 2014 (Tableau N°07) pour la période de 2005-2014 les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de 11.52m/s

2.5. Classification du climat :

2.5.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :

Chapitre II : Présentation de La région d'étude

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953 in Ben Brahim F, 2001) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté :

- en abscisse par les mois de l'année.
- en ordonnées à gauche par les précipitations en mm.
- en ordonnées à droite par les températures moyennes en °C.
- une échelle de $P=2T$.

L'air compris entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de

Ghardaïa nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Fig 04).

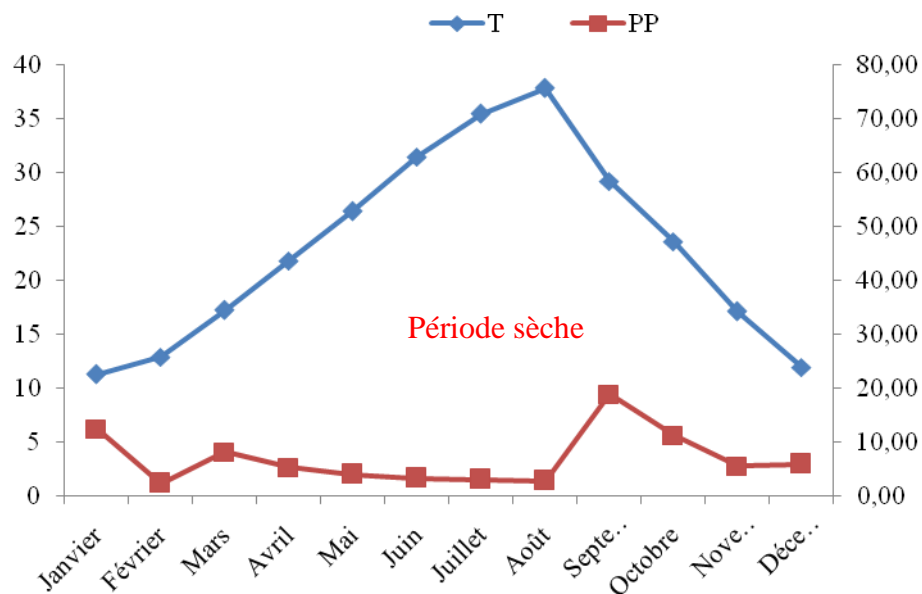


Figure N° 04: Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa (2005-2014)

2.5.2. Climagramme d'EMBERGER :

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté :

- en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid.

Chapitre II : Présentation de La région d'étude

- en ordonnées par le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER (1933, in Ben Brahim F ,2001)

Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969 in Ben Brahim F ,2001) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q2 = 3.43 P/M-m$$

Q2 : quotient thermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C

m : moyenne des minima du mois le plus froid en °C

Ghardaïa se caractérise par une période sèche s'étalant sur tout l'année pour période 2005-2014, $Q2=7,96$, qui permet de classer la région dans l'étage bioclimatique saharien avec un hiver Doux (fig N°05)

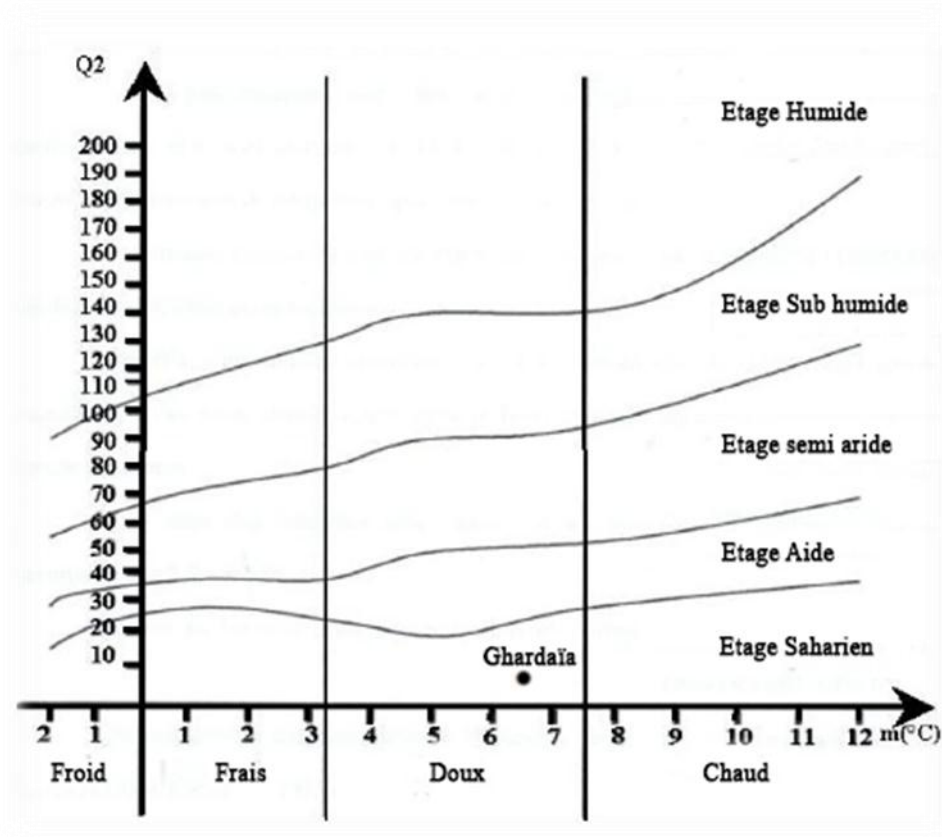


Figure N°05 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER.

3. Hydrologique :

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir. L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab, ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. Une étude des crues de l'oued Mzab (ANRH, 1994) a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s. Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab, et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations (ANRH 2007)

4. Géomorphologie :

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques (fig.06) (D.P.A.T., 2005).

4. 1. Chabka du M'Zab :

Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoura et Hassi L'Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau.

4.2. Région des dayas :

Au sud de l'Atlas saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l'abondance de ces entités physiologiques et biologiques qualifiées des dayas.

Dans la région de Ghardaïa, seule la commune de Guerrara, située au nord-est, occupe une petite partie du pays des dayas. (BARRY et FAUREL, 1971 in LEBATT et MAHMA, 1997).

4.3. Région des Regs :

Située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux.

Les Regs sont le résultat de la déflation éolienne, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (BELERAGUEB, 1996 in MIHOUB, 2008).

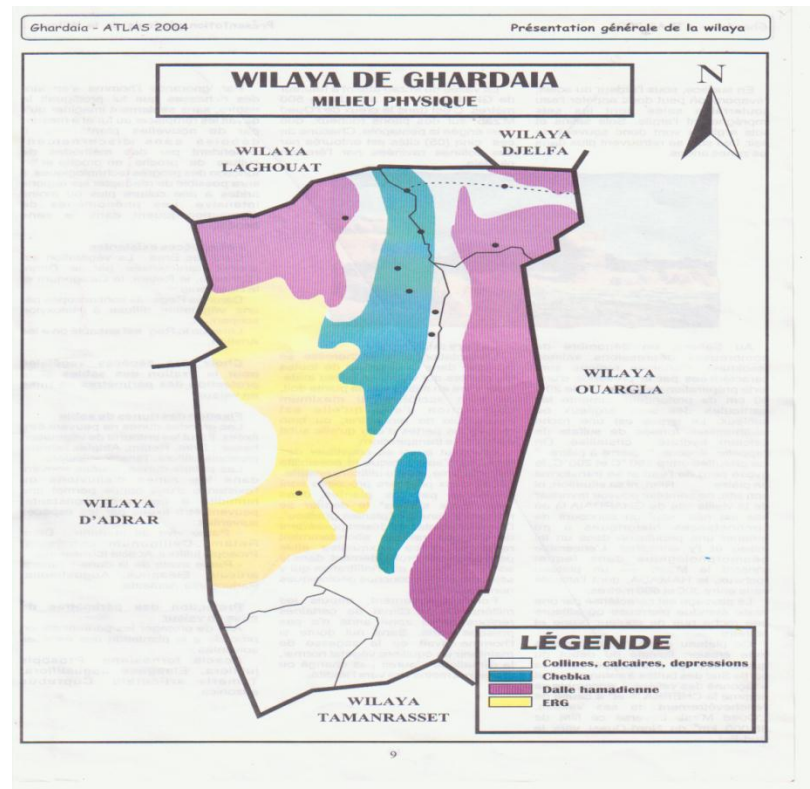


Figure N°06 : Milieu physique de la wilaya de GHARDAIA (Atlas, 2004).

5. Géologie :

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques) (fig.06) (A.N.R.H, 2007).

6. Hydrogéologie :

6.1. Nappe phréatique :

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie. (A.N.R.H, 2007).

6.2. Nappe du Continental Intercalaire :

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au continental intercalaire, elle est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (A.N.R.H, 2007).

7. Caractéristiques du site d'étude (Guerrara) :

Notre zone d'étude est localisée dans la région de Guerrara. Situé à près de 120 Km au nord-est de Ghardaïa chef lieu de Wilaya . La commune de Guerrara couvre une superficie totale de 3.382 Km² (ANIREF 2011)

La région de Guerrara est Située dans le sahara septentrionale central. Elle est limitée :

- au nord : par la commune de Guettara (Wilaya de Djelfa).50km
- à l'est : par la commune de EL-Hadjira(Wilaya de Ouargla).104 km
- à l'ouest : par les Daïras de Berrian et Bounora (Wilaya de Ghardaia).73 km
- au sud : par les Daïras de Zelfana et Al atteuf (Wilaya de Ghardaia).50 km.

(DJILLIB ,2004)

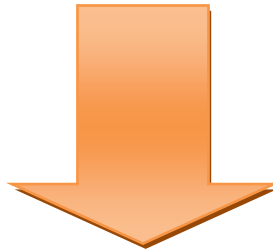
Ses coordonné géographiques sont :

- Latitude : 32° 50' Nord
- Longitude : 4° 30' Est

Guerrara est le septième et le dernier Ksar du Mzab après El-Atteuf, Melika, Beni-Izguen, Ghardaïa, Bounoura et Berriane), fondée au dix-septième siècle (à peu près 1631), au fond d'une grande dépression qui occupe le lit de l'oued Zegrir. (GUEMARI F, 2009)

Le Mot Guerrara prend sont origine de Garas (buttes témoins, c'est à dire, des plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure). Certains expliquent le mot Guerrara ou El-Gauarrara comme vaste dépression en forme de cuvette où l'eau de surface se stagne périodiquement. (DRAG, 2008)

Chapitre III



Matériels et Méthodes

1. Approche méthodologique :

La connaissance du niveau de salinité des sols cultivés est indispensable afin d'améliorer la production par le biais de l'amélioration des pratiques culturales à savoir l'irrigation et le drainage. (FAO, 2006)

L'approche méthodologique choisie dans notre étude permet de caractériser les sols et de comparer les valeurs mesurées des caractéristiques du sol à un état de référence (témoin), pour déduire l'effet d'intensification agricole sur quelques propriétés du sol à savoir la salinité et le PH dans la région de Guerrara.

Pour chaque exploitation nous avons choisi deux parcelles : une cultivée en palmier ancien et une autre en palmier jeune (témoin)

Les critères d'évaluation étant la salinité exprimée par la conductivité électrique à 25C° est représenté par les profils salins

2. Présentation du site d'étude :

2.1. Site de Fossàa (l'amont) :

Il s'agit d'une exploitation privée (propriété de M. Battach Mohamad) créée en 1962, située à 3 kilomètres au sud –ouest de la ville de Guerrara, elle couvre une surface 3 hectares dont 2h cultivés en palmeraie de variété (deglet nour, 2doukar, Ghars) et 1h en vigne, citron et légumineuse, L'irrigation se fait à l'aide d'un puits

2.2. Site de l'Aghzou (l'aval) :

Exploitation de (Ben Ghrid Aissa), datant de 1962, est située à 04 kilomètres au sud-ouest de la ville Guerrara, sa surface est 04 ha.

La répartition des cultivars est comme suite 3h, planté en palmeraie de variété (deglet nour, 1doukar, Ghars) 1H en mandarinier, vigne, orange, citron et légumineuse, L'irrigation se fait à l'aide par d'un puits

3. Choix du site d'étude :

Nous avons sélectionnée deux sites (l'amont : l'Aghzou et aval : Fossàa)

Nous nous sommes basés dans non choix sur notre les critères suivants :

- L'âge de la palmeraie (52 ans pour les deux exploitations)
- L'âge de la parcelle témoin (10 ans)
- Le système d'irrigation.
- L'absence des travaux agricoles.

4. Échantillonnage :

Les sols des quatre parcelles sont échantillonnés à l'aide d'une tarière(Figure N°07, 08,09, 10) par la réalisation de cinq profils dont la profondeur est de 120 cm. Le profil est divisé en six horizons de 20 cm .la surface couverte par ces échantillons est 12 m x12 m, (Figure N°11)



Figure N°07 : La parcelle Ancienne



Figure N°08 : prélèvement à la tarière



Figure N°09 : La parcelle jeune



Figure N° 10 : prélèvement à la tarière

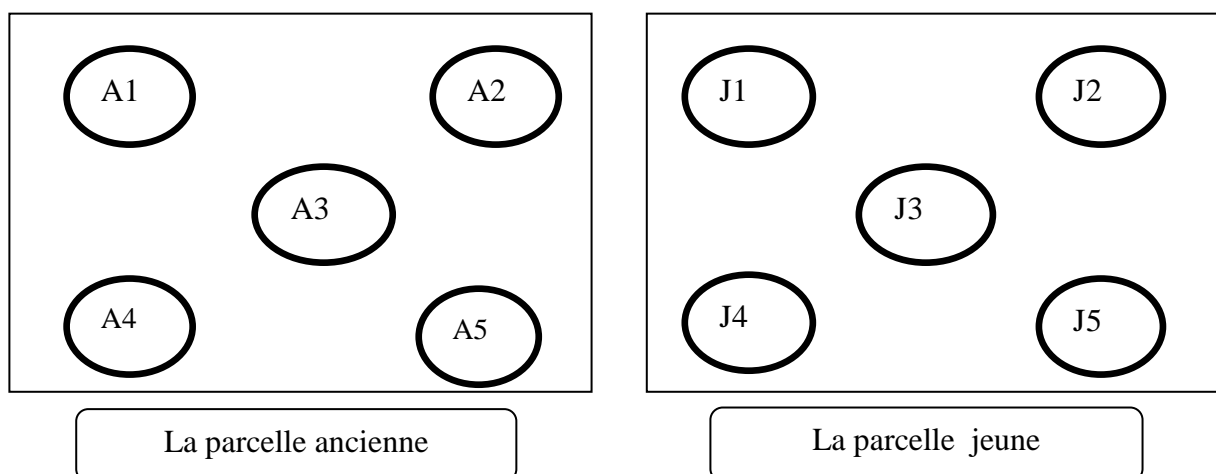


Figure N°11: Plan d'échantillonnages

- A : profil de la parcelle palmeraie Ancienne
- J: profil de la parcelle palmeraie jeune

5. Analyse de laboratoire :

5.1. Analyse du sol :

Les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre pendant 6 jours puis aussi tamisés 2 mm.

Nous avons réalisé au laboratoire un extrait dilué avec un rapport sol/eau de 1/5 pour chaque échantillon (20 g du sol mélange avec 100 ml de l'eau distillée)

Les analyses effectués concerne le PH et concernent la conductivité électrique du sol (CE à 25 C° avec K= 0,975)

Le protocole suivi au laboratoire est comme suit :

- Tamiser les échantillons à 2mm représente dans Figure N°13
- Peser 20g de sol Figure N°15
- Ajouter 100 ml d'eau distillée et 20g de sol dans un bécher de 200 ml (Figure N°16 ,17)
- Agiter pendant 2 minutes avec un agitateur magnétique, (Figure N°18), laisser reposer 1minute

- Mesurer le pH à l'aide d'un pH mètre et CE à l'aide d'un conductimètre, (Figure N°19)



Figure N°12: séchage des échantillons



Figure N° 13: tamisage des échantillons



Figure N14: préparation de Balance



Figure N°15 : pesée du sol 20g de sol



Figure N° 16 : Ajout de 100 ml d'eau distillée



Figure N°17 : Ajouter 20g de sol



Figure N°18: agitation de l'extrait



Figure N° 19: appareille PH-mètre et conductimètre

5.2. Analyse de l'eau :

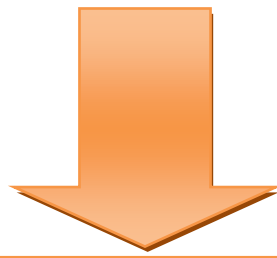
Nous avons mesuré le pH et la conductivité de l'eau d'irrigation des parcelles échantillonnées:

- Le pH mesuré par pH mètre de l'électrode

- La conductivité électrique de l'eau (CE à 25C°) est mesurée à l'aide d'un conductimètre.

Toutes les analyses et les mesures sont réalisées au niveau du laboratoire de géologie de l'université de Ghardaïa.

Chapitre IV et Chapitre V



Résultats
Et
Discussion

Chapitre IV : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie de Fossà

La classification de la salinité du sol a été réalisée en fonction de l'échelle d'AURBERT (1978)

1. Résultats :

1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée ancienne FA :

1.1.1. Dynamique des sels dans le profil FA1 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FA1 (FA= Fossà ancienne) a montré que les horizons du profil sont peu salé pour H1(0,98 dS/m), et non salé pour H2(0,59 dS/m), H3 , H4 (0,33 dS/m), les horizons H5(1,68 dS/m) et H6(1,72 dS/m) sont peu salé. L'allure du profil salin FA1 est montrée dans la (Figure 20).

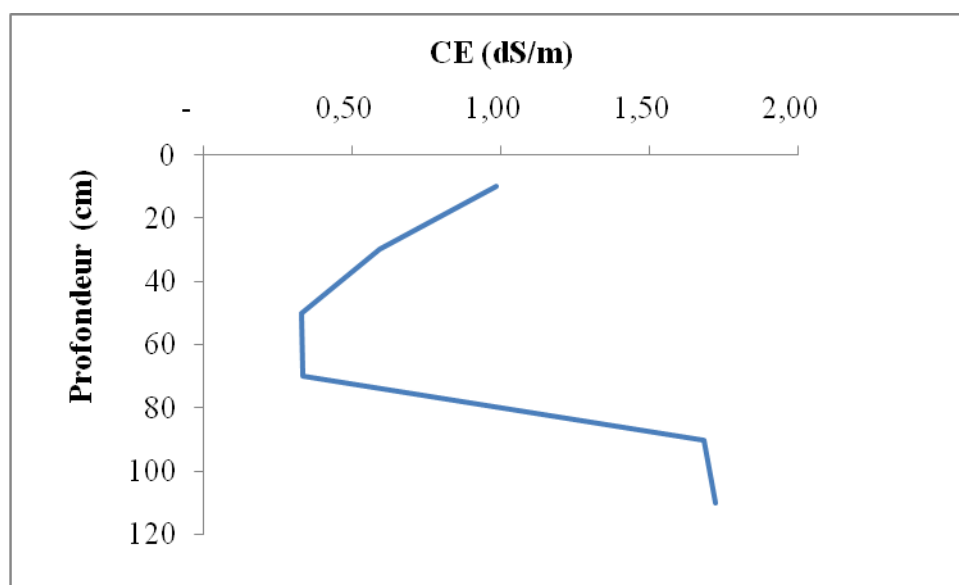


Figure N°20: Profil salin FA1

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FA1 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur.

1.1.2. Dynamique des sels dans le profil FA 2 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FA2 a montré que les horizons du profil sont non salé pour tous les horizons $0,12 \leq CE \text{ dS/m} \leq 0,21$, H1 , H2 (0,21 dS/m), H3(0,18 dS/m) , H4(0,12 dS/m) et H5 , H6 (0,18 dS/m) , L'allure du profil salin FA2 est montrée dans la (Figure 21) .

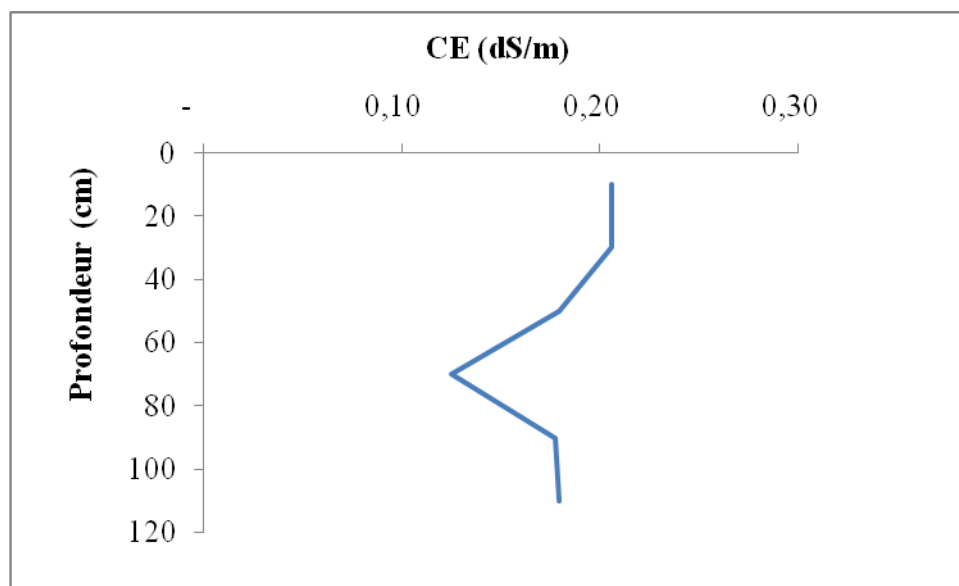


Figure N°21: Profil salin FA 2

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FA2 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.1.3 .Dynamique des sels dans le profil FA 3 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FA3 a montré que tous les horizons sont non salés $0,12 \leq CE \text{ dS/m} \leq 0,18$, H1,H2 (0,12 dS/m), H3 (0,14 dS/m), H4 (0,16 dS/m), H5(0,14 dS/m) et H6 (0,18 dS/m).L'allure du profil salin FA3 est montrée dans la (Figure 22).

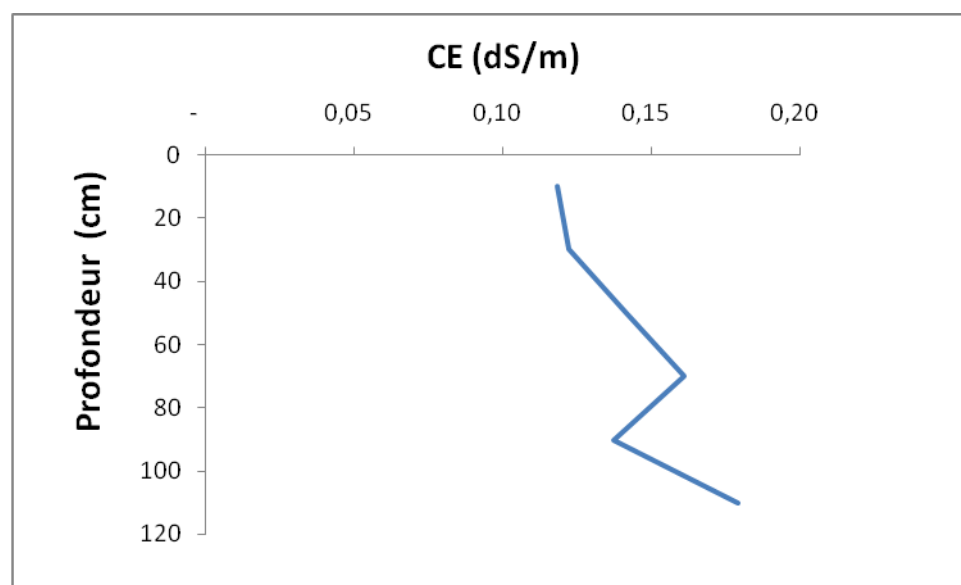


Figure N°22 : Profil salin FA 3

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FA3 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.1.4. Dynamique des sels dans le profil FA4 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FA4 a montré que tous les horizons sont non salés pour $0,15 \leq CE \text{ dS/m} \leq 0,25$, H1(0,17 dS/m), H2 (0,16 dS/m), H3(0,15 dS/m), H4 (0,22 dS/m), H5(0,16 dS/m) et H6 (0,23 dS/m). L'allure du profil salin FA4 est montrée dans la (Figure 23).

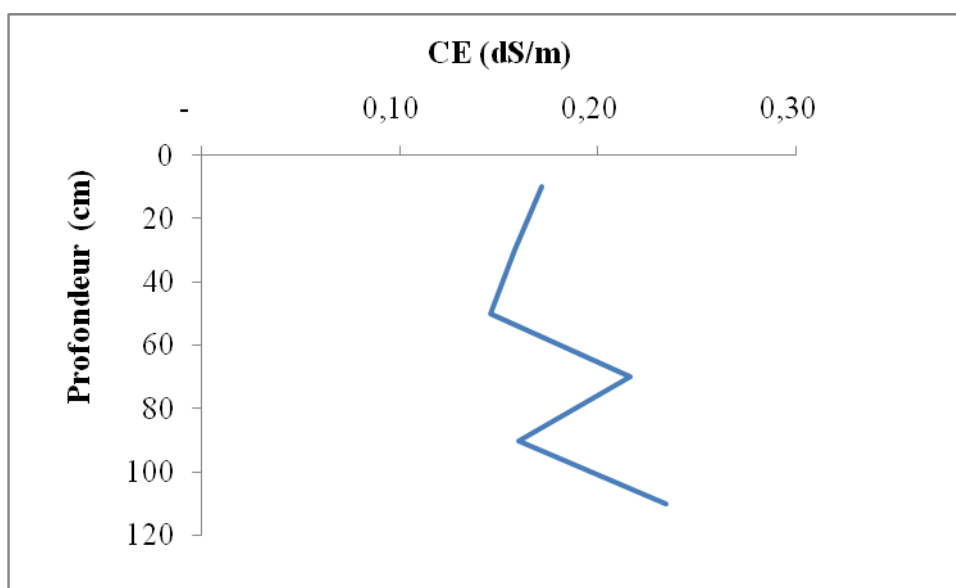


Figure N°23 : Profil salin FA 4

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FA4 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.1.5 .Dynamique des sels dans le profil FA5 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FA5 a montré que tous les horizons sont non salés : $0,16 \leq CE \text{ dS/m} \leq 0,46$, H1(0,28 dS/m), H2 (0,39 dS/m), H3(0,40 dS/m), H4 (0,46 dS/m), H5(0,23 dS/m) et H6 (0,16 dS/m). L'allure du profil salin FA5 est montrée dans la (Figure 24).

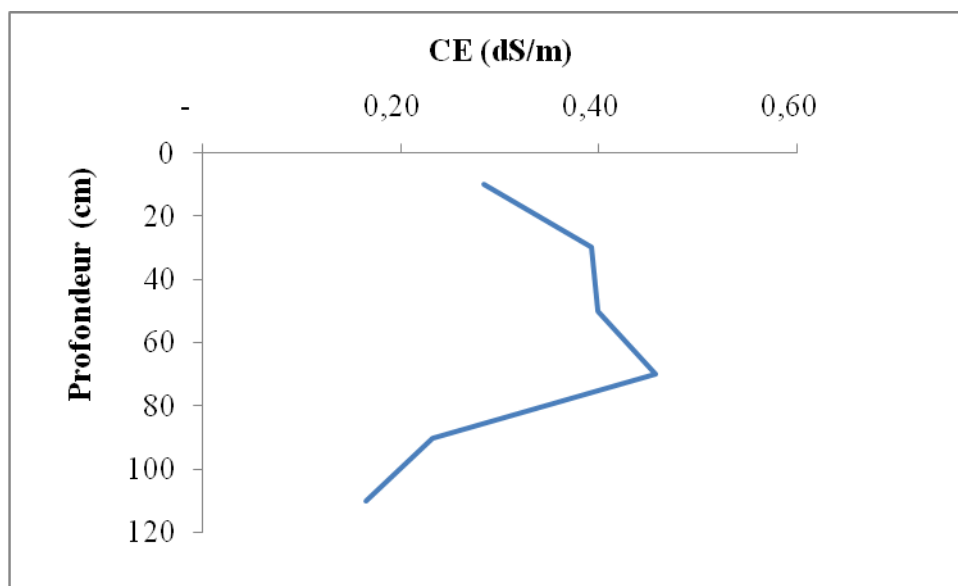


Figure N° 24 : Profil salin FA 5

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FA5 type (B), caractérisé par un maximum de salinité en moyenne profondeur

1.1.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (FA) :

Dans la parcelle cultivée ancienne, le sol est non salé pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle (Figure 25) avec une CE moy à 25°C de 0,35 dS/m pour l'horizon de surface, de (0,24- 0,48 dS/m) pour l'horizon de moyenne profondeur et de 0,50 dS/m pour l'horizon profond.

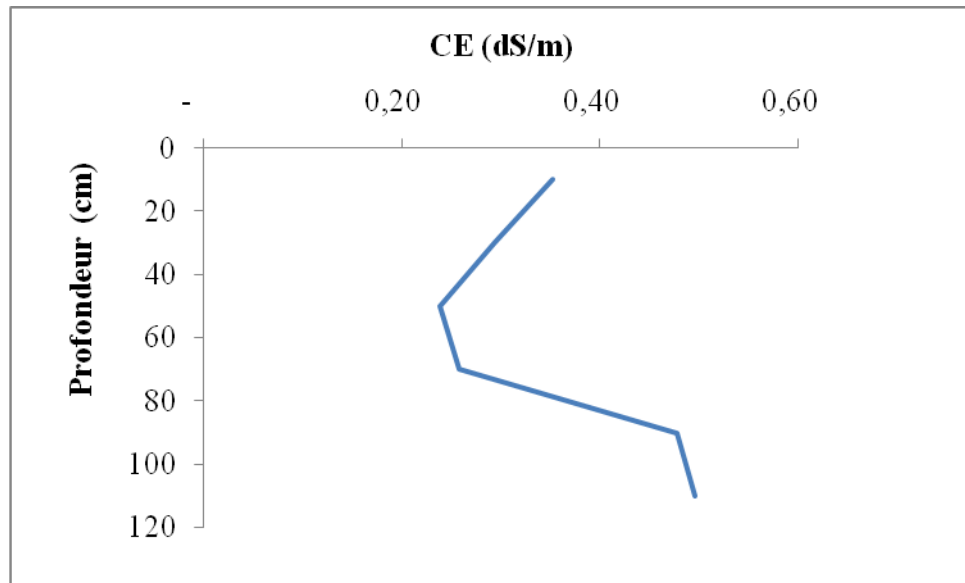


Figure N°25 : Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (FA)

Le profil salin caractéristique de la parcelle cultivée ancienne FA est de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, cela montre la désalinisation permanente des horizons, due à l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation (lixiviation).

1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée jeune FJ :

1.2.1 Dynamique des sels dans le profil FJ1 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FJ1 a montré que l'horizon H1 est salés (2,18 dS/m), les horizons du profil sont peu salés pour H2 (1,80 dS/m), H3 (1,06 dS/m), H4 (1,79 dS/m), H5 (1,82 dS/m) et H6 (1,85 dS/m). L'allure du profil salin FJ1 est montrée dans la (Figure 26).

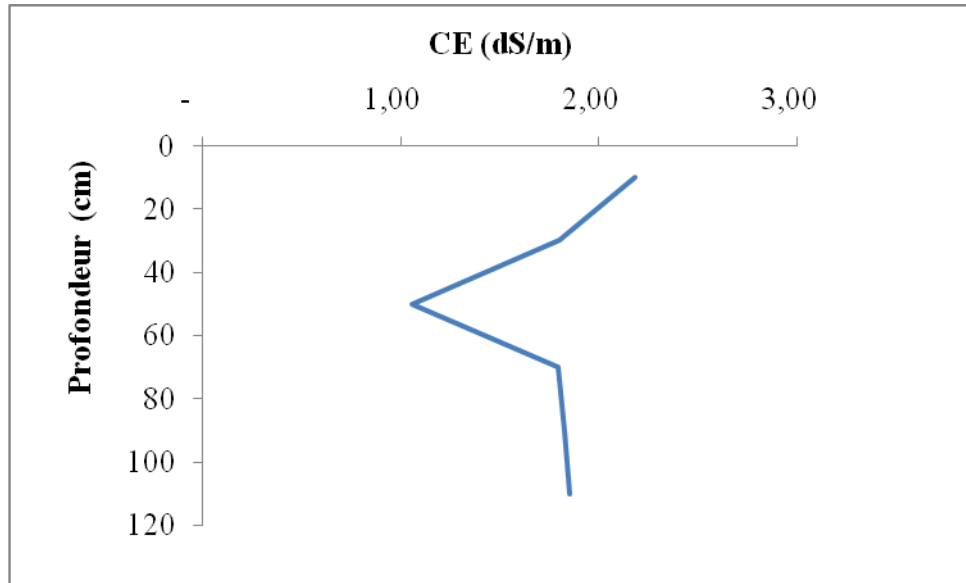


Figure N° 26: Profil salin FJ1

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FJ1 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.2. Dynamique des sels dans le profil FJ2 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FJ2 a montré que tous les horizons peu salés : $1,03 \leq CE \text{ dS/m à } 25 \text{ C}^\circ \leq 1,52$, H1 (1,52 dS/m) , H2 (1,49 dS/m) , H3 (1,44 dS/m), H4 (1,47 dS/m), H5 (1,13 dS/m) et H6 (1,03 dS/m). L'allure du profil salin FJ2 est montrée dans la (Figure 27).

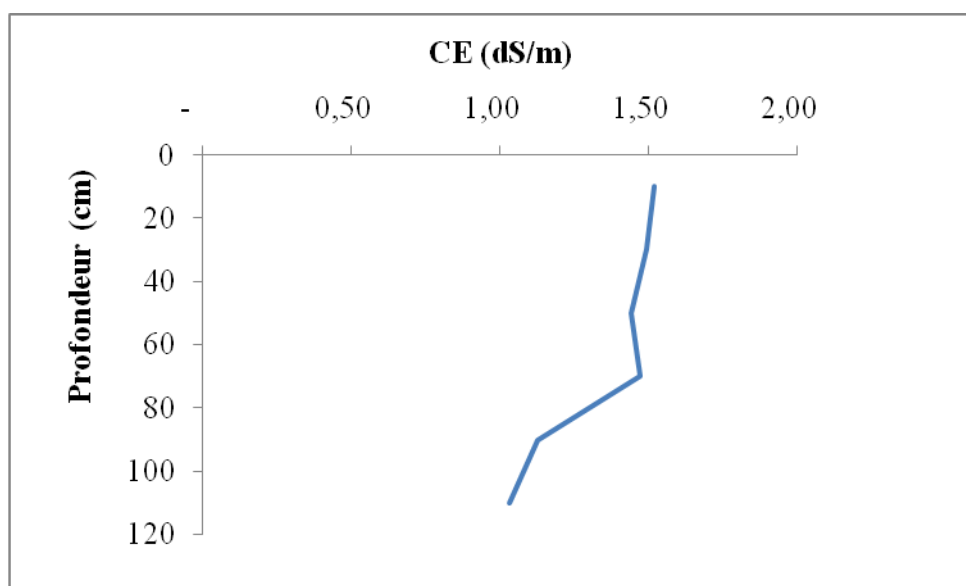


Figure N°27: Profil salin FJ2

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FJ2 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.3. Dynamique des sels dans le profil FJ3 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FJ3 a montré que les horizons H1 (3,80 dS/m) est très salés, les horizons du profil sont peu salés pour H2 (0,92 dS/m), H3 (1,07dS/m), H4 (1,75 dS/m), H5 (1,51 dS/m) et H6 (0,99 dS/m). L'allure du profil salin FJ 3 est montrée dans la (Figure 28).

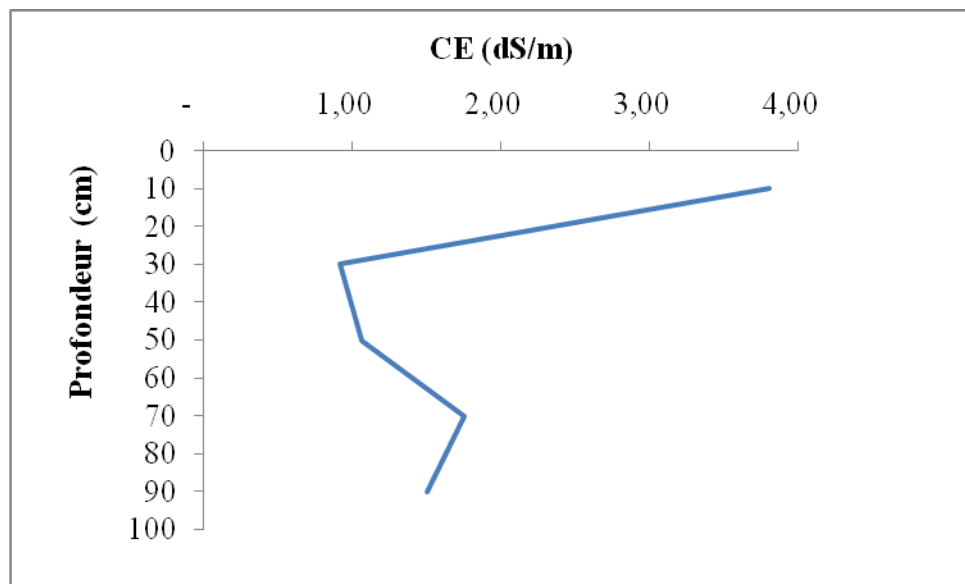


Figure N° 28: Profil salin FJ3

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FJ3 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.4. Dynamique des sels dans le profil FJ4 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FJ4 a montré que les horizons H1 (2,92 dS/m) est très salés, les horizons du profil sont peu salés pour H2 (0,94 dS/m), H3 (0,96 dS/m), H4 (0,61 dS/m), H5 (0,92 dS/m) et H6 (0,68 dS/m). L'allure du profil salin FJ4 est montrée dans la (Figure 29).

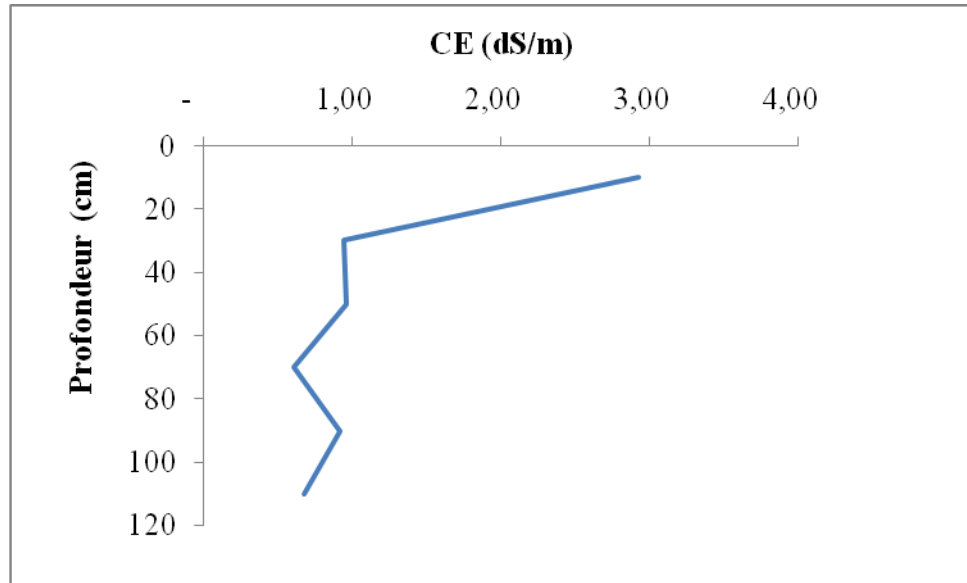


Figure N°29: Profil salin FJ4

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FJ4 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.5. Dynamique des sels dans le profil FJ5 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil FJ5 a montré que tous les horizons du profil sont très salés pour $2,95 \leq CE \text{ dS/m à } 25 \text{ C}^\circ \leq 4,26$, H1 (4,15 dS/m) , H2 (4,26 dS/m) , H3 (3,33 dS/m), H4 (3,16 dS/m), H5 (3,06 dS/m) et H6 (2,95 dS/m). L'allure du profil salin FJ5 est montrée dans la (Figure 30) .

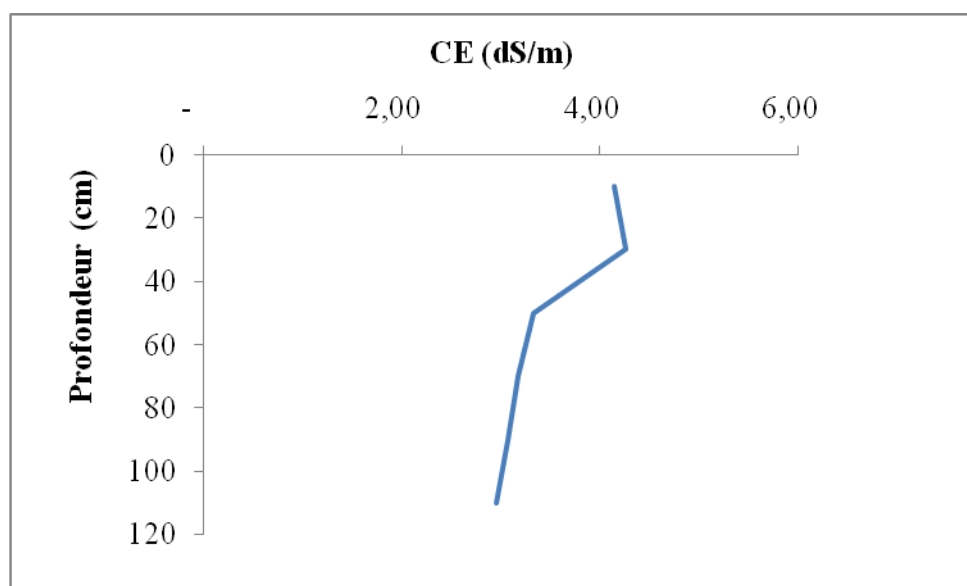


Figure N°30: Profil salin FJ5

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est de FJ5 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée jeune (FJ) :

Dans la parcelle cultivée jeune, le sol est salé pour les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle (Figure 31) avec une CE moy à 25°C de 2,91dS/m pour l'horizon de surface, et peu salé de ($1,57 \leq CE \text{ dS/m à } 25 \text{ C}^\circ \leq 1,88 \text{ dS/m}$) pour l'horizon de moyenne profondeur et de 1,50 dS/m pour l'horizon profond

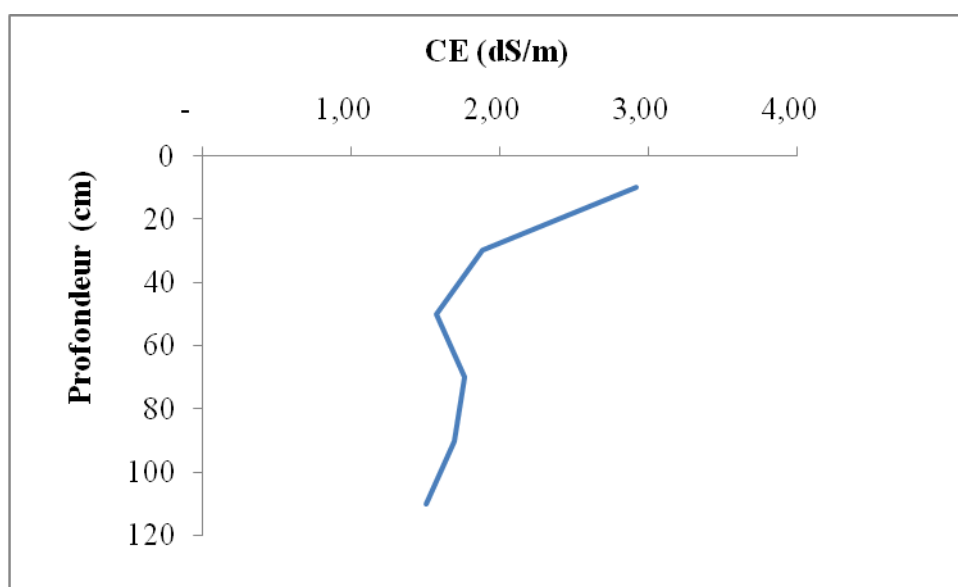


Figure N°31: Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée jeune (FJ)

Il existe de type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface, cela montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents, ce phénomène se produit suite à une évaporation élevée provoquant une augmentation du potentiel hydrique (PH) des horizons de surface déclenchant ainsi la dynamique ascendante de la solution du sol par succion

2. Discussions :

Les résultats d'analyses de la salinité du sol dans la station du Fossà font ressortir trois types de profils salins:

les profils salins FJ1, FJ 2, FJ3, FJ4, et FJ5, FA2 sont de type (A) caractérisé par un maximum de salinité en surface, ce qui montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de

Chapitre IV : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie de Fossà

surface suite à la dynamique ascendante des sels dans le sol qui se produit dans notre cas après les irrigations dans les parcelles cultivée ancienne , et d'une façon continue sur les parcelle jeune cultivées.

les profils salins FA5 est de type (B), avec un maximum de salinité en profondeur dans la couche médiane. Il s'agit dans notre cas d'une alternance entre une dynamique ascendante et descendante des sels, c'est à dire une désalinisation temporaire suite à l'entraînement des sels par l'irrigation et la remontée capillaire de ces derniers après irrigation.

les profils salins FA1, FA3, FA4, sont de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en, profondeur, cela est forcément due à la lixiviation des sels par l'eau d'irrigation (après irrigation).

Nous avons tracé le profil salin caractéristiques de la station Fossà , les profils des parcelles cultivée ancienne (FA) sont de type (D) , caractérisé par une salinisation maximale en profondeur suit à l'irrigation qui lixivie le sel vers les horizons profondeur, ce qui signifie une désaliéné ,et les profils des parcelles cultivée jeune (FJ) est de type(A) , caractérisé par une salinisation maximale en surface, le profil salin de la parcelle cultivée jeune est exprimé par la salinité de l'eau d'irrigation de la station Fossà est de 1,88 dS/m. Cette eau appartienne à la classe C3, qui regroupe des eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ,comme solution ,il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées. DURAND (1958 in BENBRAHIM, 2001)

1. Résultats :

1.1. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée ancienne (AA) :

1.1.1. Dynamique des sels dans le profil AA1 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AA1 a montré que tous les horizons sont non salé : $0,10 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^{\circ} \leq 0,29$, H1 (0,22 dS/m), H2, H3 (0,13 dS/m), H4 (0,11 dS/m) et, H5 (0,10 dS/m) et H6 (0,29 dS/m). L'allure du profil salin AA1 est montrée (Figure 32).

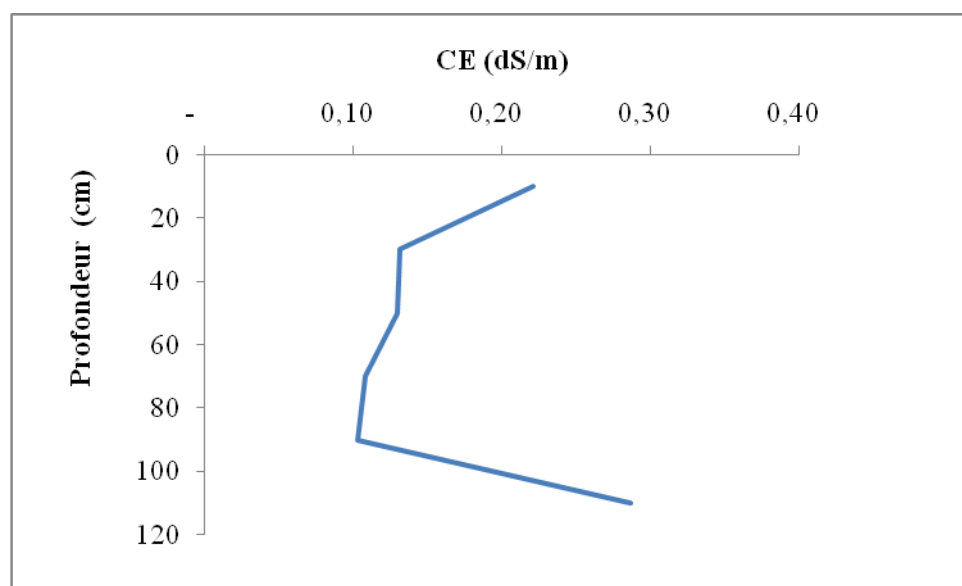


Figure N°32: Profil salin AA1

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AA1 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.1.2. Dynamique des sels dans le profil AA2 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AA2 a montré que tous les horizons sont non salé : $0,14 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^{\circ} \leq 0,20$ H1 (0,17 dS/m), H2, (0,18dS/m), H3 (0,17dS/m) H4 (0,14dS/m) et, H5 (0,18 dS/m) et H6 (0,20 dS/m). L'allure du profil salin AA2 est montrée dans la (Figure 33).

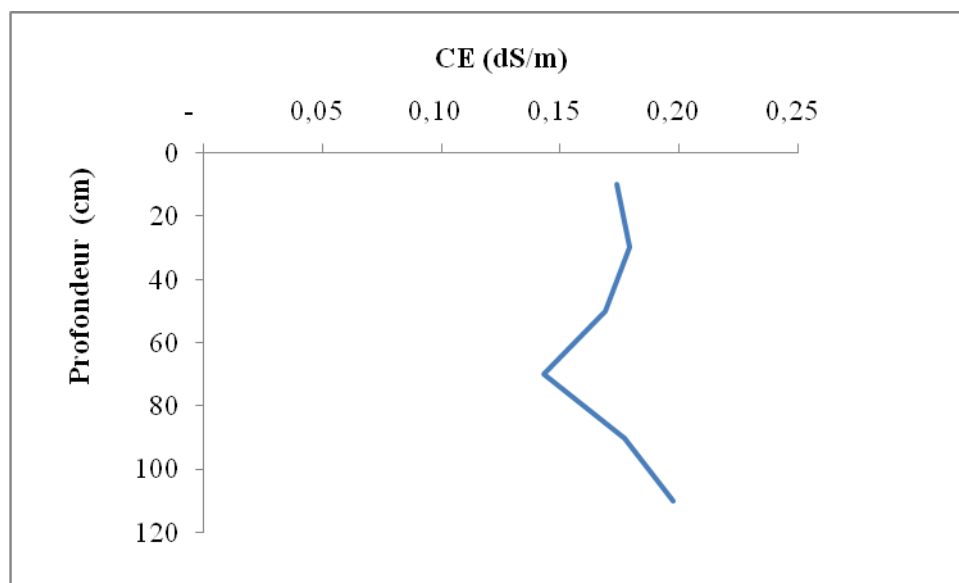


Figure N° 33: Profil salin AA2

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AA2 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.1.3. Dynamique des sels dans le profil AA3 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AA3 a montré que tous les horizons sont non salé : $0,10 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^{\circ} \leq 0,42$, H1 (0,42 dS/m), H2,(0,20 dS/m), H3(0,1 dS/m) H4 (0,11 dS/m) et, H5(0,14 dS/m) et H6(0,10 dS/m). L'allure du profil salin AA3 est montrée dans la (Figure 34).

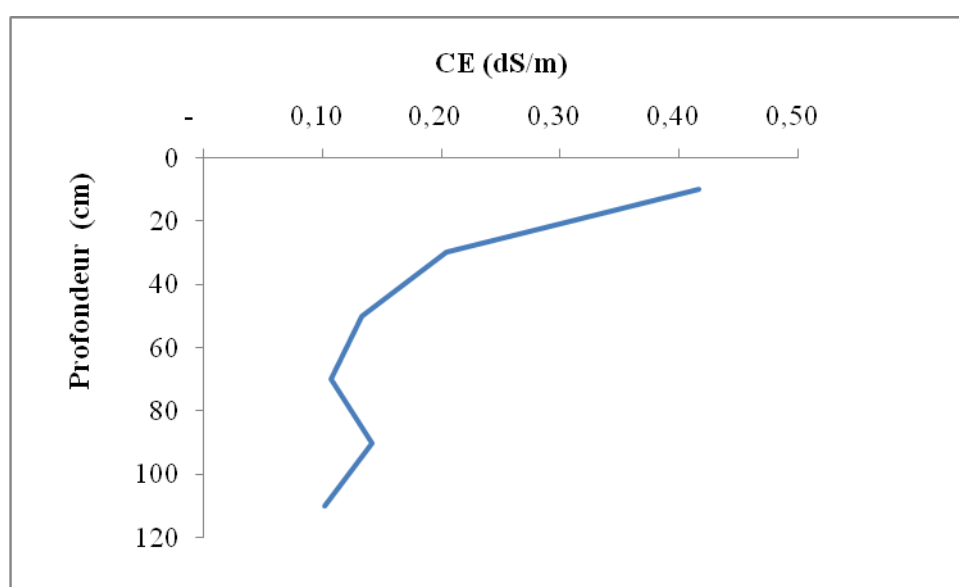


Figure N°34 : Profil salin AA3

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AA3 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.1.4. Dynamique des sels dans le profil AA4 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AA4 a montré que tous les horizons sont non salé : $0,16 \leq CE \text{ dS/m à } 25^{\circ}C \leq 0,27$, H1 (0,20 dS/m), H2 (0,19 dS/m), H3 (0,27 dS/m) H4 (0,25 dS/m) et, H5 (0,16 dS/m) et H6 (0,23 dS/m). L'allure du profil salin AA4 est montrée dans la (Figure35).

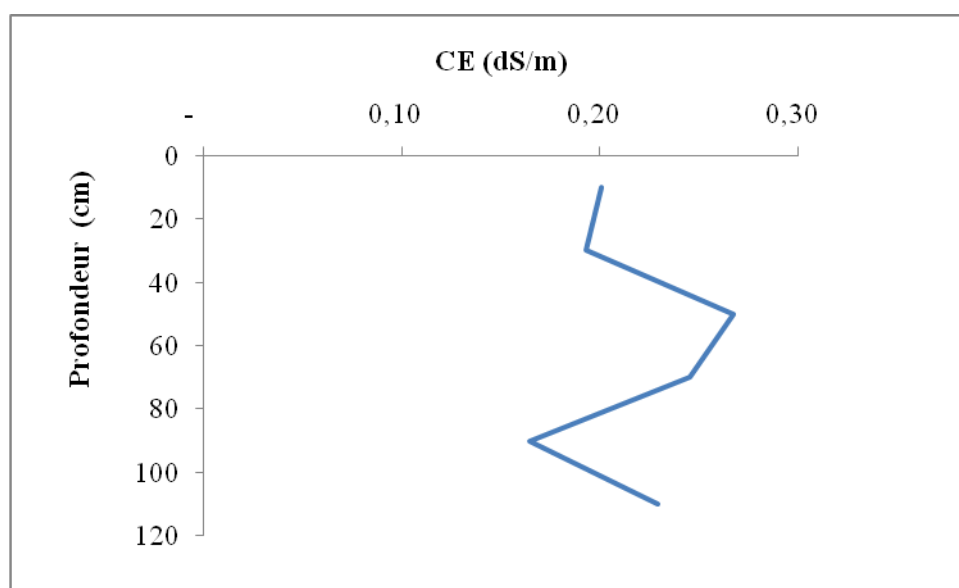


Figure N°35: Profil salin AA4

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AA4 type (B), caractérisé par un maximum de salinité en moyenne profondeur

1.1.5. Dynamique des sels dans le profil AA5 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AA5a montré que tous les horizons sont non salé : $0,09 \leq CE \text{ dS/m à } 25^{\circ}C \leq 0,19$, H1 (0,11 dS/m), H2, (0,09 dS/m), H3 (0,10 dS/m), H4 (0,17 dS/m) et, H5 (0,19 dS/m) et H6 (0,15 dS/m). L'allure du profil salin AA 5 est montrée dans la (Figure 36).

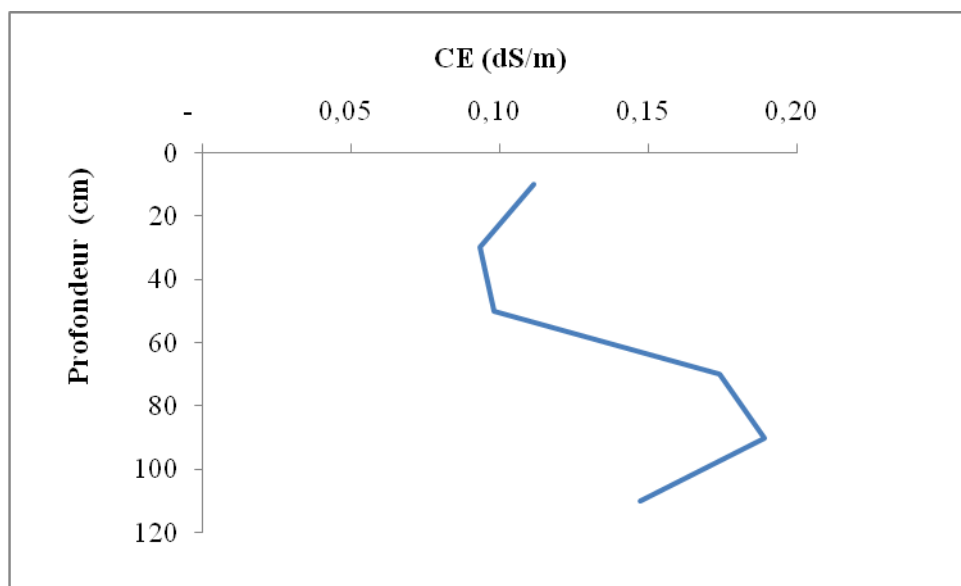


Figure N°36 : Profil salin AA5

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AA5 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.1.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (AA) :

Dans la parcelle cultivée ancienne, le sol est non salé pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle (Fig 37) avec une CE moy à 25°C de 0,22dS/m pour l'horizon de surface, de (0,16 dS/m) pour l'horizon de moyenne profondeur et de 0,19 dS/m pour l'horizon profond.

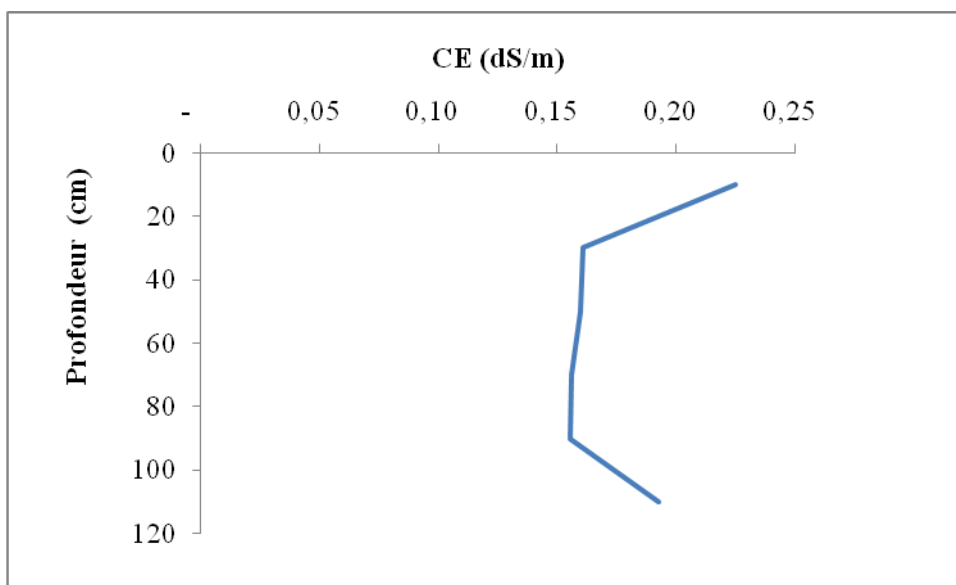


Figure N°37: Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée ancienne (AA)

Il existe de type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface, cela montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la remontée capillaire des sels des horizons sous-jacents, ce phénomène se produit suite à une évaporation élevée provoquant une augmentation du potentiel hydrique (PH) des horizons de surface déclenchant ainsi la dynamique ascendante de la solution du sol par succion

1.2. Dynamique de la salinité dans la parcelle cultivée jeune AJ :

1.2.1. Dynamique des sels dans le profil AJ1 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AJ1a montré que les horizons H1 (0,22 dS/m) et H2 (0,11 dS/m) sont non salé, les horizons du profil sont peu salé pour H3 (0,76 dS/m), H4 (0,64 dS/m) et, H5 (0,66 dS/m) et H6 (0,76 dS/m). L'allure du profil salin AJ1 est montrée dans la (Figure 38).

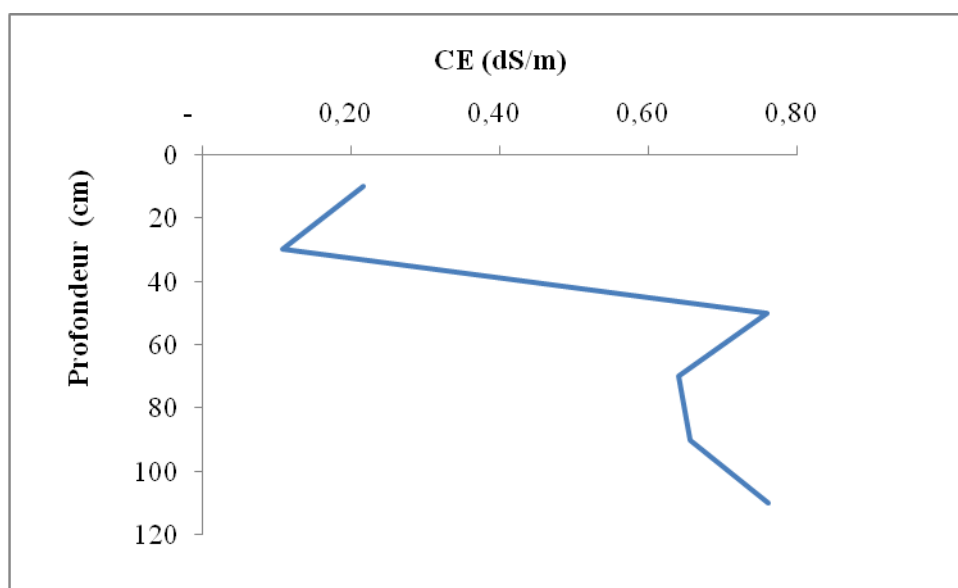


Figure N°38: Profil salin AJ1

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AJ1 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.2.2. Dynamique des sels dans le profil AJ2 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AJ2 a montré que tous les horizons sont non salé : $0,10 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^\circ \leq 0,19$, H1 (0,10 dS/m) et H2, (0,15 dS/m), H3 (0,11 dS/m), H4 (0,19 dS/m) et, H5 (0,15 dS/m) et H6 (0,11 dS/m). L'allure du profil salin AJ2 est montrée dans la (Figure 39).

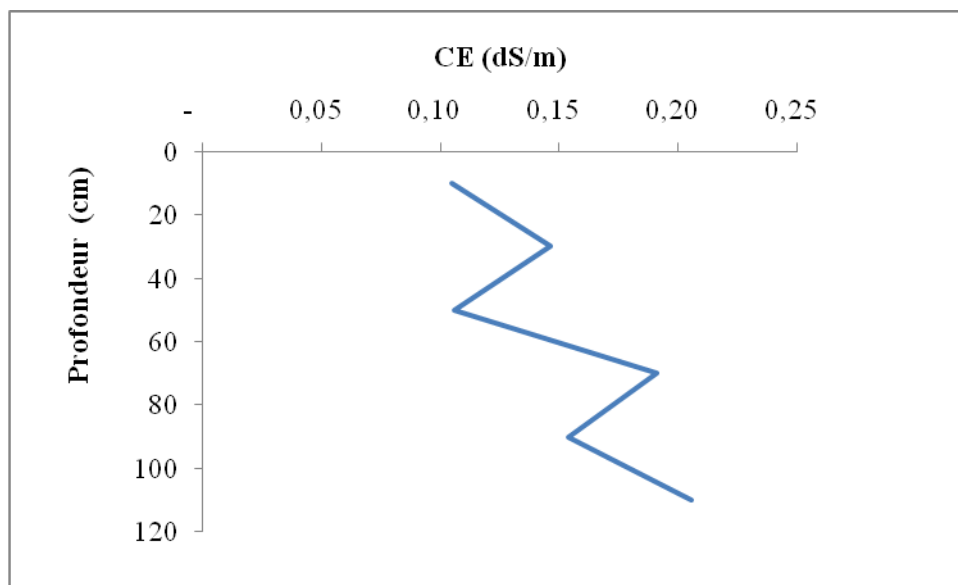


Figure N°39: Profil salin AJ2

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AJ2 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.2.3. Dynamique des sels dans le profil AJ3 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AJ3a montré que tous les horizons sont non salé $0,11 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^\circ \leq 0,36$, H1 (0,11 dS/m) et H2, (0,14 dS/m), H3 (0,19 dS/m) H4 (0,24 dS/m) et, H5 (0,31 dS/m) et H6 (0,36 dS/m). L'allure du profil salin AJ3 est montrée dans la (Figure 40).

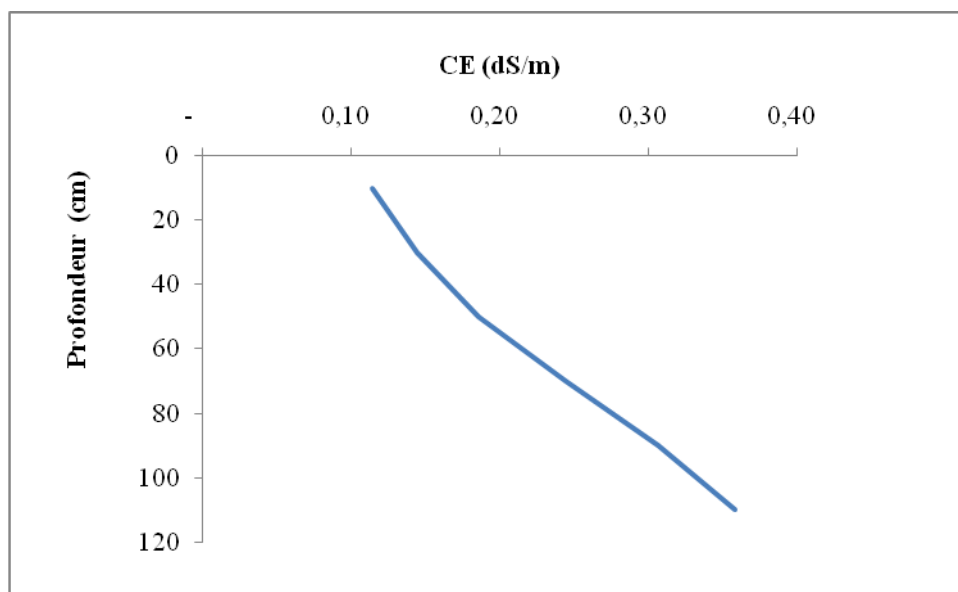


Figure N°40: Profil salin AJ3

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AJ3 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.2.4. Dynamique des sels dans le profil AJ4 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AJ4a montré que tous les horizons sont non salé : $0,10 \leq CE \text{ dS/m à } 25^\circ \leq 0,25$, H1 (0,25 dS/m) et H2,(0,22 dS/m), H3 (0,17 dS/m), H4 (0,12 dS/m) et, H5(0,10 dS/m) et H6 (0,14 dS/m). L'allure du profil salin AJ4est montrée dans la (Figure 41)

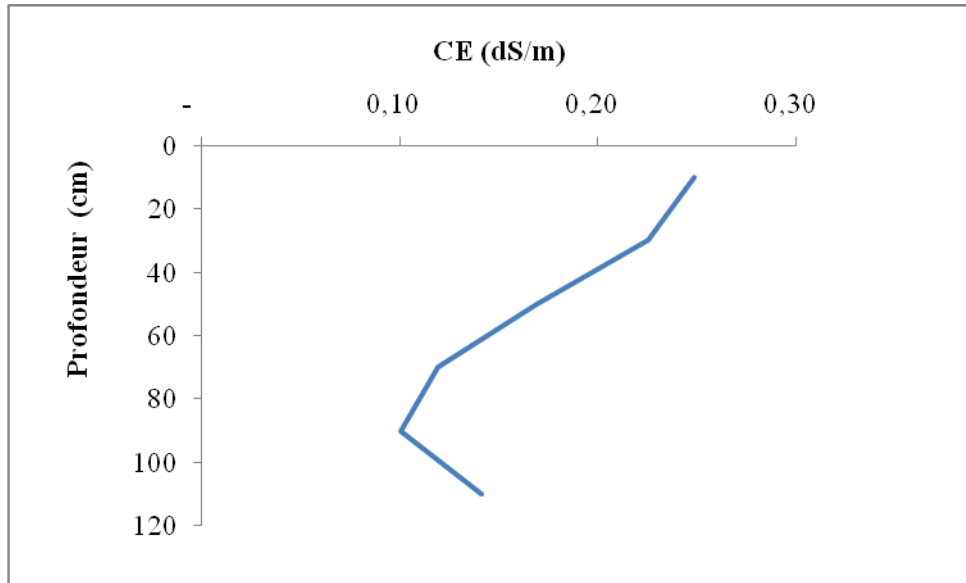


Figure N°41: Profil salin AJ4

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AJ4 type (A), caractérisé par un maximum de salinité en surface

1.2.5 Dynamique des sels dans le profil AJ5 :

L'analyse de la conductivité électrique du sol des horizons du profil AJ5a montré que tous les horizons sont non salé : $0,12 \leq CE \text{ dS/m à } 25C^\circ \leq 0,26$, H1(0,22 dS/m) , H2 et H3 (0,12 dS/m), H4 (0,25 dS/m) , H5(0,26 dS/m) et H6(0,19 dS/m). L'allure du profil salin AJ5 est montrée dans la (Figure 42)

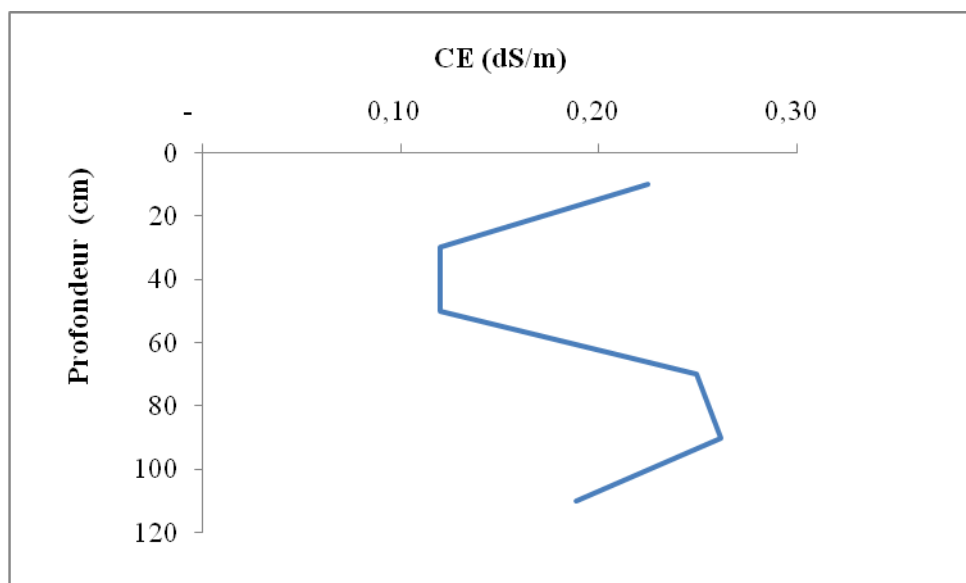


Figure N°42: Profil salin AJ5

Selon la classification des profils salins de SERVANT (1978), le profil salin est d'AJ5 type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur

1.2.6. Dynamique des sels dans le profil caractéristique de la parcelle cultivée jeune (AJ) :

Dans la parcelle cultivée jeune, le sol est non salé pour tous les horizons du profil salin caractéristique de la parcelle (Fig 43) avec une CE moy à 25°C de 0,18 dS/m pour l'horizon de surface, de (0,27 dS/m) pour l'horizon de moyenne profondeur et de 0,33 dS/m pour l'horizon profond.

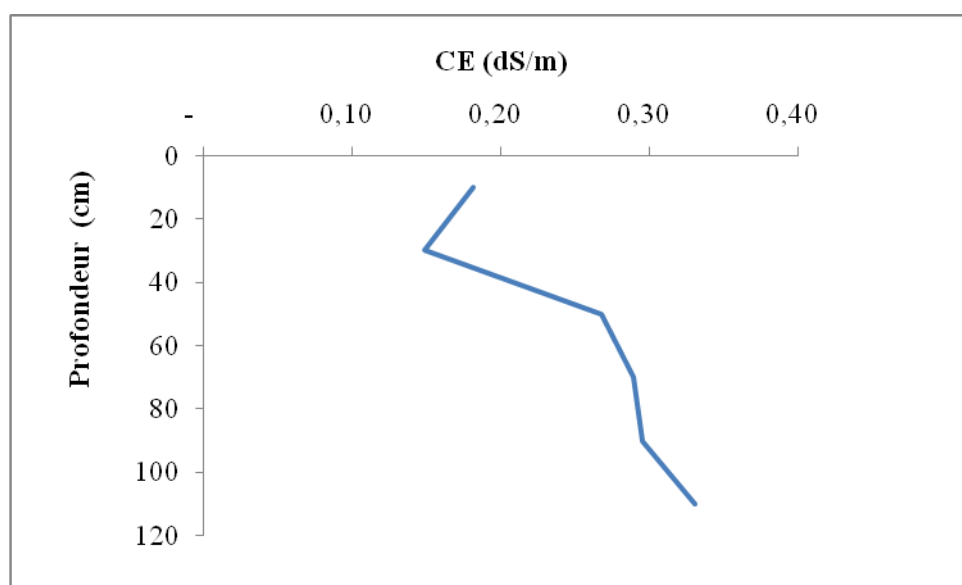


Figure N°43: Profil salin caractéristique de la parcelle cultivée jeune (AJ)

Le profil salin caractéristique de la parcelle jeune AJ est de type (D), caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, cela montre désalinisation de l'horizon permanente, due à l'entraînement des sels solubles en profondeur par l'eau d'irrigation (lixiviation)

2. Discussions

Les résultats d'analyses de la salinité du sol dans la station d'Aghzou font ressortir trois type de profils salins:

Chapitre V : Etude de la salinité du sol dans la palmeraie d'Aghzou

les profils salins AA3, AJ 4 est type (A) caractérisé par un maximum de salinité en surface, ce qui montre l'augmentation de la salinité de l'horizon de surface suite à la dynamique ascendante des sels dans le sol qui se produit dans notre cas après les irrigations dans les parcelles cultivée ancienne.

Les profils salins AA4 est de type (B), avec un maximum salinité moyenne en profondeur dans la couche médiane. Il s'agit dans notre cas d'une alternance entre une dynamique ascendante et descendante des sels, c'est à dire une désalinisation temporaire suite à l'entraînement des sels par l'irrigation et la remontée capillaire de ces derniers après irrigation.

Les profils salins AA1, AA2, AA5, AJ1, AJ2, AJ3 et AJ5, est de type(D), caractérisé par un maximum de salinité en, profondeur, cela est forcément due à lixiviation des sels par l'eau d'irrigation (après irrigation).

Nous avons tracé du le profil salin caractéristique de la station d Aghzou, les profils des parcelles cultivée ancienne (AA) sont de type (A) , caractérisé par une salinisation maximale en surface, le profil salin de la parcelle cultivée ancienne est exprimé par la salinité de l'eau d'irrigation de la station d' Aghzou est de 1,97 dS/m , cette eau appartienne à la classe C3, qui regroupe des eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage comme solution ,il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivée . (DURAND 1958 in BEN BRAHIM F 2001) , et les profils des parcelles cultivée jeune (AJ) est de type(D),caractérisé par une salinisation maximale en profondeur suit à l'irrigation lixivier le sel en vers les horions profondeur, ce qui signifie un désaliénation .

Conclusion

Conclusion

L'étude de la dynamique des sels dans la palmeraie d'Guerrara a été réalisée en faisant un échantillonnage en diagonale de vingt (20) profils réparties en deux stations Fossà et Aghzou (10 profils/station), cinq dans les planches d'irrigations (parcelle ancienne cultivée) et cinq dans une parcelle jeune. L'évaluation de la salinité a été effectuée par mesure de la conductivité électrique et applique de l'extrait dilué 1/5, ensuite, les profils salins sont réalisés.

Dans la station de Fossà dans la parcelle cultivée ancienne, le sol est non salé, la salinité varie de 0,48 à 0,50 dS/m avec un profil salin caractéristique de type D. caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, suite à l'entraînement des sels solubles en profondeur sous l'effet de l'irrigation. (Lixiviation)

Dans la parcelle cultivée jeune, le sol est peu salé la salinité varie de 1,50 à 2,91 dS/m avec un profil salin caractéristique de type A, caractérisé par un maximum de salinité en surface suite à la remontée capillaire des sels.

Dans la station d'Aghzou dans la parcelle cultivée ancienne, le sol est non salé la salinité varie de 0,16 à 0,20 dS/m avec un profil salin caractéristique de type A, caractérisé par un maximum de salinité en surface suite à la remontée capillaire des sels.

Dans la parcelle cultivée jeune, le sol est non salé, la salinité varie de 0,15 à 0,33 dS/m avec un profil salin caractéristique de type D. caractérisé par un maximum de salinité en profondeur, suite à l'entraînement en profondeur sous l'effet de l'irrigation. (Lixiviation)

L'étude de la salinité dans les deux stations à permet de montrer que

- L'irrigation par une eau saline pour une longue période de 52 ans dans deux stations (parcelle cultivée ancienne), a engendré une salinisation secondaire du sol.
- Le profil salin dans le sol irrigué est de type profil descendant suite à l'entraînement des sels en profondeur par les eaux d'irrigation.

L'étude de la salinité dans ces deux stations à permet de montrer que la salinité de l'eau d'irrigation dans les deux stations appartient à la classe C3, caractéristique aux eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées.

Enfin, ce travail sur la salinité du sol dans la région d' EL Guerrara reste insuffisant et mérite d'être compléter en tenant compte des éléments suivants :

- L'étude pédologique détaillée en vue d'une bonne interprétation des résultats d'analyses
- Le suivie de la variation saisonnière de la salinité afin de bien cerner son évolution.
- Le suivi de la salinisation des sols dans la région sera un moyen très efficace pour prévoir toute augmentation de cette dernière.

Références bibliographiques

- **ADRIAENS .L et WAEGEMANS. G ,1943** - contribution a l'étude chimique Des sols salins et de leur végétation au Ruanda-Urundi, p183.
- **ANIREF, 2011** -Agence Nationale d'intermédiation et de Régulation Foncière, Rubrique Monographie Wilaya (Wilaya de GHARDAIA) p7
- **A.N.R.H., 2007**-Inventaires Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya De Ghardaïa. Ed. A.N.R.H ,18 P
- **AUBERT .G, 1976**- Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'I.N.A., Alger, 6 (1), p. 185-196.
- **BEN BRAHIM, 2001** -Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivé et non cultivé dans la cuvette de Ouargla Cas de l'exploitation de l'I.A.S.) Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en agronomie saharienne Ouargla, centre universitaire de Ouargla institut d'agronomie saharienne, 2001,119 .
- **BEN KENZOU D ,CHEGMA S , MERAKCHI F, ZIDANE B ,2012** –Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa .Statiques au 31 décembre 2011.Direction de la planification et de l'Aménagement du Territoire (D.P.A.T) .Wilaya de Ghardaïa .132P .
- **BEN SAHA .H, BEN SAHA .L, ACHOUR .M, 2009** – Réflexions pour préserver l'environnement : cas de la ville M'Zab (Algérie).
- **BOUALLA .N, BENZIANE .A et DERRICH Z ,2012** - Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran), Journal of Applied Biosciences 53: 3787 – 3796.
- **CHENINI .N et CHABOU .S, 2012** -Evaluation du potentiel géothermique dans la région de Ghardaïa, Revue des Energies Renouvelables SIENR'12 Ghardaïa (2012) 307 – 312 P 307-312.
- **CHEVERRY(C l.), 1974**- Contribution à l'étude pédologique des polders du lac Tchad. Dynamique des sels en milieu continental subaride dans les sédiments argileux et organiques. Th. Strasbourg. 275 p.
- **DJILI .B, 2004**-Etude des sols alluviaux en zones arides : cas de la Daya d'El-Amied (région de (Guerrara), essai morphologique et analytique. Mém. Mag. Univ, Ouargla, p. 81.
- **D.P.A.T., 2005** - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142 P

- **DRAG ,2008** -Direction de la Réglementation et des Affaires Générales, 2008. Projet de restauration des ouvrages hydrauliques traditionnels de l'ancienne oasis de Guerrara- Ghardaia.
- **FAO, 2005-** salinity -des sols salinisés par l'irrigation.
- **FAO, IPTRID, Le projet CISEAU ,2006** - Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation, Document Introductif Salinisation induite par l'irrigation. p12.
- **GEORG GRABHERR 1997**-Guide des écosystèmes de la terre p 364.
- **GOBAT J.M, ARAGNO M, MATTHE Y W ,1998** – Le sol vivants Deuxième édition revue et augmenté .presses polytechniques et universitaire romandes, France, 568p.
- **GUEMARI F, 2009** -Etude des systèmes traditionnels de captage des eaux et d'irrigation dans les oasis de la ville de m'Zab cas des oasis de metlili, el atouf, guerrara, beni izguene, berriane et bounoura , memoire en vue d'obtention du diplome de magister option : aménagement hydraulique en zones arides.
- **HADJ-SAIDS., TOUIL Y, HAMDI-AISSA B, 2007-** Les ressources en eau souterraines de la région de Guerrerra. Laboratoires d'analyses physico-chimiques et protection de l'environnement en zones arides. Université d'Ouargla .18p.
- **HALITIM A., 1988** - Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p.
- **HAMDI-AISSA B, HARIZ A et MANSOURI S 2010** - Les anciennes systèmes de gestion des l'eau dans les oasis : patrimoine à préserver, Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Université Kasdi Merbah – Ouargla - le 03 mai 2010..
- **HAYWORD H .E, 1952** - organisation de la nation unie pour l'éducation, la science et la culture .programme de la zone aride croissance des plantes en milieu salin P45.
- **INSID ,2008** - Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage - les sols salins en Algérie,
- **KHADRAOUI A, 2010,-**Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes P
- **LAHLOU .M, BADRAOUI .M, et SOUDIA. B, 2000**, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II , Modélisation de l'évolution de la salinité et de l'alcalinité dans les sols irrigués .p135-151.

- **LAHLOU .M, BADRAOUI .M, et SOUDIA. B, 1998** - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P.6202, Rabat-instituts, Rabat MAROC .SMSS : un logiciel de Simulation du mouvement de sel dans le sol .p247-256.
- **LALLEMAND-BARRES A ,1980** – Aménagement des sols salés irrigation avec des eaux salées, Etude documentaire p34.
- **LE BRUSQ (J.Y.), LOYER (J.Y.), MOUGENOT (B.), CARN (M.), 1987** - Nouvelles para genèses à sulfates d'aluminium, de fer et de magnésium et leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal. SC. **du Sol** n° 1987-3, vol. 5 : 173-184, Plaisir France.
- **LEGROS J.P, 2007** - Les grands sols du Monde. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes ,574 p.
- **LEGROS 2009** - La salinisation des terres dans le monde, Séance du lundi 22/06/2009, conférence n°4069, Bull. n°40, pp. 257-269 .
- **Marc L, 2001-** Le contrôle de la salinité dans les rizières, Mémento technique de Riziculture, .p17.
- **MARLET, S, et J.O. Job, 2006.-** Processus et gestion de la salinité des sols. In : Tiercelin, J.R. Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. ISBN-13: 978-2743009106.
- **MARMODE, 2006** – cours physique du sol .maitrise de la salinité des sols p14.
- **NAHON D, 2008** - L'épuisement de la Terre. L'enjeu du XXIème siècle. Odile Jacob, 235 p.
- **SERVANT J.M., 1978** - La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull. B.R.G.M., Sect. N°2, pp. 123-142.