



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بو عريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Thème

**Etude de la relation entre deux méthodes
de mesure de la salinité des sols :
Application sur les sols de Sebket Melloul
(Wilaya de Sétif).**

Présenté par :

- ✓ Belfar Nassima
- ✓ Boubaaya Ratiba

Devant le jury composé de :

- ✓ **President: M^r Bibak Mohamed** (Univ. Bordj Bou Arréridj)
- ✓ **Encadrant : M^r Ait mechedal Mouloud** (Univ. Bordj Bou Arréridj)
- ✓ **Examineur : M^m Laoufi Hadjer** (Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

Année universitaire : 2018/2019

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et Le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à notre **Dibak Mohamed** Président et encadreur monsieur « **Ait Mechedal Mousoud** » enseignant à l'université **Mohammed El Bachir El Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj**

Nous voudrions aussi remercier tous les enseignants qui ont Contribué à notre formation « **Aménagement Hydro-Agricole** ».

Merci aussi à toute l'équipe de notre département d'Agronomie. Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de nos profonds Respects pour avoir pris la peine d'examiner notre mémoire

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

À mes parents: grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux :

À mes sœurs : Iman, Aya, Hayat, Widad, Amal

À mon frère : Fouad

À tous mes amis, Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité

À mes chères : Hamza, Ibtissam, dihya, yakout, Afaf

Pour celle là qui ma partagé mes joies et mes peines, qui ma tant aidé et soutenu, et qui était pour moi un cœur veillant pendant toute ma vie, que je ne pourrais jamais assez remercier.

Belfar Nassima



Dédicace

Je dédie mon modeste travail

À:

Mes chers parents,

Ma mère et mon père

Pour leur amour, leurs encouragements et

Leurs sacrifices,

Mes frères Abbas, Islam, Abde Al mouttalibe,

Adel et Ma sœur Karima

Toute ma famille, et mon binôme nassima, ma copain

assai

Et Mes amis,

Toute la promotion sortante 2019.

BOUBAAYA RATIBA.

Résumé

Remerciements

Sommaire

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction général.....	01
Chapitre I : Etude bibliographique	
Première partie : Le sol et la salinité	
I.1. Introduction.....	03
I.2. Des Généralité sur la salinité des sols.....	03
I. 2.1. Définition de la salinité.....	03
I.2.2. l'origine de la salinité.....	04
I.2.3. Classification des sols affectés par la salinité.....	04
I.2.3.1. La classification française CPCS.....	05
I.2.3.2. La classification FAO.....	05
I.2.3.2.1. Les Solonchaks.....	05
I.2.3.2.2. Les Solonetz.....	06
I.2.3.3. Le référentiel pédologique.....	06
I.2.3.4. Soil Taxonomies (U S D A).....	06
I.2.4. Impacts de la salinité sur le sol et la plante.....	07
I.2.4.1. Effet de la salinité sur les propriétés physiques des sols.....	07
I.2.4.2. Effet de la salinité sur les propriétés chimiques des sols.....	07
I.2.4.3. Effet de la salinité sur les plantes.....	07
I.2.4.4. Effet de la salinité sur l'environnement.....	08
I.3.La salinité en Algérie.....	08
Deuxième partie : les méthodes de mesure de la salinité du sol	
I.4. Mesure sur le terrain.....	09
I.4.1. La méthode électrique.....	09

Sommaire

I.4.2. La méthode électromagnétique.....	09
I.5. Analyse au laboratoire.....	10
I.5.1. Extrait non saturée (rapport sol/eau).....	10
I.5.2. Extrait de la pâte saturée.....	11

Chapitre II : matériels et méthodes

II.1. Présentation de la zone (Sebkhet Melloul).....	12
II.1.1. Localisation générale.....	12
II.1.2. La géologie.....	12
II.1.3. La Pédologie.....	13
II.1.4. Hydrologie.....	13
II.1.5. Climat.....	14
II.2. Matériels et méthodes.....	14
II.2.1. matériel.....	14
II.2.2. Prélèvement de l'échantillon (échantillonnage sur le terrain).....	14
II.2.3. Préparation des échantillons.....	15
II.2.4. Mesure de la salinité (Analyse au laboratoire).....	16
II.2.4.1. Extrait des différents dilués (1/2 ; 1/5 ; 1/10).....	16
II.2.4.2. Extrait de pate saturée.....	16
II.2.4.3. Détermination du pH et la CE.....	17

Chapitre III : résultat et discussion

Sommaire

III.1. Résultat	
III.1.1. Le pH.....	18
III.1.2. La conductivité électrique (CE (ms/cm)).....	19
III.1.2.1.Les résultats analytiques de la conductivité électriques.....	19
III.1.2.2.Statistique descriptive des résultats analytiques de la conductivité électrique.....	20
III.1.2.3. Les classes de la salinité.....	20
III.1.3. Les corrélations entre les méthodes.....	22
III.1.3.1.Relation entre la conductivité électrique de la patte saturée et les rapports de dilution.....	22
III.1.3.2.Relation entre la conductivité électrique des différents rapports.....	24
III.2.Synthèse et discussion.....	26
Conclusion.....	28
Références bibliographique	

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I Classes de la salinité en fonction de la conductivité électrique.....	04
Tableau II : Classe des sols affectés par les sels	05
Tableau III : Répartition des sols affectés par la salinité dans les périmètres Irrigués de l'ouest Algérien.....	09
Tableau IV : Les coordonnées des échantillons.....	15
Tableau V : Résultat de mesuré pHps.....	18
Tableau VI : Résultats statistique de la conductivité électrique.....	19
Tableau VII : Statistiques descriptives de la CE (mS/cm).....	20
Tableau VIII : Les classes de la salinité du sol par rapport à la conductivité électrique de la pâte saturée.....	20
Tableau IX : Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 à 25C°	21
Tableau X : Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/10 à 25C°	21

Liste des figures

Les figures

Figure01 : Effet de sodium sur le complexe adsorbant.....	07
Figure02 : Situation du sebkhet Melloûl (wilaya de Sétif).....	12
Figure03 : Le réseau hydrographique de la région de Sétif.....	13
Figure04 : Illustration des étapes de l'échantillonnage (photos personnelles)	14
Figure05 : Les différentes étapes de la préparation des échantillons (photos personnelle).....	16
Figure06 : Les pourcentages de niveau de la salinité (CEps).....	21
Figure07 : Relation entre la CEps et CE (1/10).....	22
Figure08 : Relation entre la CEps et CE (1/2).....	23
Figure09 : Relation entre la CEps et CE (1/5).....	23
Figure10 : Relation entre la CE (1/5) et CE (1/10).....	24
Figure11 : Relation entre la CE (1/2) et CE (1/5).....	25
Figure12 : Relation entre la CE (1/2) et CE (1/10).....	26

Liste des abréviations

CE : conductivité électrique

CEps : conductivité électrique de la pate saturé

C° : degré Celsius

ms/cm : unité de la conductivité électrique

Ms : milli semence

m³ : unité de volume

cm : centimètre

S : salinité

Ω : Ohm

M : Mètre

Ra : Résistivité apparente

CEM : Conductivité électromagnétique

CE : Conductivité électrique

\vec{i} : Densité du courant

$E\vec{}$: Champ électrique

σ : Conductivité électrique

Cl : chlore

L : litre

Kg : kilo gramme

Mg : milligramme

NA : sodium

PH : potentiel d'hydrogène

Ha : hectare

% : pourcentage

(° ‘ ’) : degré ; minute ; second

Mol : unité de quantité de matière

Liste des abréviations

TR/min : unité pour mesuré la vitesse de rotation

GPS : géo-positionnement par satellite

PO : Pression osmotique

SAR : sodium adsorbation ratio

ESP : échangeable sodium pourcentage

USDA: département de l'agriculture des États-Unis

WRB: world reference base for soil ressource

CEC: Capacité d'échange cationique

Yd : yard est l'étalon anglais officiel de mesure de longueur 1yard=0.9144 mètre

Mmhos/cm: milli mhos par centimètre

CPCS: commission de pédologie et de cartographie de sol

USSL : united states salinity laboratory

ANRH : agence nationale des ressources en eau

FAO : organisme du nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ech : échantillon

Introduction général

Le plus grand problème dans les années à venir va venir du réchauffement climatique et de l'augmentation de la population mondiale. L'irrigation va devenir de plus en plus indispensable, notamment dans les régions semi aride et arides, pour combler les déficits en eau et pour utiliser un maximum les terres arables et subvenir aux besoins d'une population croissante, et d'autre part car les phénomènes d'évaporation inhérents à l'augmentation de la température va accentuer le phénomène de concentration des sels dans les sols (phénomène de la salinisation) (**UNESCO, 2002 ; KHACHEBA, 2011**).

La salinité est la présence des sels solubles dans les eaux ou dans les sols. Selon la richesse en sels et la composition ionique de la solution, plusieurs conséquences plus ou moins néfastes sur la fertilité des sols, l'évolution des paysages ou des aménagements, se manifestent (**BRAUDEAU et HACHICHA, 1998**). En Algérie, on évalue aujourd'hui à 1,5 million d'hectares la superficie des sols salés dont 49 milles se situent dans le sud du pays (**MADR, 2004 in ABDELHAFID, 2010**).

En Algérie, environ 20 % des sols irrigués sont concernés par le problème de salinité. Ce problème a été observé dans plusieurs régions. Dans l'est algérien, plusieurs périmètres irrigués sont soumis à de graves problèmes de salinisation et de la remontée de la nappe qui se traduisent par une dégradation des sols et une baisse de productivité (**ABDELHAFID, 2010**).

La salinisation des sols est un phénomène assez fréquent dans la région de Sétif qui est caractérisée par une faible pluviométrie (**ONM, 2011 in EL FERGOUGUI et BOUTOUTAOU, 2012**).

Les méthodes conventionnelles de mesure de salinité sur de petits échantillons peuvent difficilement rendre compte d'un tel phénomène. Aujourd'hui des nouvelles méthodes sont employées pour caractériser la salinité du sol. Elles permettent de réaliser des mesures rapides et non destructives à différentes profondeur de sol (**IDDIR, 2006**).

L'objectif principal de ce travail est de mesurer la salinité du sol par deux méthodes (la pâte saturé et rapport sol/eau), il s'agit donc de :

- Tester les deux méthodes dans un contexte très salé (sebkha)
- Trouver des relations entre les méthodes.

Le présent document est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre porte sur une étude bibliographique. Le second chapitre présente le matériel et les méthodes d'étude utilisés. Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre.

Première partie : La salinité du sol

I.1. Introduction

La salinisation du sol est un problème majeur à l'échelle du globe. Elle affecte environ 400 millions d'hectares (**ROUDART, 2006**).

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majeure partie affectés par la salinité ou susceptibles de le devenir.

Les sols salins sont très répandus aux bords de certains chotts et sebkha dans les régions arides et semi-arides. La remontée de la nappe phréatique salée et l'irrigation par des eaux salées constituent la cause principale de la salinité dans ces régions (**BOUTELLI, 2012**).

L'estimation de la salinité du sol se fait à partir de la mesure de la conductivité électrique, cette dernière se mesure directement par différentes méthodes dans un laboratoire, ou indirectement à partir de formules empiriques liant celle-ci à des mesures de natures différentes sur le terrain (**RHOADES et al., 1999**).

I.2. Des Généralités sur la salinité des sols

I.2.1. Définition

La salinité se réfère à la quantité des sels solubles qui se trouve dans le sol (**Chesworth, 2008**).

Les sels solubles englobent une large gamme d'anions et de cations présents dans le sol soit sous forme cristallisée, ou une forme dissoute dans la solution du sol, ou bien sous une forme adsorbée sur la surface des colloïdes (**Douaik, 2005**). Ils sont constitués principalement par le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium pour les cations et par les chlorures, les sulfates, les carbonates et les bicarbonates et nitrates pour les anions (**Chesworth, 2008**).

Plusieurs processus géochimiques peuvent avoir lieu comme conséquence à l'action des sels solubles dans le sol. Le processus suivant lequel le sol s'enrichit en sels solubles est la salinisation (**IPTRID, 2006**). L'autre processus qui est l'alcalinisation se produit lorsque le pH du sol augmente à des valeurs supérieures à 8,5 (**USSSL, 1954**). Ce processus est souvent accompagné du processus de sodification lorsque le sodium échangeable est l'élément majoritaire adsorbé sur le complexe colloïdal (**IRD, 2008**).

I.2.2. L'origine de la salinité

La salinité des sols a des sources très variées. Elle résulte de l'altération des roches mères contenant des minéraux nécessaires à la formation des sels solubles (minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, de produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore), ou de la dissolution des évaporites (IRD, 2008). L'océan peut être une source principale de la salinité, notamment dans les zones côtières (Kloppmann et al., 2011) où le matériau de base est constitué de dépôts marins anciens. Les eaux salées des nappes phréatiques ou artésiennes peuvent aboutir à la salinité par un remontée de la nappe (Ben Hassine, 2005).

La salinité peut être provoquée en conditions anthropiques par l'irrigation par des eaux salées. Ce type de salinité du sol est la conséquence de la mauvaise combinaison d'une forte évaporation et d'un apport inadapté d'eau d'irrigation chargée en sels dissous (Boualla et al., 2012).

I.2.3. Classification des sols affectés par la salinité

La salinité du sol est décrite et caractérisée en termes de concentration et de type de sels solubles. Elle est reliée à la conductivité électrique du sol mesurée en decisiemens par mètre (dS.m-1). Selon USSL (1954), les sols affectés par les sels sont classés en fonction de la conductivité électrique de leur extrait de pâte saturée (CE dS.m-1) (tableau I), et du pourcentage de sodium échangeable (ESP en %) et de leur pH (tableau II).

Tableau I. Classes de la salinité en fonction de la conductivité électrique USSL (1954).

Classe de salinité	CE dS/m
Non salé	<2
Peu salé	2-4
Moyennement salé	4-8
Salé	8-16
Très salé	>16

Tableau II. Classes des sols affectés par les sels (USSL, 1954)

Classes	CE (dS.m-1)	ESP (%)	pH
Non salin	<4	<15	<8.5
Salin	>4	<15	<8.5
Sodique	<4	>15	>8.5
Salin-sodique	>4	>15	>8.5

CE = conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée

PH = pH de l'extrait de pâte saturée

ESP = pourcentage de sodium échangeable

Cependant, les différents systèmes de classification des sols (**CPCS, 1967 ; Soil Taxonomie, 2010 ; WRB, 2006 ; Référentiel Pédologique, 2008**), n'accordent pas la même importance à la salinité des sols. Ainsi, selon le concept de base du système de la classification considérée et l'importance accordée à la salinité dans le diagnostic des unités taxonomiques, les sols affectés par les sels se situent à des niveaux hiérarchiques différents.

I.2. 3.1. La classification française CPCS

La **CPCS (1967)** accorde une place de choix à la salinité et lui dédie une classe des sols à part entière qui se situe au sommet du niveau hiérarchique de cette classification. La **CPCS (1967)** a proposé de les dénommer sols « sodiques ».

On peut y distinguer les sols sodiques à structure non dégradée, et (b) les sols sodiques à structure dégradée. Les sols sodiques inclus dans ce système de classification présentent un schéma d'évolution dominé soit par une richesse en sels solubles dont la CE de l'extrait de pâte saturée est supérieure à 7 mmhos/cm à 25°C dans l'ensemble du profil, soit par la présence de sodium échangeable (et/ou de magnésium) occupant plus de 10% de la CEC, avec l'apparition d'une structure massive, diffuse, et une compacité élevée.

I.2.3.2. La classification FAO

La classification de la FAO (**WRB, 2006**) cite deux groupes de sol affectés par la salinité, le groupe des Solonchaks et celui des Solonetz.

- Solonchaks

Ce sont des sols ayant un horizon salic débutant dans les 50 premiers cm de la surface du sol et n'ayant pas d'horizon thionic dans la même profondeur.

- Les Solonetz

Ce sont d'autres sols ayant un horizon natric débutant dans les 100 premiers cm de la surface du sol. L'horizon natric est un horizon de subsurface dense dont la teneur en argile est plus élevée que celle de l'horizon sus-jacent, et l'horizon salic est un horizon de surface ou de subsurface contenant un enrichissement secondaire en sels solubles.

I.2.3.3. Le référentiel pédologique

D'après le référentiel pédologique (2008), les sols salés et les sols sodiques sont classés dans le Solum « Salisols et Sodisols ». Il est formé sous l'influence dominante de sels solubles et/ou du sodium. Il en existe deux horizons de références spécifiques, un horizon salique et un horizon sodique. Le premier horizon est caractérisé par la présence d'une certaine quantité de sels solubles dans la solution du sol ou précipités dans l'horizon lui-même ; le second horizon est caractérisé par la présence, sur le complexe d'échange ionique de l'horizon, d'une quantité de sodium relativement importante par rapport aux autres cations adsorbés

I.2.3.4. Soil Taxonomie (U S D A)

Pour ce qui est de la Soil Taxonomie (2010), il ressort que les sols affectés par les sels n'ont pas une place à part au niveau des ordres.

Cette classification qui est fondée sur les critères diagnostiques considère deux horizons diagnostiques pour caractériser la sodicité et la salinité des sols, natric horizon et salic horizon. Le premier horizon est caractérisé par un pourcentage d'argile plus élevé que celui des horizons sus-jacents, une structure colonnaire, ESP égal ou supérieur à 15%, et un SAR qui est égal ou supérieur à 13. Le second est un horizon d'accumulation de sels solubles, d'une épaisseur de 15 cm ou plus, caractérisé par une CE de l'extrait de pâte saturée égale ou supérieure à 30 dS.m⁻¹, et le produit de la CE (dS.m⁻¹) par l'épaisseur (cm) est égal ou supérieur à 900. De ce fait, on retrouve les sols salés dans les différents niveaux de classification, comme par exemple au niveau des suborders (Salids), des grands groupes (Natrixeralfs, Natraqerts, Natrargids, Natrixerolls), ou des sousgroupes (Natric Haploxeralfs ; Natric Petrocalcids ; Sodic Xerarents ; Sodic Calcixerepts).

I.2.4. Impacts de la salinité sur le sol et la plante

I.2.4.1. Effet de la salinité sur les propriétés physiques des sols

Lorsque le sodium est présent en quantité importante sur le complexe d'échange, le sol devient instable et acquiert une capacité de gonflement. Ce dernier entraîne une diminution de la porosité et la dispersion conduit au colmatage des pores par les particules colloïdales (**Reguig et Larroussi., 2007**).

La formation de la croûte de battance entraîne une modification de la structure du sol susceptible de se répercuter sur les écoulements des eaux et par la suite elle influence sur le métabolisme et le développement des végétaux. L'humectation rapide du sol provoque la compression de l'air dans les pores fermés et l'éclatement des agrégats et par conséquent l'érosion et l'imperméabilisation des surfaces (**Mimoune., 1995**).

La perméabilité est liée à la texture, à l'état du complexe adsorbant et aussi au taux de matière organique et de calcaire (**Durand, 1954 in Mimoune., 1995**).

I.2.4.2. Effet de la salinité sur les propriétés chimiques des sols

La salinité agit sur le complexe adsorbant par les cations échangeable (Na^+ et Mg^{++}) ce qui provoque le lessivage des bases, la destruction des ponts calciques et comme conséquence une forte vitesse d'infiltration des eaux. Le complexe adsorbant devient saturée en Na^+ et qui provoque la dispersion d'argiles (fraction fine) diminuant ainsi la porosité (aération) et emmagasinement de l'eau (figure 1)(**Madjid N,Tair K,2012**).

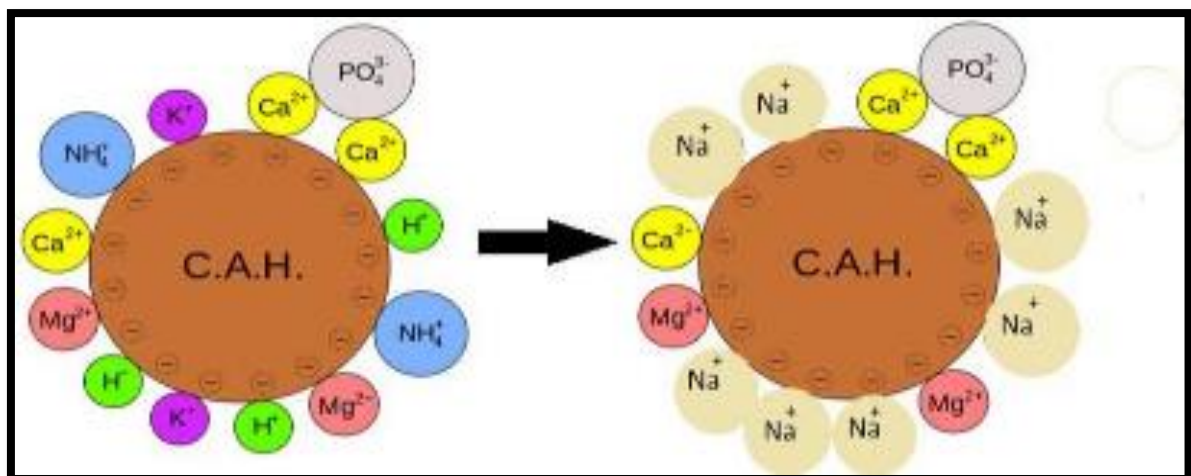


Figure 1. Effet de sodium sur le complexe adsorbant (**Madjid N,Tair K.,2012**).

I.2.4.3. Effet de la salinité sur les plantes

La salinité provoque aussi un impact négatif sur les rendements des cultures et la production agricole dans les zones sèches et irriguées en raison de terres ayant des propriétés physicochimiques médiocres, de la mauvaise gestion de l'eau et de l'expansion de la frontière agricole dans les zones marginales. Dans des sols sévèrement touchés par la salinité, il se forme souvent une mince croûte de couleur blanchâtre (efflorescence saline) en surface. Comme conséquence de la salinité sur la plante, le mécanisme essentiel qui limite son développement est la pression osmotique ($PO = 0.036 * CE$) (**Chesworth, 2008**).

Selon cette formule empirique, la pression osmotique augmente avec la concentration en sels et rend l'absorption de l'eau par la plante plus difficile. La présence de ces sels et l'élévation de la pression osmotique de la solution du sol, ou une toxicité ionique spécifique, entraînent la formation de paysages particuliers, soit occupés par une végétation naturelle spécialisée dite halophyte, soit présentant une absence totale de végétation (exemples : chotts et sebkhas) (**Loyer, 1991**).

I.2.4.4. Effet de la salinité sur l'environnement

Faouzi et Larabi (2001) ont montré que les remontées du niveau de la nappe au-delà d'un certain niveau, soit 2 m de profondeur par rapport à la surface du sol, engendrent de nombreux problèmes d'ordre environnemental (l'accumulation de sels dans les sols), agricole (l'asphyxie de plantes), et sanitaire (l'accumulation de sels et de nitrates dans les eaux souterraines).

I.3. La salinité des sols en Algérie

En Algérie, on évalue aujourd'hui à 1,5 million d'hectares la superficie des sols salés dont 49 milles se situent dans le sud du pays (**MADR, 2004** in **ABDELHAFID, 2010**).

Selon **Douaoui et Hartani (2007)**, environ de 20 % des sols irrigués sont concernés par le problème de salinité. Ce problème a été observé dans plusieurs régions. Dans l'ouest algérien (tableau III), plusieurs périmètres irrigués sont soumis à des graves problèmes de salinisation et de la remontée de la nappe (**ANRH, 2002**).

Tableau III : Répartition des sols affectés par la salinité dans les périmètres Irrigués de l'ouest Algérien (ANRH,2002).

Périmètre	Superficie Irrigables (ha)	Superficie affectée (ha)	pourcentage□
Haut cheliff	20000	6400	32
Moyen cheliff	21000	8700	41
Bas cheliff	22500	15000	67
Mina	8250	4190	51
Habra	19000	8100	42

Deuxième partie : les méthodes de mesure de la salinité du sol

I.4. Mesure sur le terrain

Les méthodes de mesurer de la conductivité électrique apparente d'un sol sont basées sur la mesure de la résistivité électrique, ou bien sur l'induction électromagnétique (RHOADES et al., 1999).

I.4.1. La méthode électrique

La méthode électrique de sol est une technique géophysique non destructive qui est réalisée à partir d'électrodes plantées dans le sol. C'est une mesure intégrante qui est représentatif à certain volume sur terrain (GOULET et BARBEAU, 2004).

Les méthodes de résistivité électrique consistent en l'injection d'un courant électrique entre deux électrodes disposées à la surface du sol et à la mesure du potentiel électrique par un second jeu d'électrodes disposées au voisinage des électrodes d'injection (SCHNEIDER, 2010).

La mesure électrique est effectuée avec une résistivité électrique. S'exprime en $\Omega.m$ (BOTTRAUD et al., 2010). Les méthodes de résistivité sont fondées sur la mesure des champs électriques et calculer par la suite les caractéristiques du milieu, qu'on appelle "résistivité apparente".

I.4.2. La méthode électromagnétique

La méthode d'induction électromagnétique peut renseigner sur la structure interne de la terre et aussi, sur la présence d'eau dans les premiers décimètres du sol. Une bobine localisée à

une extrémité de l'appareil EM crée un courant induit dans le sol, dont l'intensité est proportionnelle à la conductivité électrique du sol. C'est donc une mesure active de la conductivité électrique apparente du sol, dont l'avantage est d'être totalement non-invasive. En revanche, le traitement mathématique est beaucoup plus complexe que celui de la mesure par résistivité électrique (**SCHNEIDER, 2010**).

La conductivité électromagnétique (CEM) est une technique géophysique récemment adaptée à l'étude des sols (**DE JONC et al., 1979 in JOB et al., 1990**). Elle est rapide de mesure « in situ » de la conductivité électrique globale de sol (**BOIVIN et al., 1989**). Elle permet entre autres d'évaluer la salinité globale apparente des sols intégrés sur une profondeur d'à peu près deux mètres. Elle se fait en soumettant le sol à un champ magnétique de haute fréquence. Ce champ induit des courants qui sont d'autant plus intenses que le sol est conducteur.

I.5. Analyse au laboratoire

Le principe de base des méthodes de laboratoire repose sur la mesure de la conductivité électrique. Lorsqu'on applique un champ électrique à un milieu conducteur, un courant électrique parallèle et proportionnel à ces champs y apparaît selon la loi d'Ohm ($\vec{i} = \sigma \cdot \vec{E}$).

Étant la densité du courant, \vec{E} le champ électrique, et σ la conductivité électrique ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) Cette dernière est définie comme étant la capacité d'un matériau de 1 m de long à laisser passer un courant électrique (Schneider, 2010). Elle est représentée par la formule suivante : $\sigma = 1 / 2\pi aR$

Où a est la distance inter-électrodes, et R la résistance (Ω) Les méthodes de laboratoire utilisées pour mesurer la CE des sols comprennent la mesure de la CE de l'extrait de pâte saturée (**Richards, 1954**).

I.5.1. Extrait non saturée

Dans cette méthode, une quantité d'échantillon de sol est mélangée avec une quantité d'eau suffisante pour obtenir de fortes dilutions. Le rapport poids sol/poids eau est en général de 1/5 ou 1/10 (**Mathieu et Pielain, 2003**).

La mesure de la conductivité électrique (CE) se fait le plus souvent sur des extraits dilués selon un rapport sol/eau : 1/2 ; 1/5 ; 1/10, ou bien à partir de l'extrait de la pâte saturée. Cette méthode de l'extrait saturé, outre le fait qu'elle est la méthode internationale de référence, présente de nombreux avantages, dont celui de représenter le mieux la solution du sol et donc

de se rapprocher de plus près de la réalité agronomique ; l'humidité étant à proximité de la capacité de rétention la plus efficiente pour la plante (**LE BRUSQ et LOYER, 1982 ; RHOADES et al., 1999**).

I.5.2. Extrait de la pâte saturée

Cette méthode a été mise au point par les chercheurs américains de l'U.S. Salinity Laboratory. Pour extraire les sels on amène le sol préalablement séché à saturation, c'est à dire à sa limite de liquidité d'Atterberg par malaxage avec de l'eau distillée. En opérant ainsi on cherche à se rapprocher au mieux de ce qui se passe dans le sol, tout en opérant dans des conditions standardisées. Cette façon de faire permet notamment de se rapprocher d'une réalité agronomique, l'humidité étant à proximité de la capacité de rétention, la plus efficiente pour la plante (**Le Brusq et Loyer, 1982**).

II. Matériels et méthodes

Cette étude vise à utiliser les sols de Sebkhet Melloul (Wilaya de Sétif), pour trouver une corrélation entre 2 méthodes de mesure de la salinité du sol.

II.1. Présentation de la zone

II.1.2. Localisation générale

Sebkhet Melloul (Sebkhet Melloûl) est située dans la commune de Gellal, wilaya de Sétif (figure 02).

Les coordonnées géographiques sont $36^{\circ}0'0''$ N et $5^{\circ}19'60''$ E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 36 et 5.33333 (en degrés décimaux) (Mouffok, 1997)

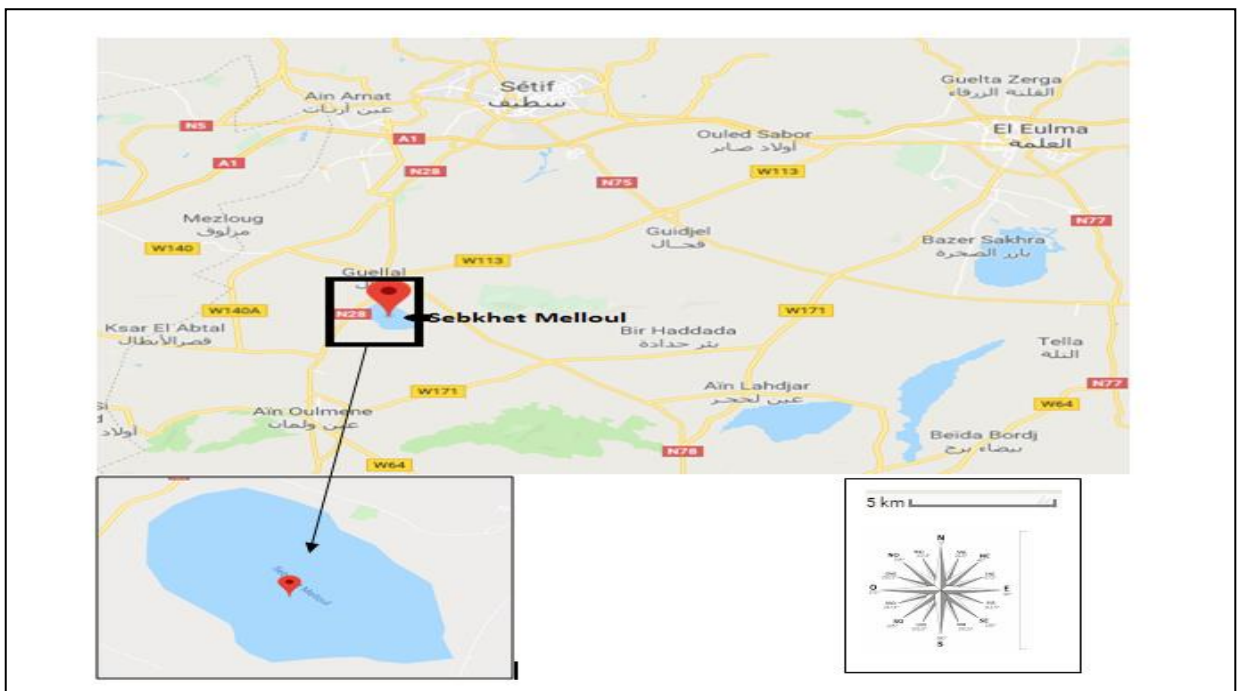


Figure 02. Situation géographique de sebkhet Melloûl (wilaya de Sétif), (Google map)

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.2. La géologie

Le relief est relativement plat avec une pente ne dépassant pas 3% et formé exclusivement par des roches calcaires. Les rives présentent parfois des pentes douces mamelonnées qui se relèvent pour former un bourrelet. Le matériau constitutif provient de la déflation éolienne produite sous l'action des vents dominants. L'altitude moyenne est de 2m au-dessus du fond de la dépression alors que la largeur est très variable. Les sols sont des

terrains sédimentaires du quaternaire, les formations sont peu ou pas tectonisées. La sebkha est composée de vases salées et l'origine du sel est attribuée au trias (DGF, 2005).

II.1.3. La Pédologie

Les sols localisés dans la sebkha sont salsodiques, avec des sols halomorphes à structure non dégradée et des sols halomorphes à structure dégradée (machane, 1990).

II.1.4. Hydrologie

Le réseau hydrographique est organisé autour du dispositif montagnoux de la région. La moitié Nord envoie ses eaux de surface vers le bassin méditerranéen par les réseaux de l'Oued Bou Sellam qui rejoint la Soummam, de l'Oued Agrioun, de l'Oued el Kebir, de l'Oued bou Selah et de l'Oued Rhumel. Ces réseaux d'Oueds alimentent les barrages et autres retenues collinaires de la région Le reste possède une hydrographie endoréique centrée sur les Chotts (figure 03). (Kaabach et Mebrak, 2010).

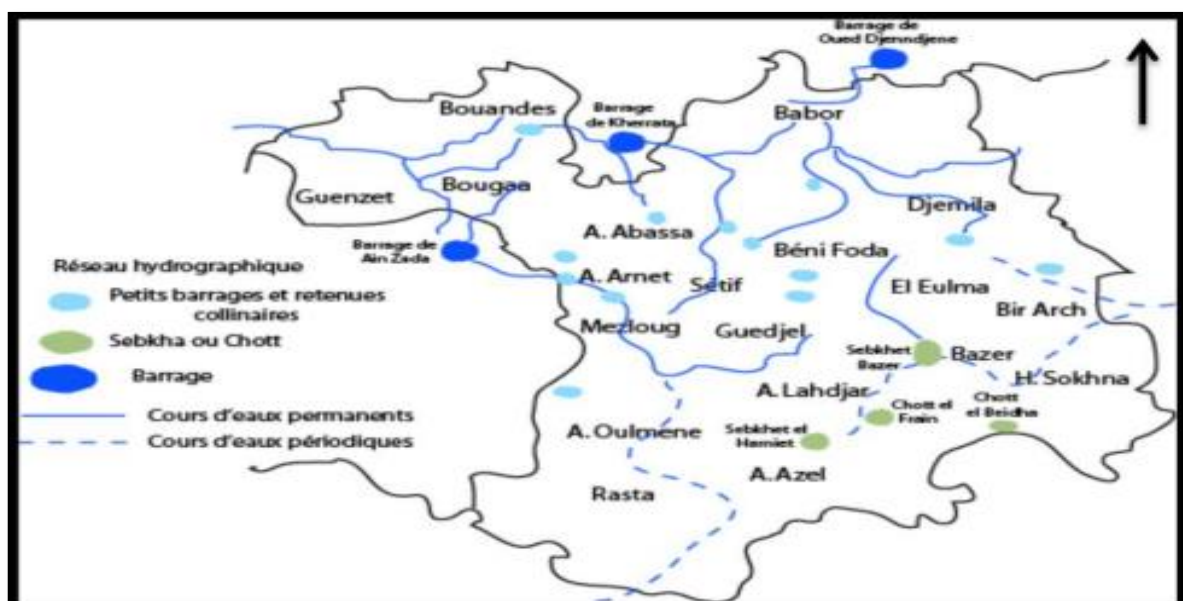


Figure03. Le réseau hydrographique de la région de Sétif (Mouffok, 1997)

II.1.5. Climat

Le climat de la wilaya de Sétif est de type Méditerranéen continental semi –aride caractérisé par une saison hivernale pluvieuse et fraîche et une saison estivale, sèche et chaude. Le mois le plus pluvieux est le mois d’avril et le plus sec est le mois de juillet. Les données climatiques utilisées proviennent du centre météorologique de Sétif, sur une période (1990-2011) ; (Mouffok, 1997)

II.2. Matériels et méthodes

II.2.1. Matériel

Comparaison entre 2 méthodes de mesuré de la salinité du sol, pour cela les démarches suivantes ont été suivies :

1. travaux sur terrain (échantillonnage)
2. Analyses au laboratoire
3. traitement des données

II.2.2. Prélèvement de l'échantillon (échantillonnage sur le terrain)

Nous avons prélevé 15 échantillons de sol à une profondeur de 20cm avec une tarière (figure 03). La distance entre deux prélèvements est de 50 m, obtenu le 15-12-2018 à partir du centre de sebkha en allant vers le nord (tableau IV).



Figure 04 : Illustration des étapes de l'échantillonnage (photos personnelles)

Tableau IV. Les coordonnées des échantillons

Echantillons	Nord. (latitude)	Est. (Longitude)	Erreur	Distance (m)
1	36° 0,33'	5° 20,62'	1 yd	0 point de depart
2	36° 0.336'	5° 20,655'	2,19 yd	50
3	36°. 0.342'	5° 20,687'	1,42 yd	100
4	36° 0,345'	5° 20,716'	1,64 yd	150
5	36° 0,344'	5°. 20,752'	1,75 yd	200
6	36° 0,344'	5°. 20,790'	1,31 yd	250
7	36° 0,351'	5°. 20,833'	1,09 yd	300
8	36° 0,354'	5°. 20,872'	3,06 yd	350
9	36°. 0,338'	5° 20,920'	1,10 yd	400
10	36°. 0,331'	5°. 20,944	1,75 yd	450
11	36°. 0,327'	5°. 20,972'	2,08 yd	500
12	36°. 0,317'	5°. 21,006'	3,17 yd	550
13	36°. 0,339'	5°. 21,028'	1,86 yd	600
14	36°. 0,359'	5°. 21,046'	3,17 yd	650
15	36°. 0,379'	5°. 21,057'	3,28 yd	700

II.2.3. Préparation des échantillons

C'est souvent l'étape la plus longue et celle qui génère le plus de source d'erreur dans la chaîne analytique elle comprend :

1. La réception de l'échantillon, briser les grosses mottes de terre et séchage à l'ombre et à l'air libre.
2. Après séchage, enlever les cailloux et le débris végétaux et réduire l'agrégat à l'aide d'un pilon en bois
3. Broyer et tamiser l'échantillon à l'aide d'un tamis de 2 mm de maille pour l'analyse de tous les éléments. Les échantillons sont conservés à la température ambiante.



1. Séchage du sol

2. Tamisage du sol

3. Analyses du sol au laboratoire

Figure 05 : Les différentes étapes de la préparation des échantillons (photos personnelle)

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la CE de la pâte saturée, les valeurs les plus faibles enregistrées avec une dilution de 1/10.

La salinité couvre une large gamme dans cette zone.

II.2.4. Mesure de la salinité (Analyse au laboratoire)

II.2.4.1. Les différents extraits dilués (1/2 ; 1/5 ; 1/10)

- Mettre 10 g de terre tamisée à 2mm de chaque échantillon dans des béchers, ajouter des différents volumes d'eau distillée selon les rapports sol-eau distillée, agiter pendant deux minutes et laisser reposer 2 heures.
- Mesurer la conductivité électrique.

II.2.4.2. Extrait de pâte saturée

On a réalisé les étapes suivantes ont été suivies :

- Peser 200g de terre tamisée à 2mm et les transférer dans un cristalliseur de 500 à 1000 ml ; la prise de terre dépend de la texture de l'échantillon.
- Ajouter de l'eau distillée à l'aide d'une burette par petit volume et malaxer jusqu'à saturation

Les critères de la saturation sont les suivants :

Quand le cristalliseur est agité par de petits coups sur la paillasse, l'eau libre ne se forme pas à la surface de l'échantillon, la pâte est brillante et réfléchit la lumière, elle glisse librement quand la spatule est inclinée.

- Couvrir le cristalliseur et laisser reposer une nuit.
- Le lendemain, vérifié si la pâte répond toujours aux critères de la saturation.
- Placer la pâte dans la centrifugeuse (3800 tr/min pendant 30min) pour obtenir la solution du sol et mesure la CE et le pH

II.2.4.4. Détermination du pH et de la CE

Mesure du pH de l'extrait de la pâte saturée et la CEps et la CE de l'extrait (sol/eau) à l'aide d'un pH mètre et conductivimètre.

III- Résultats et discussion

L'objectif du travail est de tester deux méthodes de mesure de la salinité, et de chercher des relations entre ces méthodes.

III.1. Résultats

III.1.1. Le pHps

Le tableau V montre les résultats relatifs au pHps des solutions du sol. Le pHps varie entre 7,4 pour l'échantillon (7) et 8,31 pour l'échantillon (13), Les valeurs de pHps révèlent une réaction du sol alcaline.

Tableau V. Résultat de mesuré pHps

Echantillon	pHps
1	7,97
2	7,9
3	7,17
4	7,49
5	7,76
6	7,29
7	7,4
8	7,81
9	7,66
10	7,62
11	7,51
12	7,32
13	8,31
14	7,4
15	7,82

III.1.2. La conductivité électrique (CE (mS/cm))

III.1.2.1. Les résultats analytiques de la conductivité électriques

Tableau VI. Résultats statistique de la conductivité électrique.

	la pâte saturée	Rapport ½	Rapport 1/5	Rapport1/10
Echantillon	CE(mS/cm).	CE(mS/cm).	CE(mS/cm).	CE(mS/cm).
1	16,24	7,48	2,95	2,52
2	85,89	14,49	6,71	3,43
3	95,34	11,38	10,42	5,77
4	93,2	1,53	5,2	5,94
5	56,47	2,8	2,4	4,23
6	94,21	2,82	3,04	6,37
7	70,79	3,52	8,72	5,45
8	5,93	1,46	2,27	1,61
9	6,02	2,63	2,26	1,44
10	5,9	2,07	2,52	2,06
11	4,86	1,51	2,39	0,72
12	5,4	1,92	2,26	1,11
13	2,76	1,33	1,9	0,54
14	3,08	1,74	2,54	1,49
15	2,4	2,14	2,54	1,25

III.1.2.2. Statistiques descriptives des résultats analytiques de la conductivité électrique

Tableau VII. Statistiques descriptives de la CE (mS/cm).

	la pâte saturée	Rapport 1/2	Rapport 1/5	Rapport1/10
Min	2,4	1,33	1,9	0,54
Max	95,34	14,49	10,42	6,37
Moyenne	36,566	3,92133333	3,87466667	2,92866667
écart type	40,1943208	3,99965868	2,66097691	2,08638055

Selon Le **tableau VII**, Les résultats de la pâte saturée varient entre 95,34ms/cm et 2,4ms/cm, avec une moyenne de 36,566 ms/cm et un écart type de 40,19. La CE du rapport 1/2 varient entre 14.49ms/cm et 1.33ms/cm, avec une moyenne de 3.92 ms/cm et un écart type de 3,99. Le rapport 1/5 varient entre 10.42ms/cm et 1.9ms/cm, avec une moyenne de 3,87 ms/cm et un écart type de 2,66. Les mesures du rapport 1/10 varient entre 6.37ms/cm et 0.54ms/cm, avec une moyenne de 2,92 ms/cm et un écart type de 2,08.

III.1.2.3. Les classes de la salinité

Tableau VIII. Les classes de la salinité du sol par rapport à la conductivité électrique de la pâte saturé l'USSL (1954)

Echantillons	CE mS/cm	classe de salinité
/	<2	Sol non salé
13, 14, 15	2<CE<4	Sol Peu salé
8, 9, 10, 11, 12	4<CE<8	Sol Moyennement Salin
/	8<CE<16	Sol salé
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	CE<16	Sol très salé

Selon les normes de l'USSL (1954), aucun échantillon n'est classé dans les classes sol non salés et sol salé, 3 échantillons sont peu salés, 5 échantillons sont moyennement salés, et 7 échantillons sont très salés (CE>16 dS/m) (tableau VIII). La salinité suit un gradient décroissant en s'éloignons de la sebkha (Sol très salé, sol moyennement salé, sol peu salé).

Selon **Mathieu et Platin (2003)**, on peut classer la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 C° :

Tableau IX : Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 à 25C°

Echantillons	CE(mS/cm)	Classe de salinité
13	1<CE<2	Sol salé
2-3-4-7	CE>4	Extrêmement salé
1-5-6-8-9-10-11-12-14-15	2<CE<4	Très salé

Tableau X : Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/10 à 25C°

Echantillons	CE(mS/cm)	Classe de salinité
13	<0,6	Légèrement salé
11	0,6 <CE< 1	salé
8-9-12-14-15	1<CE< 2	Très salé
1-2-3-4-5-6-7-10	>2	Extrêmement salé

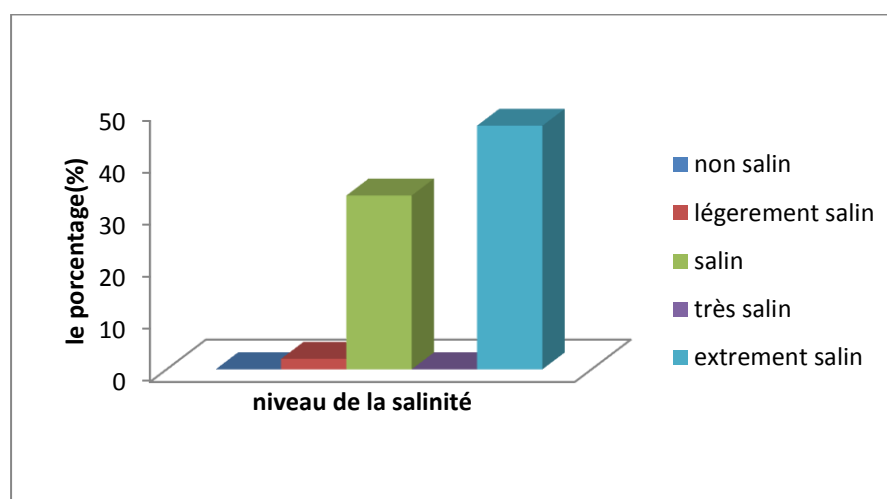


Figure 6. Les pourcentages de niveau du la salinité (CEps)

L'histogramme des fréquences des classes de salinité montre une dominance de la classe très salée avec 46,66 % des échantillons, elle est suivie par la classe moyennement salée avec 33,33 %. Les échantillons peu salés représentent 20 %, et les échantillons salés et non salés représentent 0 % (figure 04). Ces résultats montrent une nette prédominance des échantillons très salés qui représentent presque la moitié des échantillons.

III.1.3. Les corrélations entre les méthodes

D'après le teste de Jarque-Bera p-value est supérieur à alpha qui est égale à 0,01, ceci montre que les échantillons suivent une loi normale.

III.1.3.1. Relation entre la conductivité électrique de la patte saturée et les rapports de dilution

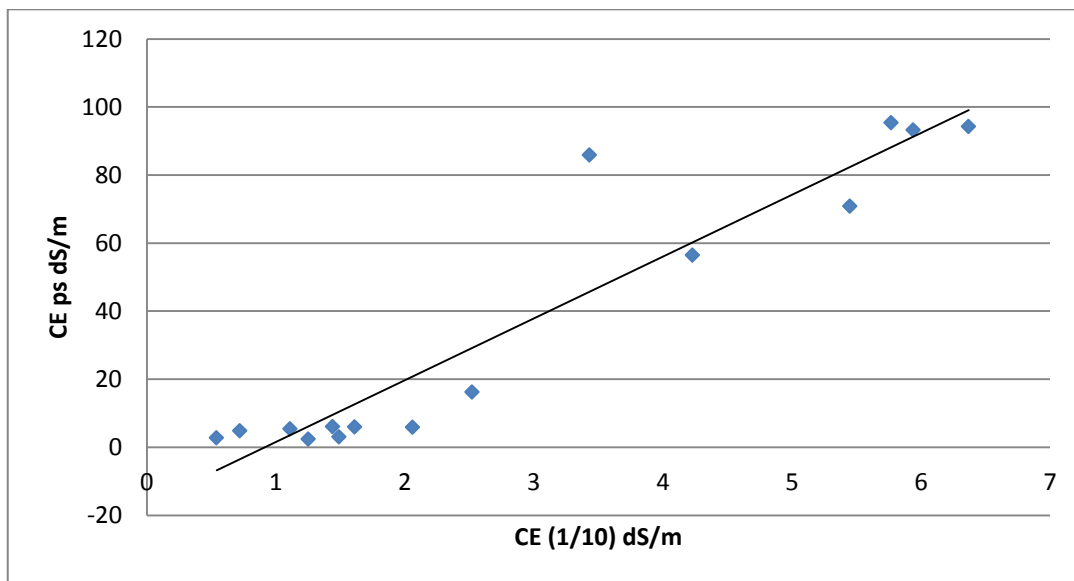


Figure 07. Relation entre la CEps et CE (1/10).

L'équation de régression entre la conductivité électrique du rapport 1/10 et la conductivité électrique de la solution de la pâte saturée est la suivante :

$$CE_{ps} = 18,16 CE_{1/10} + 16,615 \quad R^2 = 0,88 \text{ et } n = 15$$

La corrélation est significative (r (observé)=0,94 ; r (critique) =0.5139 pour ddl = 13 et $\alpha=0,05$) (figure 07)

Ce résultat montre la probabilité d'une relation de prédiction entre les deux méthodes de mesure. La CEps est 18 fois plus fort que la dilution 1/10

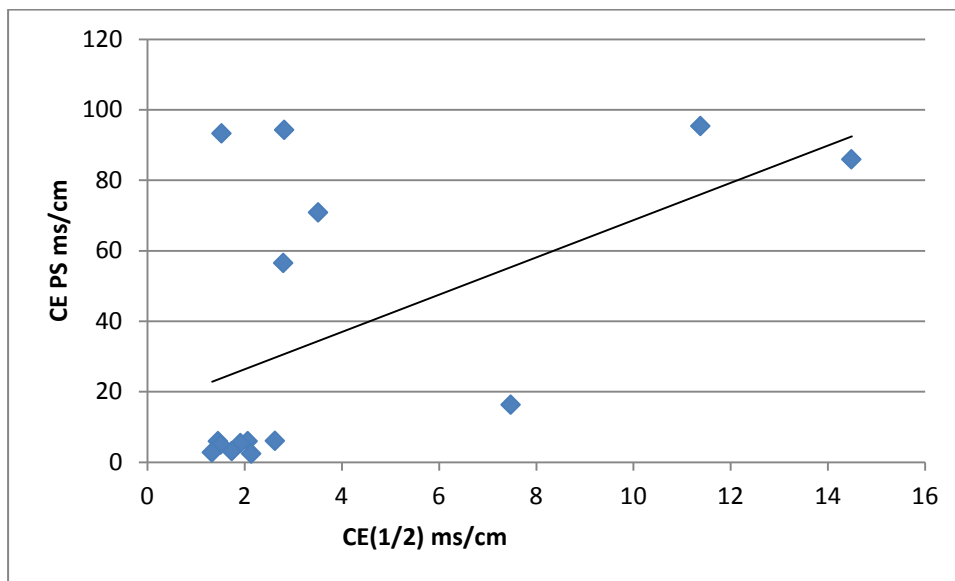


Figure 08. Relation entre la CEps et CE (1/2).

L'équation de régression entre la conductivité électrique du rapport 1/2 et la conductivité électrique de la solution de la pâte saturée est la suivante :

$$CEps = 5,288 CE1/2 + 15,83 \quad R^2 = 0,276 \text{ et } n = 15$$

La corrélation est significative (r (observé)=0,525 ; r (critique) =0.5139 pour ddl = 13 et $\alpha=0,05$) (figure 08)

Ce résultat montre la probabilité d'une relation de prédiction entre les deux méthodes de mesure. La CEps est 5 fois plus fort que la dilution 1/2.

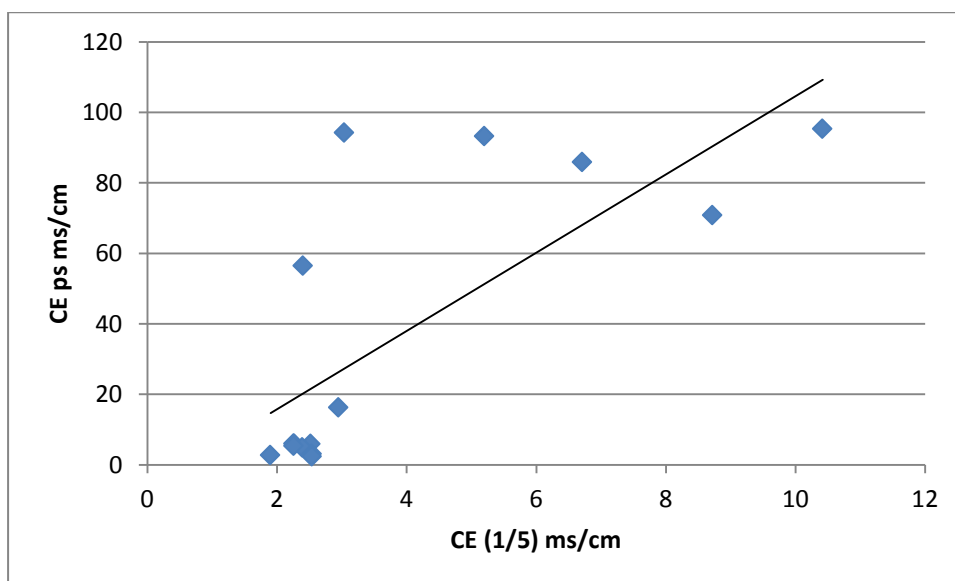


Figure 09. Relation entre la CEps et CE (1/5).

L'équation de régression entre la conductivité électrique 1/5 et la conductivité électrique de la solution de la pâte saturée est la suivante :

$$CE_{Eps} = 11,1 CE_{1/5} + 6,476 \quad R^2 = 0,540 \text{ et } n = 15$$

La corrélation est significative (r (observé)=0,734 ; r (critique) =0.5139 pour ddl = 13 et $\alpha=0,05$) (figure 09)

Ce résultat montre la probabilité d'une relation de prédiction entre les deux méthodes de mesure. La CE_{Eps} est 11 fois plus fort que la dilution 1/5

III.1.3.2. Relation entre la conductivité électrique des différents rapports

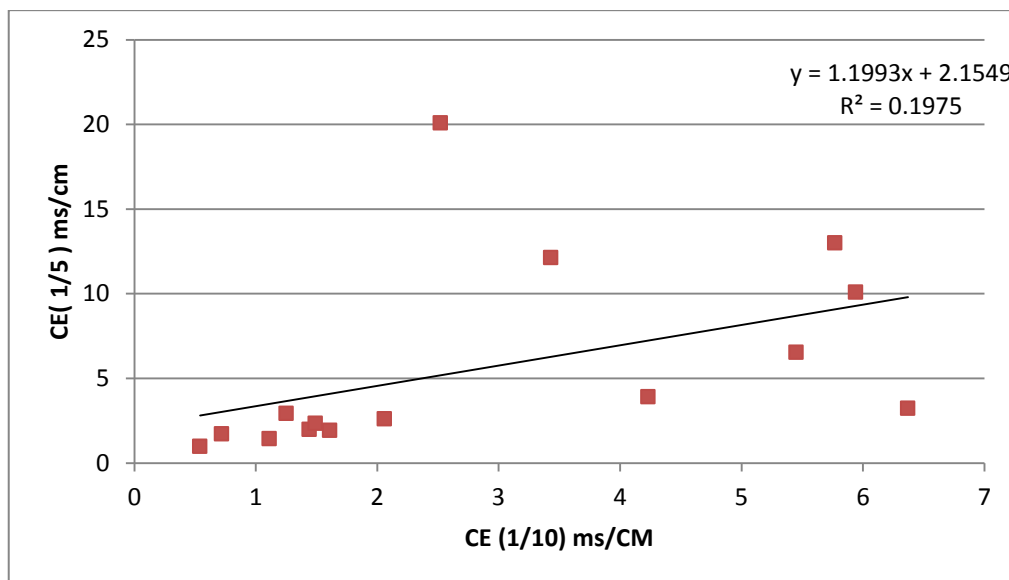


Figure 10. Relation entre la CE (1/5) et CE (1/10).

L'équation de régression entre la conductivité électrique du rapport 1/10 et la conductivité électrique du rapport 1/5 est la suivante :

$$CE(1/5) = 1,199 CE_{1/10} + 2,154 \quad R^2 = 0,197 \text{ et } n = 15$$

La corrélation est significative (r (observé)=0,443 ; r (critique) =0.5139 pour ddl = 13 et $\alpha=0,05$) (figure 10)

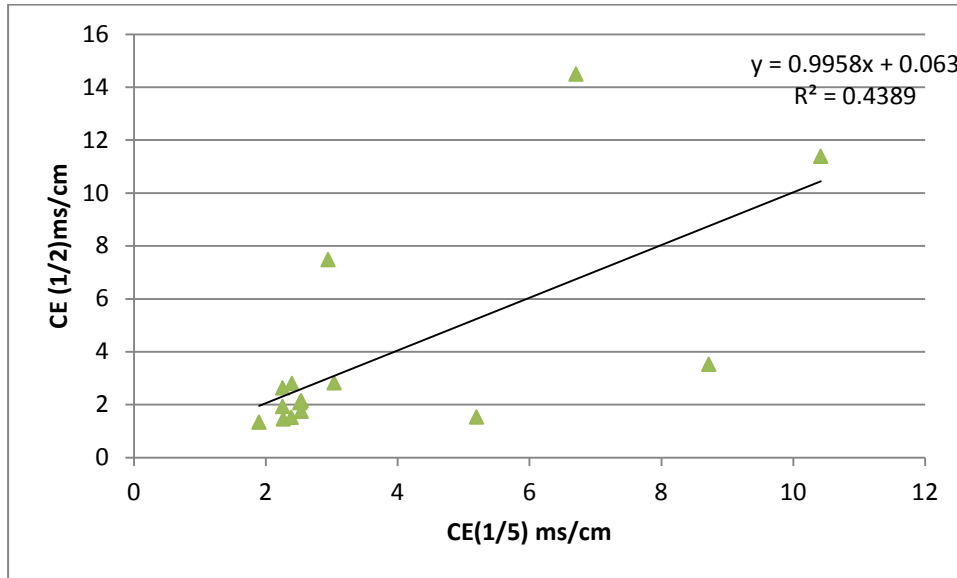


Figure 11. Relation entre la CE (1/ 2) et CE (1/5).

L'équation de régression entre la conductivité électrique du rapport 1/5 et la conductivité électrique du rapport 1/2 est la suivante :

$$CE (1/2) = 0.995CE1/5 + 0.063 \quad R^2 = 0.438 \quad \text{et } n = 15$$

La corrélation est significative (r (observé)=0,661 ; r (critique) =0.5139 pour ddl = 13 et $\alpha=0,05$) (figure 11)

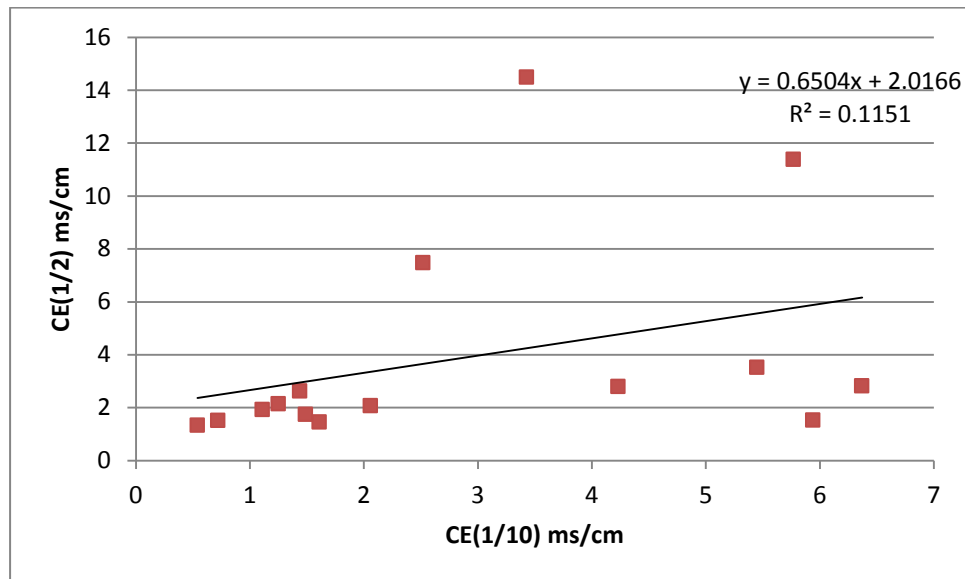


Figure 12. Relation entre la CE (1/ 2) et CE (1/10).

L'équation de régression entre la conductivité électrique du rapport 1/2 et la conductivité électrique du rapport 1/10 est la suivante:

$$CE(1/2) = 0.6504CE(1/10) + 2.0166 \quad R^2 = 0.1151 \quad \text{et } n = 15$$

La corrélation est non significative ($r(\text{observé}) = 0,339$; $r(\text{critique}) = 0,5139$ pour $ddl = 13$ et $\alpha = 0,05$) (figure 10)

III.2.Synthèse et discussion

Le pH révèle une réaction relativement alcaline du sol, ce qui confirme la description des sols algériens cité par **Durand (1968)**.

La solution du sol est caractérisée par une conductivité électrique variable. Elle couvre une large gamme de salinité. Les échantillons ayant une $CE > 4$ dS/m représentent 80% du total, ils sont salés selon les normes de **l'USSL (1954)**. Les échantillons non salé représentent 0%.

Les valeurs élevées de la salinité du au contexte salé de la sebkha, l'éloignement progressif de la sebkha explique le gradient descendant de la salinité (**BELMERABET ; BENHANAYA et BOUBAKEUR, 2015**)

Les mesures de la salinité révèlent l'efficacité de la méthode de la pâte saturée dans les zones très salées. A des faibles niveaux de conductivité électrique l'efficacité de mesure de la salinité par les différentes méthodes semble proche.

Les valeurs de la conductivité électrique des deux méthodes classent les échantillons comme des échantillons salés, avec des différences au niveau des degrés de salinité des classes. Par rapport à l'interprétation des résultats de toutes les méthodes on observe l'absence des échantillons non salés.

Les testes statistiques montrent des corrélations significatives entre la méthode de la patte saturé et la méthode des rapports, ce qui semblable aux travaux du **Richard (1954)**.

Les coefficients de passage entre les méthodes ($CE_{ps} = CE (1/5)*11$), ($CE_{ps} = CE (1/10)*18$), ($CE_{ps} = CE (1/2)*5$), semblent applicables pour la détermination des calasses de salinité décrit par **USSL (1954)** à des niveaux de salinité élevé (à partir de la classe très salé). Ces derniers ne sont pas applicables à des niveaux de salinité inférieure à $CE_{ps}=16dS./m$.

Les corrélations entre les rapports sont significatives, à l'exception de la corrélation entre le rapport 1/10 et 1/2. Cela peut être du à l'écart très élevée de la dilution.

Conclusion

Le présent travail porte sur la mesure de la salinité du sol par deux méthodes (la pâte saturé et le rapport sol/eau). Il s'agit de tester les deux méthodes dans un contexte très salé (sebkha), tout en essayant de trouver des relations entre les deux méthodes.

Ce travail a porté sur l'analyse de 15 échantillons provenant de Sebkhet Melloûl, wilaya de Setif.

Les principaux résultats obtenus montrent que la salinité des échantillons étudiés est variable. Elle couvre une large gamme de salinité.

Les résultats des deux méthodes classent les échantillons comme des échantillons salés, avec des différences au niveau des degrés de salinité des classes, et révèlent l'absence des échantillons non salés.

Par rapport aux deux méthodes les échantillons dominants sont des échantillons très salés.

Les corrélations statistique montrent l'existence des relations significatives entre les deux méthodes, le passage entre les méthodes par les coefficients qu'ils ont été déterminés est applicable à des niveaux de salinité supérieure à $CE_{ps}=16$ dS /m.

Cette expérimentation qui à été menée dans un espace relativement restreint, et avec un nombre d'échantillons limités mérite d'être testée dans un espace plus vaste avec un nombre d'échantillons très élevés.

Référence bibliographique

-A-

-ABDELHAFID Y., 2010. cartographiée de la salinité des sols par induction électromagnétique. Cas des zones est de périmètre irrigué de la Mina., p19.

-ANRH., 2002. les périmètres irrigués en Algérie.

-B-

-BelmerabetZ., Benhanaya B., Boubakeur S., Contribution à l'étude de l'état de pollution des zones humides cas de « Sebkhaz Bazer » wilaya de Sétif, Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi, 52p.

-BEN HASSINE H., 2005. Effets de la nappe phréatique sur la salinisation des sols de cinq périmètres irrigués en Tunisie. Étude et Gestion des Sols, Vol.12, pp 281-300.

-Boivin P., Hachicha M., Job J.O. & Loyer Y., 1989. Une méthode de cartographie de la salinité des sols « Conductivité électromagnétique et interpolation par krigeage ». Science du sol. Vol.27, n°1, pp 69-72.

-Bottraud J.C., Bornan M., & Serva E., 2010. Mesures de résistivité appliquée à la cartographie en pédologie. Association Française pour l'Etude du Sol. Laboratoire Science du Sol. INRA., ENSA., pp 279-293.

-BOUALLA N., BENZIANE A., 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, vol. 53, pp 3787-3796.

-BOUMIA O., 2011. Interaction Fluridone et Salinité sur la germination des graines du Gombo (Abelmoschus esculentus L.). Thèse de magister, Université d'Oran, 142 p.

-Boutelli M.H. (2012) La salinité des sols et des eaux au niveau de la Sebkhaz de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mém., Mag., Université de Ouargla, 113 p

-Braudeau E., et Hachicha M., 1998. Projet d'Irrigation de la basse vallée de la Medjerda et de Ras Djebel. Orstom. - Inrgref, Vol.30, n°18, pp2-124.

-Braudeau E., et Hachicha M., 1998. Projet d'Irrigation de la basse vallée de la Medjerda et de Ras Djebel. Orstom. - Inrgref, Vol.30, n°18, pp2-124.

-C-

-C. P. C. S., 1967. Classifications des sols. INRA, Grignon, 96 p.

-CHESWORTH W., 2008. Encyclopédia of Soil Science, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902 p.

-D-

-De Jonc E., Balantyne A.K., Cmeron D.R., Read D.W.L., 1979. Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid salinity surveys. Soil Sci. Soc. Am. J., 43 : 810-812.

Référence bibliographique

-DGF., 2005.Fiche descriptive sur les zones humides ramsar sebkhet el hameit (willaya de sétif).pp9.

-DJILI K., DAOUD Y., GAOUAR A., BELJOUDI Z., 2003.La salinisation secondaire des sols au Sahara : Conséquences sur la durabilité de l'agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. Sécheresse, vol. 14, n° 4, pp 241-246.

-DOUAIK A., 2005. Evaluation of the space-time variability of soil salinity: Bystatistical, geostatistical, and bayesian maximum entropy methods. Doctor (Ph.D.) thesis, Universiteit Gent, 211 p.

-Douaoui., et Hartani., 2007. Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine de Bas-chélif. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb. Actes du troisième atelier régional du projet sirma,5p.

-Durand., 1983. Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. A.C.C.T., Presse universitaire. P322 et p339. France.

-E-

-El fergouguiM.,etBoutoutaou D., 2012. La relation entre l'évaporation de la nappe phréatique et le pouvoir évaporant de l'atmosphère en zone arides. Université de Biskra, Courrier du Savoir, Algérie, N°13, pp 9-12.

-F-

-FAO, 2006.World Reference Base for Soil Resources 2006: A framework for international classification, correlation and communication. Rome, 128 p.

-FAOUZI M., LARABI A., 2001. Problématique de la remontée, de la salinité et de la pollution par les nitrates des eaux de la nappe phréatique des Beni-Amir (Tadla, Maroc). Ingénieries, n° 27, pp 23-36.

-G-

-Goulet E., et Borbeau G., 2004. Apports des mesures de résistivité électrique du sol dans les études sur le fonctionnement de la vigne et dans la spatialisaton parcellaire. Congrès « Viticultural Terroir Zoning », pp 1-8.

-I-

-Idder M.A., 2006.Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla. Mém., Mag., INA., El-Harrach, 102 p.

-IPTRID, 2006. Conférence électronique sur la salinisation : Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation, 12p.

-IRD, 2008. Les dossiers thématiques de l'Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles. 21p.

-J-

-JOB J.O., HACHICHA M., Loyer J.Y., 1990 : conductivité électromagnétique et cartographie de la salinité des sols. Rapport Ministère de l'agriculture et center ORSTOM.pp.4,5.

Référence bibliographique

-K-

-**Khacheba R., 2011.** Cartographie de la salinité du sol évaluée par induction électromagnétique « GéonicsEM38 » Cas du sous bassin de Sidi Rached (Tipaza). Mém., Mag., ENSA., El-Harrach, 94 p.

- **Kaabeche T., MEBRAK, 2010.** Contribution à l'étude des risques naturels (sismiques de terrain) dans la wilaya de sétif. Mémoire de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en géologie, Université Ferhat Abbas Sétif1.83P.

-**KLOPPMANN W., BOURHANE A., ASFIRANE F., 2011.** Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau, BRGM, Orléans, 123p.

-L-

-**Le brusq J.Y., et Loyer J.Y., 1982.** Relations entre les mesures de conductivités sur des extraits de sols de rapports sol/solution variables, dans la vallée du fleuve Sénégal. Cah., ORSTOM., sér. Pédol., vol. XIX, no 3, pp293-301.

-**LOYER, 1991.** Classification des sols salés : les sols Salic. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXVI, pp 51-61.

-M-

-**MACHANE.Y., 1990.** Bilan d'étude sur les sols salés de la wilaya de sétif et caractérisation des niveaux de la salinité de la zone pilote (Guellal) mém. D'ing. d'état. Univ. sétif. pp75.

-**Madjid N, Tiar K., 2012.** Mémoire online géographie impact de la salinité due au traitement de sol sur l'environnement. Cas d'ENASEL EL-OUTAYA wilaya de Biskra par Nacer Madjid Tiar Khaled ; Université Mohamed khider Biskra-Algérie ingénieur d'état en écologie et environnement ,41p.

-**MARLET S., 2004.** Evolution des systèmes d'irrigation et gestion de la salinité des terres irriguées. Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat. 11 p.

-**Mathieu C., et Pieltain F., 2003.** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.

-**Mathieu C., et Pieltain F., 2003.** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 146 p.

-**Mimoune., 1995.** Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette endoréique d'Algérie (sud du chott El Hodna). Thèse de Doc. Univ. D'Aix Marseille É. 204p.

-**Mouffok ., 1997.** Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi aride de sétif. Mém. Mag. Alger. 107P.

-O-

-**ONM., 2012.** Office National de la Météorologie, synthèse de données climatiques de la région de Ouargla, 267 p.

Référence bibliographique

-R-

-Reguig Hadj larroussi., 2007. Contribution à l'étude de la relation sol-végétation dans la région sud de la zone humide de chott et Hodna. Mémoire de diplôme en biologie msila.

-Rhoades J.D., Chanduvi F. & Lesch S.M., 1999. Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements.' FAO edn. (FAO) 150 p.

-Richards L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agricultural Handbook 60, Washington, USA, p. 160.

-Roudart L., 2006. Terres cultivées et terres cultivables dans le monde. INA., Paris(Grignon), 11 p.

-S-

-Schneider S., 2010. Estimation des paramètres hydrodynamiques des sols à partir d'une modalisation inverse de Données d'infiltration et de résistivité électrique. Thèse de doc., Université Paris-Sud 11, Paris, 146 p.

-U-

-UNESCO., 2002. La lutte contre la désertification. Ressources en eau douce et réhabilitation des terres dégradées dans les zones arides. In 'Séminaire international sur la lutte contre la désertification', 30 octobre au 4 novembre 2000 2002, N'Djamena (Tchad). (Ed. MAB-UNESCO), 135 p.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى معرفة العلاقة بين طريقتين لحساب ملوحة التربة، [العجينة المشبعة (la pate saturé) وعلاقة تربة/ماء (rapport sol /eau)]. و أجريت التجربة على 15 عينة (A1...A15) مأخوذة من سبخة ملول الواقعة في بلدية قلال دائرة عين ولمان الكائنة في ولاية سطيف. تم اخذ هذه العينات من 15 نقطة تبعد كل نقطة عن سابقتها ب 50 متر وذلك من وسط السبخة إلى خارجها.

أجريت قياسات الملوحة باستعمال جهاز CE متر، أظهرت النتائج الرئيسية أن قيم CE تقدر ما بين 2.76 و 95.34 ms/cm (العجينة المشبعة)، أما (تقرير تربة/ماء) فإن القيم تقدر ما بين 0.54 و 20.09 ms/cm ويعود ذلك لاختلاف المنهجية والفعالية بين الطريقتين. وبالاعتماد على النتائج فإن ملوحة التربة تختلف باختلاف نقطة أخذ العينة. ومن المعادلات المستخرجة من التمثيل البياني لكل علاقة ترابط بين الطريقتين المتبعتين فإن هاته الأخيرة سمحت بإنجاز تقدير جيد لمعرفة الطريقة الأحسن والأقرب إلى الواقع مع هامش خطأ مقبول جدا في السياق البيداغوجي والحسابي لهذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: العجينة المشبعة ' تقرير تربة/ماء ' سبخة ' العينات ' جهاز CE متر .

Résumé

Le but de cette recherche est d'identifier la relation entre deux méthodes de calcul de la salinité du sol, la pate saturé et le rapport sol / eau. L'expérience a été réalisée sur **15** échantillons (**A1 ... A15**) prélevés à Sebkh Melloul dans la municipalité de Qalal, district d'Ain Welman dans l'état de Sétif, à partir de **15 points** distants du centre de la Sebkh, à **50 mètres** l'un de l'autre.

Les mesures de salinité ont été effectuées à l'aide d'un appareil de mesure de la CE. Les principaux résultats ont montré que les valeurs de la **CE** étaient estimées à **2,76 et 95,34 ms / cm**. Et l'efficacité des deux méthodes: en fonction des résultats, la salinité du sol varie en fonction du point d'échantillonnage. Les équations dérivées de la représentation graphique de chaque relation entre les deux méthodes suivies, cette dernière permettant une bonne estimation de connaître la meilleure et la plus proche de la réalité avec une marge d'erreur est très acceptable dans le contexte pédagogique et mathématique de cette étude.

Mots clés : pâte saturé, rapport sol/eau, Sebkh, échantillon, appareil CE mètre.

Abstract

The purpose of this research is to identify the relationship between two methods of calculating soil salinity, saturated pasta and soil-water ratio. The experiment was carried out on **15** samples (**A1 ... A15**) taken from Sabkha Melloul in the Qalal municipality, Ain Wulman district in the state of Setif, from **15 points** distant from the center of Sabkha, **50 meters** from each other.

Salinity measurements were made using an EC meter. The main results showed that EC values were estimated at **2.76 and 95.34 ms /cm**. And the effectiveness of both methods: depending on the results, the soil salinity varies according to the sampling point. The equations derived from the graphical representation of each relationship between the two methods followed, the latter allowing a good estimate of knowing the best and the closest to reality with margin of error, is very acceptable in the pedagogical and mathematical context of this method Study.

Key words: saturated pasta, soil-water ratio, Device CE meter, Samples, Sabkha.



Chapitre I :
Etude bibliographique



Chapitre II :
Matériel et méthode



Chapitre III :
Résultat et discussion



Introduction



Conclusion