



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BEN HADJ TAHAR Imane

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité

GESTION DURABLE DE L'ENVIRONNEMENT

THÈME

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE
DES SOLS SALÉS DE LA PLAINE DE LA
MINA (RELIZANE)

Soutenue publiquement le 05 /06 /2016

DEVANT LE JURY

BEN-KHELIFA Mohammed	Pr	Université de Mostaganem	Président
GACEM Farid	CR	Université de Mostaganem	Encadreur
BAKADA Ahmed	Pr	Université de Mostaganem	Examineur

Thème réalisé à : au niveau du laboratoire régional ouest des analyses de sols et
de l'eau L'INSID.

Année Universitaire : 2015-2016

Table de matières

Remerciement

Dédicace

Liste des figures.....	05
Liste des photos	07
Liste des tableaux.....	08
Liste des abréviations.....	09
Introduction générale	10
Première partie : Synthèse Bibliographique.....	13
Chapitre I : La salinisation des sols.....	13
I.1. Définition.....	14
I.2. La salinisation en Algérie.....	14
I.3. Les mécanismes de la salinisation.....	16
I.3.1. La salinisation.....	16
I.3.2. La sodisation.....	17
I.3.3. L'alcalinisation.....	18
I.4. Modélisation simplifiée des transferts des sels	18
I.5. Le processus de salinisation et d'alcalinisation des sols.....	19
I.5.1. Rôle du climat dans le processus de salinisation.....	20
I.5.2. Rôle de la nappe dans le processus de salinisation.....	21
I.6. Relation entre la salinité, les sols et les plantes.....	21
I.6.1. Introduction.....	21
I.6.2. Effets de la salinité sur les plantes.....	21
I.6.3. Effets de la salinité sur les sols.....	22
I.7. Les types des profils salins.....	22
I.8. Caractérisation de la salinité des sols salés dans les périmètres irrigués.....	23
I.8.1. Caractéristiques chimiques des sols salins.....	24
I.8.1.1. Conductivité électrique (CE).....	24
I.8.1.2. Sodicit� (SAR).....	25
I.8.1.3. Pourcentage de sodium échangeable (ESP).....	25
I.8.2. Caractéristiques physiques.....	26

Chapitre II : Classification des sols salés	27
II.1.Introduction.....	28
II.2.Classification (WRB) des Solonchaks.....	29
II.3. La classification française CPCS (1967).....	34
II.3.1.Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée.....	34
II.3.2. Sous classe des sols sodiques à structure dégradée.....	34
II.4. La classification américaine (Soil Taxonomy, 2010).....	35
II.4.1.Introduction.....	35
II.4.2.Caractérisation de l’horizon salique.....	37
Deuxième partie : Expérimentale	38
Chapitre III : présentation de la zone d’étude	39
III.1. Présentation de la région.....	39
III.1.1.Situation géographique du périmètre	39
III.1.2. Situation géographique de la parcelle d’étude.....	39
III.1.3. Climat de la Mina.....	40
III.1.3.1. Pluviométrie.....	40
III.1.3.1.1. Les températures.....	41
III.1.3.1.2. Courbes ombrothermiques.....	42
III.1.3.1.3. L’humidité relative.....	43
III.1.3.1.4. Les vents.....	43
III.1.3.1.7. Le sirocco.....	43
3.5. Les gelées.....	43
III.1.4. Conclusion.....	43
III.2. Caractérisation du milieu.....	44
III.2.1.Géologie.....	44
III.2.2. Géomorphologie.....	44
III.2.3. Hydrogéologie.....	45
III.2.4. Topographie de la zone d’étude.....	46
III.2.4.1. La végétation.....	46

Chapitre IV : Matériels et Méthodes	47
IV.1. Introduction.....	48
IV.2. Description de la zone d'étude.....	48
IV.3. Méthodologie.....	49
IV.3.1. Analyse des documents de base	50
IV.3.2. Implantation et description des profils.....	50
IV.3.3. Analyses de laboratoire.....	51
IV.3.3.1. Analyse physique.....	51
IV.3.3.2. Analyses chimique.....	52
IV.3.4. Etude de la variabilité spatiale de la salinité.....	54
IV.3.4.1. Le coefficient de variation.....	54
Chapitre V : Résultats et discussions	55
V.1. Introduction.....	56
V.2. Caractérisation du profil 1.....	56
V.2.1. Données générales.....	56
V.2.2. Description morphologique du profil 1.....	56
V.2.3. Résultats analytiques du profil 1.....	57
V.2.3.1. Propriété physico-chimiques du profil 1.....	57
V.2.3.2. Propriété CEps, CEC, ESP, pH.....	59
V.2.3.3. Composition de la solution du sol.....	60
V.2.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 1.....	62
V.2.3.5. Classification du profil 1.....	62
V.3. Caractérisation du profil 2.....	63
V.3.1. Données générales.....	63
V.3.2. Description morphologique du profil 2.....	64
V.3.3. Résultats analytiques du profil 2.....	65
V.3.3.1. Propriété physico-chimiques du profil 2.....	65
V.3.3.2. Propriétés CEps, CEC, ESP, pH	66
V.3.3.3. Composition de la solution du sol.....	68
V.3.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 2.....	70
V.3.3.5. Classification du profil 2.....	70
V.4. Caractérisation du profil 3.....	71
V.4.2. Description morphologique du profil 3.....	72

V.4.3.Résultats analytiques du profil 3.....	73
V.4.3.1. Propriétés physico-chimiques du profil.....	73
V.4.3.2. les propriétés CEps, CEC, ESP, pH.....	74
V.4.3.3. Composition de la solution du sol.....	76
V.4.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 3.....	78
V.4.3.5. Classification du profil 3.....	78
V.5. Discussion générale.....	79
Conclusion générale.....	81
Références bibliographiques.....	84
Annexe.....	II

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008).....	15
Figure 2 : Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le Nord de l'Algérie (Djili,2000).....	16
Figure 3 : Le cycle des sels dans le sol (Lahlou <i>et al</i> , 2002).....	19
Figure 4 : (A, B, C, D).Les différents types de profils salins (Servant, 1976).....	20
Figure 5 : Processus des différentes voies de la salinisation et leurs impacts sur la dégradation des sols et sur les cultures.....	22
Figure 6 : Carte de situation de la plaine de la Mina (Relizane).....	39
Figure 7 : Localisation de la zone d'étude	40
Figure 8 : Histogramme de la pluviométrie, station Matmore Oued Mina (1977- 2010).....	41
Figure 9 : Histogramme des Températures à la station de matamore (1977-2010).....	42
Figure 10 : Diagramme ombrothermique, station Matmore Oued Mina (1977-2010).....	43
Figure 11 : Situation de la zone d'étude (INSID 2008)	48
Figure 12 : Carte de localisation des profils pédologiques (Source Google Earth, 2016).....	49
Figure 13 : Schéma Méthodologique.....	50
Figure 14 : Représentation graphique du résultat de la granulométrie.....	58
Figure 15 : Représentation graphique du résultat de la CEps.....	60
Figure 16 : Représentation graphique du résultat de ESP.....	60
Figure 17 : Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 1.....	61
Figure 18 : Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 1.....	62
Figure 19 : Représentation graphique du résultat de la granulométrie.....	66
Figure 20 : Représentation graphique du résultat de la CEps.....	67
Figure 21 : Représentation graphique du résultat de ESP.....	68
Figure 22 : Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 2.....	69
Figure 23 : Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 2.....	69
Figure 24 : Représentation graphique du résultat de la granulométrie.....	74

Figure 25 : Représentation graphique du résultat de la CEps.....	75
Figure 26 : Représentation graphique du résultat de ESP.....	76
Figure 27 : Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 3.....	77
Figure 28 : Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 3.....	77

Liste des photos

Photo 01 : La pipette de robinson.....	51
Photo 02 : préparation de la pâte saturée.....	53
Photo 03 : Extraction des sels par Centrifugation.....	53
Photo 04 : Mesure de la CE de l'extrait obtenu.....	53
Photo 05 : pH mètre.....	53
Photo 06 : Profil 1.....	56
Photo 07 : Profil 2	64
Photo08 : Accumulation saline.....	64
Photo 09 : Profil 3	72
Photo 10 : Tâche d'oxydo-réduction	72

Liste des tableaux

Tableau 1. Clé de détermination de la Soil Taxonomy (Legros, 2007).....	36
Tableau 2 : Donnés pluviométriques de la station Matmore Oued Mina (1977-2010).....	41
Tableau 3 : Température moyenne mensuelle des minimums et maximums en°c de la station matmore Relizane (1977-2010).....	42
Tableau 04 : Classes d'intensité du coefficient de variabilité (Nolin et al, 1997).....	54
Tableau 05 : Statistiques descriptions des paramètres physico-chimiques du profil 1.....	58
Tableau 06 : Statistiques descriptions des propriétés CE, CEC, ESP, pH du profil 1.....	59
Tableau 07 : Statistiques descriptives des paramètres de la solution de sol du profil 1.....	61
Tableau 08 : Critères diagnostiques du profil 1.....	63
Tableau 09 : Statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques du profil 2.....	66
Tableau 10 : Statistiques descriptives des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 2.....	67
Tableau 11: Statistiques descriptives des paramètres de la solution du profil 2.....	69
Tableau 12 : Critères diagnostique du profil 2.....	70
Tableau 13: Statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques du profil 3.....	74
Tableau14 : Statistiques descriptives des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 3.....	75
Tableau 15 : Statistiques descriptives des paramètres de la solution de sol du profil 3.....	77
Tableau 16 : Critères diagnostique du profil 3.....	78

Liste des abréviations

Ca : Calcium.

CaCO₃ : Calcium carbonate.

CE : Conductivité électrique du sol.

CEC : Capacité d'échange cationique (meq/100g).

CE_{ps} : Conductivité Electrique de l'extrait de la pâte saturée (dS.m⁻¹).

CPCS: Commission de Pédologie et de Cartographie des sols.

E : Epaisseur.

ESP : Exchangeable Sodium Pourcentage (en %).

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

INSID: Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage.

pH : Potentielle Hydrogène.

SAR : Sodium Absorption Ratio.

USDA: United States Department of Agriculture.

WRB: World Reference Base for Soil resources.



Introduction
générale

Introduction générale

La salinité est l'un des plus grands problèmes, dans les environnements arides et semi-arides du monde (Navarro *et al*, 2007). Elle est considérée comme l'une des principales contraintes environnementales auxquelles l'agriculture moderne est confrontée. Elle est reconnue comme l'une des menaces principales à la durabilité des périmètres irrigués de notre siècle (Dounia, 1999).

La production agricole, en Algérie est limitée par de faibles ressources hydrauliques, une mauvaise répartition des précipitations et par des teneurs élevées en sels solubles dans les sols et les eaux. (Saidi J., 2004)

Les sols salés sont soumis à des processus pédologiques spécifiques que le pédologue doit d'interpréter et définir, pour cela, l'approche consiste à décrire morphologiquement les horizons du profil concerné, à expliquer les phénomènes et à lui donner une identité ou le classant.

Les différents systèmes de classifications des sols ont accordé une importance relative aux sols salés. Ainsi la classification française (CPCS, 1967) place cette catégorie de sols au sommet de la hiérarchie (classe), et dans ce contexte que s'inscrit la présente recherche qui s'intéresse aux sols salés d'Algérie, en particulier aux solonchaks selon le concept de la WRB (2006)

C'est dans ce contexte que la présente recherche s'intéresse aux sols salés de la plaine de Mina de Relizane.

L'objectif de ce travail est classification de sols salés sur un terrain labourés, située au niveau de la plaine de la Mina (Relizane). Des approches complémentaires ont été mises en œuvre, dans cette étude, à savoir :

- la caractérisation des sols étudiés et leur référencement par rapport au système de classification française (CPCS, 1967), et le système de classification WRB (2006)
- L'organisation de ce travail s'est articulée comme suit :
 - **Première partie** : qui concerne la synthèse bibliographique qu'elle divise en deux chapitres :
 - ✓ Chapitre I : est consacré à la salinisation des sols salés
 - ✓ Chapitre II : est consacré la classification des sols salés
 - **Deuxième partie** : qui concerne la méthodologie et leurs résultats.
 - ✓ Chapitre III : nous aborderons une présentation de la zone d'étude

- ✓ Chapitre IV: nous présenterons la méthodologie adoptée et le matériel utilisé
- ✓ Chapitre V: nous présenterons les résultats obtenus ainsi qu'une synthèse générale

-Ce document se termine par une conclusion générale dans laquelle nous reprenons les principaux résultats et les suites à donner à cette recherche.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

La salinisation des sols

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : La salinisation des sols

I.1. Définition

Le terme de salinité correspond la présence des principaux solutés inorganiques dissous (essentiellement des ions Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- et CO_3^{--}) dans des échantillons aqueux. La salinité est quantifiée en termes de la concentration totale de ces sels solubles, ou plus concrètement, en termes de conductivité électrique de la solution, parce que les deux sont étroitement liés (USSSL, 1954). La salinisation est l'accumulation des sels solubles (plus solubles que le gypse) à la surface du sol et dans la zone racinaire (Mermoud, 2006). Par ailleurs La conductivité, inverse d'une résistivité (en ohms), a longtemps été exprimée en mhos (en inversant l'ordre des lettres). Dans le système international on se réfère désormais au Siemens (S), et à ses subdivisions (milli = m et micro = μ), pour exprimer une conductivité électrique (FAO, 1988) :

- $1\text{dS/m} = 1\text{mS/cm} = 1\text{mmhos/cm} = 0.1\text{ S/m} = 1000\ \mu\text{S/cm}$.
- Conductivité en mmol (+) par litre: $\text{mmol (+) / l} = 10 \times \text{CE (CE en dS/m)}$
Pour l'eau d'irrigation et les extraits de sol dans la gamme 0,1-5 dS / m.
- Conductivité en pression osmotique en bars: $\text{PO} = 0,36 \times \text{CE (CE en dS / m)}$
Pour les extraits du sol dans la gamme de 3 à 30 dS / m.
- Conductivité en mg / l:
 $\text{mg / l} = 0,64 \times \text{CE} \times 10^3$, ou (CE en dS / m)
 $\text{mg / l} = 640 \times \text{CE}$

Pour les eaux et extraits de sol ayant une conductivité jusqu'à 5 dS / m.

- mmol / l (analyse chimique) en mg / l:
- Multipliez mmol / l pour chaque ion par son poids moléculaire pour obtenir la somme.

I.2. La salinisation en Algérie

En Algérie, les sols salés occupent de grandes étendues (Halitim, 1985), et de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. Bien que le problème d'alcalinisation, selon Daoud et Halitim (1994) ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables. La plupart de ces sols sont situés, en région aride et semi-aride, mais aussi sous bioclimat subhumide (Halitim, 1973). Selon Djili (2000), les sols salés sont localisés au Nord qu'au Sud Algérien, et s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm qui semblent être la limite supérieure des sols fortement sodiques (Fig.2).

Selon l'INSID (2008), la salinité est observée dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sebkhass (Chott Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhass d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zahrez Gharbi et Chergui, etc.) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc.) (Fig.1). Les sels les plus fréquents, dans les régions arides et semi- arides, sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moind degré les carbonates de sodium (Halitim, 1988).

Selon (Aubert,1975), les sols salés d'Algérie sont caractérisés, en général, par une conductivité électrique supérieure à 7dS/m et un pourcentage de sodium échangeable (ESP) qui varie de 5 à 60 % de la CEC.

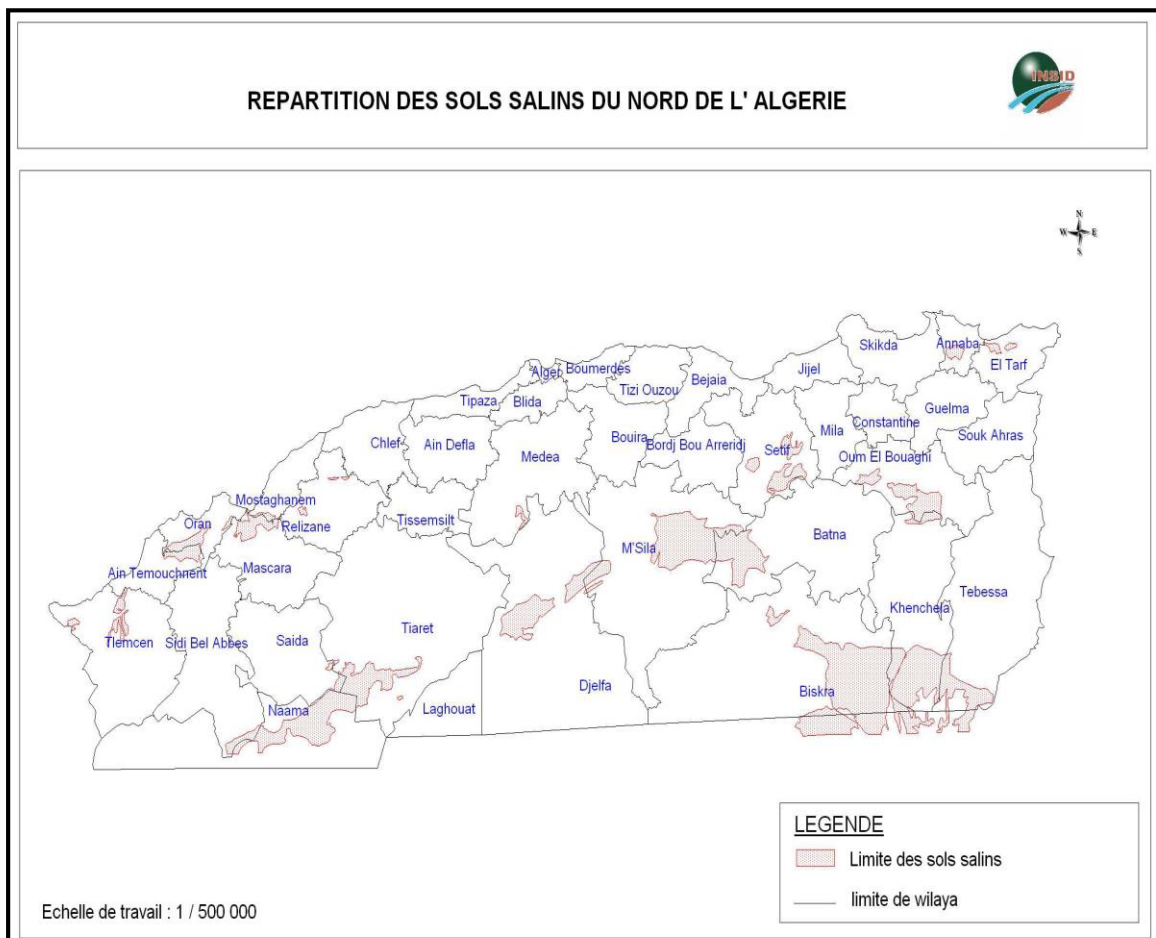


Figure 1. Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008)

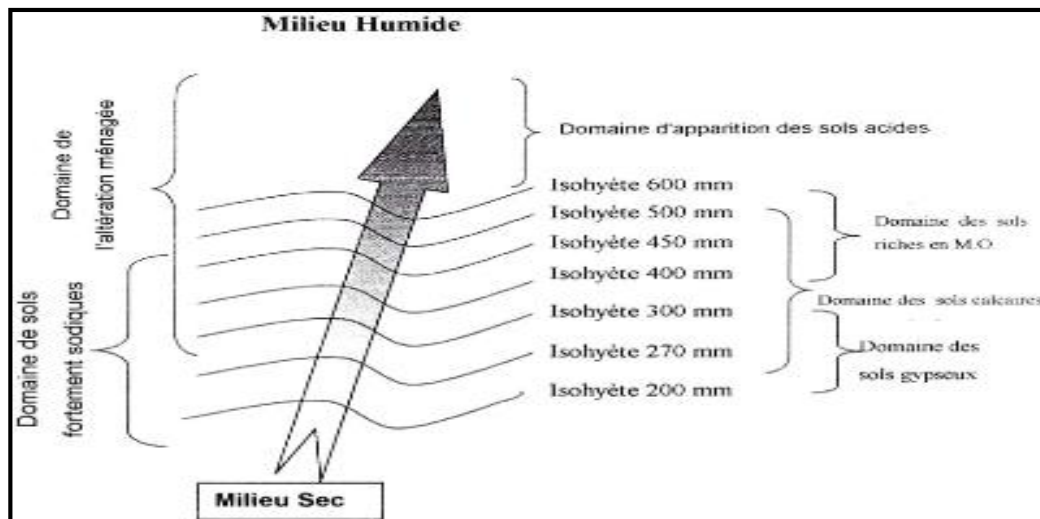


Figure 2. Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le Nord de l'Algérie (Djili, 2000)

I.3. Les mécanismes de la salinisation

Les sols salés sont formés à partir de trois processus physico-chimiques qui sont la salinisation, la sodisation et l'alcalinisation (Montoroi, 2005). Ces mécanismes peuvent s'associer différemment suivant les caractéristiques du milieu d'accumulation.

I.3.1. La salinisation

Le mécanisme de la salinisation des sols se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage insuffisant, altération des minéraux et accumulation...). Au-delà de ce seuil, les végétaux subissent une sécheresse physiologique due à une pression osmotique très forte et à une toxicité en certains éléments, et la teneur d'une solution de sol en sels solubles est déterminée par sa conductivité électrique (CE), rapportée à une température standard (en général 25°C) et exprimée en dS.m^{-1} . Celle-ci est d'autant plus élevée que la concentration ionique de l'électrolyte l'est aussi (Montoroi, 2005).

On définit en général deux types de salinisation, la salinisation primaire et la salinisation secondaire.

➤ La salinisation primaire

Les sels solubles responsables de la salinisation primaire d'un sol ont diverses origines. Ainsi, l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques ou magnésiques donne des sels souvent solubles, en particulier les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et parfois les silicates de ces métaux (Zahow et Amrhein, 1992 ; Aubert, 1976). Lorsque la roche est gypso-salifère, c'est souvent des sulfates et des chlorures qui sont

libérés. Cette phase de salinisation correspond à la salinisation primaire (**Gaucher et Burdin, 1974**).

En Algérie, les couches géologiques salifères, comme le gypse triasique; grès du Crétacé moyen; marnes sénoniennes dans le Sud-Constantinois; poudingues, grès et limons rougeâtres de l'Oligocène continental (Aquitaniens) ; poudingues et grès cartésiens; argiles, grès et poudingues helvétiques; gypse, marnes et calcaires du Sahélien; grès du Pliocène continental (bassins fermés des Hautes Plaines); formations quaternaires des plaines littorales, des basses plaines oranaises et des dépressions fermées. (**Benchetrit, 1956**).

➤ **La salinisation secondaire**

La salinisation secondaire est un processus ultérieur à la formation du sol et le caractère Salin du sol est induit par plusieurs mécanismes. En effet, la salinisation peut être due à la remontée d'une nappe salée peu profonde, ou à la remonté capillaire et pendant les périodes sèches . L'halomorphie peut provenir aussi des eaux d'irrigation salines en milieu mal drainé (**Durand, 1983**). Dans le grand Sud de l'Algérie, la non maîtrise des techniques d'irrigation par pivot, et l'absence de systèmes de drainage (**Daoud et Halitim, 1994 ; Mouhouche, 2000 ; Djili et Daoud, 2003**) sont souvent les causes qui provoquent la diminution de la productivité agricole. De même la salinisation secondaire se produit lorsque l'eau d'irrigation est distribuée en quantité trop faible pour qu'il y ait percolation ; le terrain retient alors toute l'eau distribuée qui y dépose ses sels (**Durand, 1974**).

Les superficies irriguées ont connu un accroissement très rapide depuis 1950 et, malgré un ralentissement observé depuis 1980, elles atteignent aujourd'hui près de 300 millions d'hectares dans le Monde. Les évaluations indiquent que, selon les situations, de 15 à 50% des terres aménagées et environ 50% des systèmes d'irrigation sont affectés par la salinité et plus particulièrement dans les zones arides (**Rhoades, 1997**).

Au-delà des risques spécifiques liés à la qualité des eaux d'irrigation, les mécanismes de salinisation sont la résultante du fonctionnement hydrologique du milieu et des processus de concentration des sels apportés par l'irrigation, ou présents dans les nappes aquifères (**Gupta, 2000**).

Enfin, la salinisation secondaire peut être provoquée par une incursion de la mer vers les plaines littorales et même si le contact est direct, cette salinisation affecte des sols dont la pédogénèse est déjà prononcée.

I.3.2. La sodisation

Le processus de sodisation se produit lorsque le complexe organo-minéral d'échange est progressivement saturé par l'ion Na^+ (horizon sodique). Les agrégats deviennent instables à

partir d'un certain seuil et la dégradation des propriétés physique du sol est potentielle (**Servant, 1978**).

On détermine la sodisation par le pourcentage de sodium échangeable **ESP** (Échangeable Sodium Pourcentage) par rapport à la capacité d'échange des cations (CEC).

$$\text{ESP} = 100 * \text{Na échangeable (en meq/l)} / \text{CEC (en meq/l)}.$$

Si cette valeur est supérieure à 15%, on parle d'un sol sodique. Ce pourcentage est en étroite relation avec un paramètre utilisé par l'école de Riverside, aux USA, qui est le **SAR** (Sodium Absorption Ratio) de l'extrait de la pâte saturée.

I.3.3. L'alcalinisation

Le processus d'alcalinisation intervient lorsqu'un sol à complexe saturé en sodium se transforme physiquement suite aux réactions d'échange entre l'ion Na^+ et les protons au moment d'une humectation (**Montoroi, 2005**).

L'alcalinisation se traduit par une augmentation du pH du sol suite à l'accumulation de bases faibles. Elle peut être d'origine naturelle ou due à une irrigation mal contrôlée.

Les eaux d'irrigation faiblement minéralisées présentent une alcalinité résiduelle calcite positive, c'est à dire un excès de carbonates (bases faibles) par rapport au calcium. La concentration de ces eaux par évaporation au cours de l'irrigation entraîne la précipitation de la calcite. Au fur et à mesure que les processus de concentration et de précipitation de la calcite se poursuivent, la teneur en calcium décroît alors que les carbonates s'accumulent.

I.4. Modélisation simplifiée des transferts des sels

Deux mécanismes qui interviennent dans les sols salés, mis en cause dans les transferts des principaux flux au sein du sol, à savoir le transfert des ions qui interviennent dans les sols salés :

- La diffusion moléculaire à l'intérieur de la solution immobile, en relation avec un gradient de concentration des sels. Ce mécanisme intervient surtout quand le sol est humide.
- La dispersion hydrodynamique encore appelée transfert convectif ou advectif.

Il y a déplacement des sels avec la solution. Ce mécanisme joue surtout en sol saturé lorsque la vitesse d'écoulement de la solution du sol est importante. Le déplacement s'exerce vers le bas ou même vers le haut par ascension capillaire de l'eau, lorsque les conditions favorise la remonté capillaire (**Legros, 2007**). La modélisation des transferts est intéressante pour prédire la salinisation du sol sous l'effet d'une eau d'irrigation de mauvaise qualité ou sa désalinisation sous l'effet d'une eau pure (Fig 3).

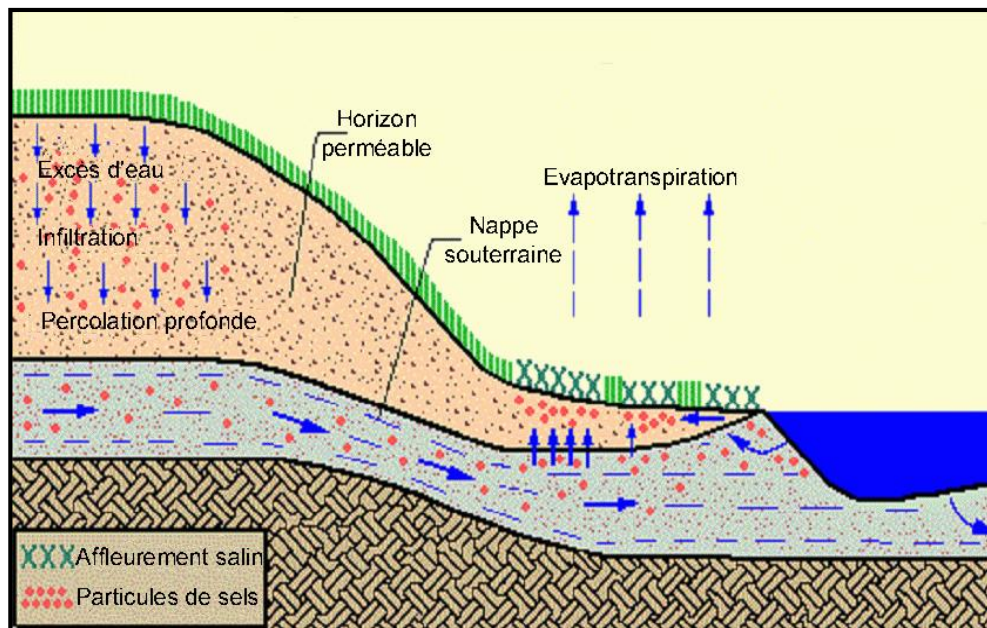


Figure 3. Le cycle des sels dans le sol (Lahlou *et al*, 2002)

I.5. Le processus de salinisation et d'alcalinisation des sols

L'abondance de l'ion sodium dans le sol confère à ce dernier des caractères particuliers. Mais cet ion peut exister sous deux formes distinctes :

- la forme saline (NaCl , Na_2SO_4) l'ion sodium reste sous forme neutre.
- la forme alcalinisante (échangeable) liée au complexe absorbant. En présence de cette dernière forme les solutions du sol s'enrichissent en sels alcalins (carbonate ou bicarbonate de sodium) qui confère au sol un pH fortement élevé.

Servant (1975), en fonction de ces deux formes de l'ion sodium, proposa le terme de "sols salsodiques" pour désigner la classe des sols sujets. L'ion sodium peut provenir de différentes sources :

- présence d'une nappe salée dont les éléments saturer le complexe absorbant par échange avec les ions alcalinoterreux (Ca^{++} et Mg^{++}) on parle de saturation indirecte;
- Une saturation directe du complexe par altération des roches contenant des minéraux sodiques.

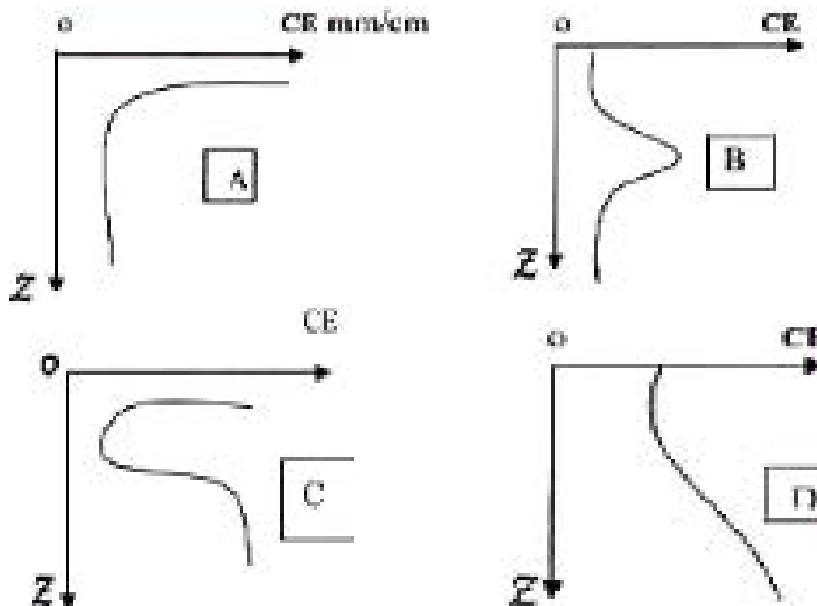
La nappe souterraine en traversant des couches d'alluvions sodiques, transporte des éléments alcalinisant dont elle s'est chargée. Selon **Duchaufour (1977)**, l'ion sodium ne peut subsister qu'en climat sec où le drainage naturel est empêché par la forte évaporation qui sévit. En climat humide, tous les sels de sodium étant très solubles, sont rapidement transportés du profil par les eaux de drainage. A cet effet, deux conditions sont nécessaires à la formation des sols sal sodiques:

- . Une condition climatique (ces sols sont quasi inexistantes dans les régions humides)

. Une condition de station qui nécessite la présence d'une source de sodium.

Selon **Servant (1976)**, il est possible de distinguer quatre formes principales de salinisation (Fig 4) :

- La forme **A** : est une salinisation.
- La forme **B** : est une désalinisation temporaire.
- La forme **D** : est une désalinisation permanente
- La forme **C** : est une résalinisation



Z : profondeur en centimètres

CE : conductivité électrique en mmhos/cm

Figure 4. (A, B, C, D). Les différents types de profils salins (**Servant, 1976**)

I.5.1. Rôle du climat dans le processus de salinisation

La forte demande évaporatoire qui caractérise les zones arides et semi-arides entraîne une concentration des eaux en surface des sols. Il en résulte une précipitation des sels qui vont s'accumuler au fil du temps. De cette accumulation découlent des dégradations salines des sols qui peuvent se manifester au cours de la pédogenèse naturelle ou apparaître secondairement suite à l'irrigation (**Ilou, 1995**).

Même si les sels peuvent remonter en période sèche, les profils salins sont généralement du type D dès que la pluviométrie annuelle acquiert une certaine importance. En d'autres termes, la salinité s'accroît avec la profondeur en relation avec la lixiviation du sodium par les pluies. Le rapport entre les conductivités électriques du haut et du bas des profils est alors voisin de 1/5 (**Morizet et al, 1970**). C'est le même phénomène qui se produit dans la partie nord de

l'Algérie (**Djili, 2000**). En revanche, dans les zones subdésertiques, les sels restent en surface.

I.5.2. Rôle de la nappe dans le processus de salinisation

Dans le cas d'une nappe salée, le processus d'accumulation des sels est d'autant plus marqué dans les sols des cas suivants :

- 1) La nappe est proche de la surface,
- 2) Elle est fortement minéralisée,
- 3) Le bilan négatif (P-ETP) en faveur de l'évapotranspiration potentielle.

Si le terrain est très légèrement ondulé et la texture est fine, les sels s'accumulent dans les points hauts (**Franzén, 2005**). En revanche, dans les zones sableuses, les remontées capillaires sont limitées, et l'altitude au-dessus du niveau la nappe joue un rôle important dans ces remontées.

I.6. Relation entre la salinité, les sols et les plantes

I.6.1. Introduction

Les sols salés contiennent suffisamment des sels solubles dans leur solution (électrolytes) pour nuire à la croissance de la plupart des plantes. Ces sels solubles, sont principalement le sodium (Na^+), le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}) et de potassium (K^+) et aussi les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les carbonates (CO_3^{2-}).

Le développement d'une gestion efficace des pratiques de lutte contre la salinité nécessite une bonne compréhension des effets de la salinité sur les sols et sur les plantes.

I.6.2. Effets de la salinité sur les plantes

L'accumulation des sels dans les sols est un grave problème environnemental menaçant les processus physiologiques de la plante et la fertilité des sols. Les teneurs élevées en sels tendent à augmenter la pression osmotique de la solution du sol, ce qui diminue la capacité de la plante à utiliser l'eau dont elle a besoin, au risque de la soumettre à une sécheresse conditionnée (**Halitim, 1988**). Les sels constituent aussi un obstacle physique à l'enracinement à cause de la diminution de la disponibilité en eau et de l'instabilité structurale du sol. Ils sont aussi à l'origine des déséquilibres nutritionnels observés chez les plantes. Seules les plantes tolérantes aux sels peuvent se développer. Dans certains cas, la salinité est tellement élevée que le sol devient stérile et dépourvu de toute végétation y compris de plantes halophytes. Dans ce cas, des problèmes de toxicité surviennent aussi ; outre le sodium et le chlore, d'autres éléments à l'état de traces tels que le bore peuvent aussi être toxiques pour les plantes (**Ayers et Westcot, 1988**).

I.6.3. Effets de la salinité sur les sols

Dans les sols salins, la présence excessive de sels solubles neutres floccule la fraction argileuse, mais les maintient stable, alors que dans les sols alcalins, un excès en sodium échangeable favorise la dispersion de l'argile et rend la structure du sol instable. Ces sols sont ainsi sensibles aux encroûtements de surface qui favorisent le ruissellement de surface (**Hassan, 2005**). Une prise en masse du sol peut également réduire fortement l'infiltration de l'eau dans le sol et conduire à une hydromorphie plus ou moins importante du sol selon sa texture et sa position topographique dans le paysage (**Douaoui et al, 2004**).

Un taux de sodium échangeable élevé a pour effet une dispersion des agrégats, ce qui conduit à une réduction de la perméabilité, de la porosité et un tassement des sols. Du point de vue agricole, cela se traduit d'une part par la prise en masse du sol qui devient très compact, dur, difficile à labourer, et d'autre part, par des difficultés de germination, et d'enracinement des plantes. Par ailleurs le sol devient totalement asphyxiant, ce qui s'accompagne d'une atrophie du système racinaire, de son développement de plus en plus superficiel, avec des conséquences défavorables sur la nutrition minérale des plantes, et la baisse considérable des rendements.

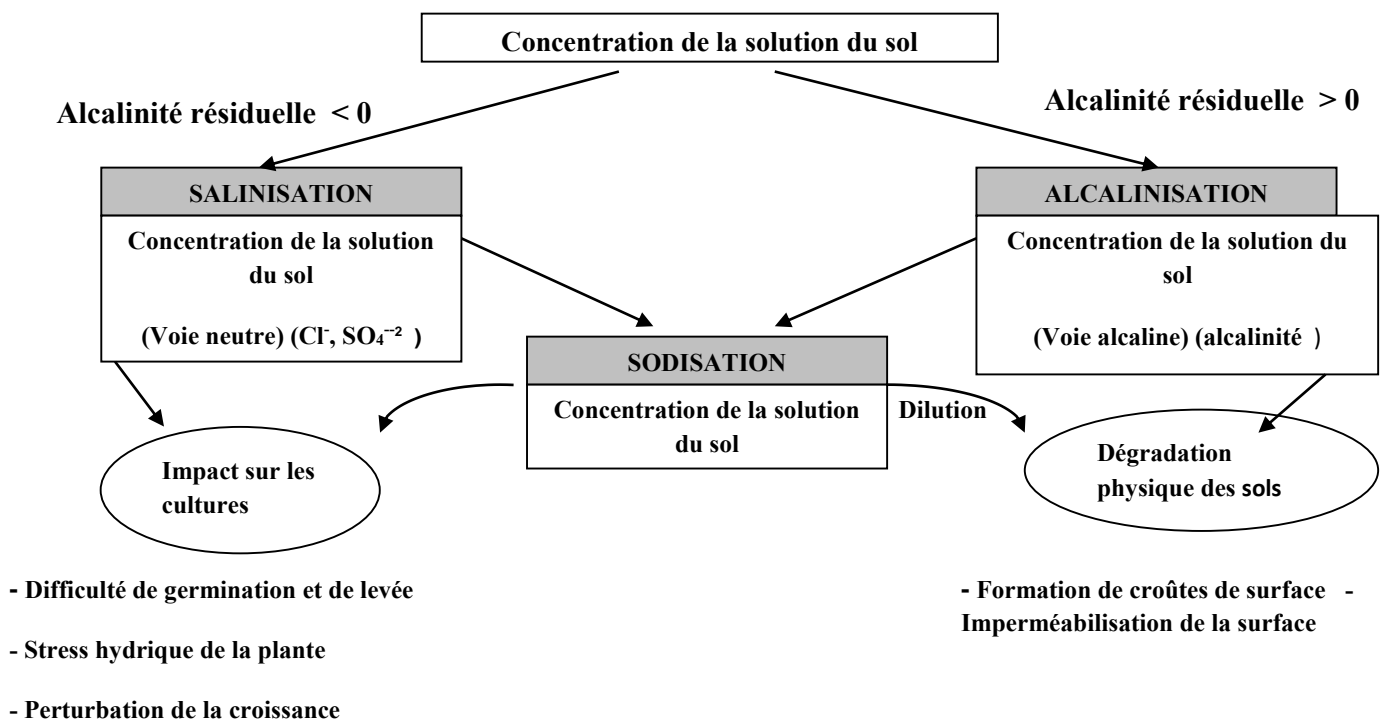


Figure 5. Processus des différentes voies de la salinisation et leurs impacts sur la dégradation des sols et sur les cultures. **Source : Tabet (1999)**

I.7. Les type des profils salins

Dans la zone aride de l'Algérie, il existe trois types de profils salins, les profils descendants, ascendants et convexes **Halitim (1988)**,

1) Le profil descendant

Le maximum de salinité se situe dans la partie inférieure du profil. Ce type de distribution est observé dans les sols à croûtes et encroûtement calcaires et dans les sols à encroûtement gypseux de surface des parties amont et médiane de la séquence du Zahrez. Ce type de profil salin a été qualifié de descendant par **Servant (1975)**. Il indique que le profil a subi une phase de lixiviation des sels solubles.

2) Le profil ascendant

Le maximum de salinité est observé dans la partie supérieure du profil. Les sols sont influencés par une nappe salée peu profonde et sont, généralement, localisés dans les zones basses et déprimées des séquences. Les horizons les plus salés se localisent alors au-dessus des horizons gypseux et calcaires quand ces derniers sont présents. C'est le profil salin ascendant ou type A (**Servant, 1975**). Quand la concentration en sels est très forte et que la texture est argileuse, une couche de pseudo sables et des efflorescences salines se forment, à la surface du sol. Cette couche de pseudo-sable peut exister même s'il n'y a pas de nappe, à condition que les autres caractéristiques (une texture argileuse et une forte salinisation) soient présentes.

3) Le profil convexe

La partie médiane du profil correspond à un maximum de salinité. Les profils concernés par ce mode de distribution des sels sont en général des sols dont la dynamique saline est caractérisée par une remontée capillaire et une lixiviation des sels. Ils correspondent au type B (**Servant, 1975**) et peuvent aussi caractériser une phase de désalinisation des profils du deuxième type.

I.8. Caractérisation de la salinité des sols salés dans les périmètres irrigués

A l'échelle d'un périmètre en zone aride ou semi-aride, il apparaît que les conditions naturelles sont souvent favorables à la salinisation des sols. De plus, l'introduction de l'irrigation modifie le milieu et favorise la salinisation des sols.

La salinité peut constituer un gène majeur au développement de la production agricole, et même, mener à la stérilité des sols. Elle se rencontre en Algérie en de nombreuses zones tel que les périmètres de la Mina, Habra sig et Maghnia.

I.8.1. Caractéristiques chimiques des sols salins

- des teneurs élevés en sels solubles dans l'ensemble ou dans une partie du profil.
- une couverture blanche après ressuyage des eaux d'irrigation.
- la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée est supérieure ou égale à 7 dS/m à 25 °c.

I.8.1.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm) exprimé souvent en micro siemens/cm ou milli siemens (mS/cm). La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en solide dissous sera importante, plus la conductivité sera élevée. Généralement, le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante :

1 dS/m = 1 mmhos/cm = 640 mg de sels,

Ou 1 ppm = 1 mg/l correspond à la concentration en solide dissous.

L'activité ionique d'une solution varie en fonction de la température. Il convient donc, pour effectuer des mesures précises, de tenir compte de la température dans les mesures de conductivité. Les températures standard sont généralement prises à 25.

- Echelle de salure en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 :
Echelle européenne

- Echelle de salure en fonction de la conductivité électrique de la pâte saturée (Classification la plus couramment utilisée) : US SALINITY LABORATORY

Non salé	Peu salé	salé	Très salé	Extrêmement salé
CE 1/5mmhos/ cm	0.6	1.4	2.4	6
Salure (SST) méq/ 100g	3	6	12	30

Non salé	Peu salé	salé	Très salé	Extrêmement salé
Extrait saturé mmhos/ cm	3	6	12	16

I.8.1.2. Sodicit  (SAR)

La sodicité décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation et exprime l'équilibre entre le cation monovalent Na^+ et les principaux cations bivalents Ca^{2+} et Mg^{2+} , il est défini par la relation :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

Ou $[\text{Na}^+]$, $[\text{Ca}^{++}]$ et $[\text{Mg}^{++}]$ désignent respectivement les concentrations des cations Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} , exprimées en meq/l.

Selon **Gupta et Abroul (1990)** le SAR est un paramètre qui prend en compte uniquement les cations et ignore l'alcalinité caus e par les anioniques.

Classe de risque

$\text{SAR} < 10$	—→	risque faible
$10 < \text{SAR} < 18$	—→	risque moyen
$18 < \text{SAR} < 26$	—→	risque élevé
$\text{SAR} > 26$	—→	risque très élevé

I.8.1.3. Pourcentage de sodium échangeable (ESP)

L'ESP est le pourcentage de sodium échangeable par unité de masse de sol, PSE ou ESP comme indicateur de sodicité. Il est défini de la façon suivante :

$$\text{ESP} = 100 * [\text{Na}^+] / \text{CEC} \text{ en } (\%)$$

Ou CEC désigne la capacité d'échange cationique en meq/100 g de sol et $[\text{Na}^+]$ est la concentration du sodium en meq/100g. Le SAR a remplacé l'ESP traditionnellement employé pour l'étude de la sodicité, car l'ESP nécessite des mesures de laboratoire relativement délicates et souvent non fiables (**Jurinak et Suarez, 1990**).

La limite de classe pour l'ESP est définie par la **F.A.O (1984)** :

$\text{ESP} < 5 \%$	—→	Légère alcalinité.
$5 \% < \text{ESP} < 20 \%$	—→	Alcalinité modérée.
$20 \% < \text{ESP} < 45 \%$	—→	Alcalinité grave.
$\text{ESP} > 45 \%$	—→	Alcalinité très graves.

D'après **l'USSL (1954)**, un sol est dit sodique lorsque son ESP est supérieure à 15 %. Cette valeur est souvent critiqu e par les chercheurs qui montrent que la structure du sol se dégrade

pour des valeurs de 5-6% (**McIntyre, 1979 in Shainberg, 1984 ; Sumner, 1993 ; Shainberg et Singer, 1990**).

Certains auteurs définissent des seuils de sodicité (en ESP) par type d'argile. **Richards (1954)** suggère, par exemple, les valeurs seuils de 5% pour les illites et 13% pour les montmorillonites.

I.8.2. Caractéristiques physiques

- Présence des lamelles épaisses, durcies, recouvrant un horizon poudreux de pseudo-sable.
- La croissance des végétaux dans le temps et dans l'espace est irrégulière.
- La présence des plages de sol humide même en état sec, est due à la richesse en sels hygroscopiques.
- Présence des fentes de retrait verticale et horizontale peut ou non profond.

Chapitre II

Classification des sols salés

Chapitre II : Classification des sols salés**II.1.Introduction**

Les différentes classifications des sols les ont accordé une importance relative aux sols riches en sels. Ainsi la **CPCS (1967)** et la **WRB (2006)** placent cette catégorie de sols au sommet de leur hiérarchie, classe pour la **CPCS (1967)** et groupe référence pour la **WRB (2006)**, tandis que **Soil Taxonomy (2006)**, sans en faire un ordre à part, accorde une importance capitale à leur propriétés (CE, ESP et SAR).

L'intensité des processus mis en jeu et leurs caractéristiques physico-chimiques, on définit plusieurs types de sols a salés (**Servant, 1970; Loyer, 1990**). Leur de classification pose encore des problèmes et la majorité des systèmes recommandent une subdivision en quatre catégories (**Daoud, 1993**). On parle et de sols salés, sols salins à sols alcalins et des sols alcalins non salés que l'on distingue, en recourant au pH, à la CE, à l'ESP et au SAR (**Hadj Miloud, 2006**).

- a) **Les sols salés** sont des sols dont la conductivité électrique (CE) de l'extrait de la pâte saturée est supérieure à 4ds/m à 25°C et dont le pourcentage de sodium échangeable (ESP) est inférieur à 15 %. Généralement, le pH est inférieur à 8,5. Ces sols correspondent aux « Solontchaks » à cause de la présence de sels en excès et de l'absence de quantité suffisante de sodium échangeable, les sols salés sont généralement floculés, et en conséquence la perméabilité est supérieure ou égale à celle des sols similaires non salés (**Dogar, 1980**).
- b) **Les sols salins à alcalis** ont une conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée à 25°C supérieure à 7 ds/m et un ESP supérieur à 15%. Ces sols sont le résultat de processus continus de salinisation et d'alcalinisation. Dans les conditions où les sels sont en excès, le pH augmente rarement au-dessus de 8,5 et les particules restent floculées, sinon il peut atteindre la valeur 9. Si les sels en excès sont lessivés, les propriétés de ces sols peuvent changer d'une manière déterminante et devenir semblables à celles des sols alcalins non salés. D'après **Aubert (1983)**, les sols salins à alcalis s'observent dans les oasis du Sud Algérien comme Touggourt et aussi dans le Tell (Vallée du Cheliff). Leur perméabilité dépend du rapport entre la CE et l'ESP, de la teneur et de la nature de la fraction argileuse du sol (**Daoud, 1993**).
- c) **Les sols alcalins non salés** sont les sols ayant une valeur de l'ESP supérieure à 15 %, une CE inférieure à 4dS/m à 25°C et un pH qui varie habituellement de 8,5 à 10.

II.2. Classification (WRB) des Solonchaks

La **WRB (2006)** est constituée par deux catégories principales. Les groupements principaux (32 groupes) sont définis par un horizon (ou des propriétés) diagnostic, et chaque groupement principal est divisé en unités de second ordre.

Cette classification est basée sur les propriétés des sols définis en termes d'horizons et de caractéristiques diagnostiques qui doivent, autant que possible, être mesurables et observables sur le terrain ; elle se base également sur le matériau diagnostique.

Le Groupe de référence du sol « solonchaks » se situe à un niveau hiérarchique le plus élevé ; il comprend les sols qui ont une forte concentration en sels solubles à un moment donné de l'année. Le terme solonchaks, antérieurement solontchaks, est d'origine russe. Il signifie sol (sel) et chak (secteur salé). Cette dénomination commune et internationale désigne «les sols salins», c'est-à-dire les sols affectés par la salinité. Les solonchaks se localisent essentiellement en zones arides et semi-arides et en régions côtières sous tous les climats.

La version de W.R.B. (2006) se distingue par rapport la version précédente (WRB, 1999) par la présence d'un produit de l'épaisseur en (cm) et de la CE en (dS/m) ($E \times CE$) pour la reconnaissance des solonchaks

D'après W.R.B. (2006), les solonchaks sont tous les sols ayant un horizon salique débutant dans les 50 cm du sol et absence d'un horizon thionique (sulfurique) dans les 50 premiers cm du sol et n'ayant aucun horizon diagnostique autre qu'un horizon histique, mollique, ochrique, takyrique, yermique, calcique, cambique, durique, gypsique, ou vertique.

a)- Description générale de l'horizon salique

L'horizon salique est un horizon situé en surface ou à une faible profondeur et qui se caractérise par un enrichissement secondaire en sel facilement solubles, c'est-à-dire en sels plus solubles que le gypse.

Critères diagnostiques

Un horizon salique doit avoir sur toute sa profondeur :

1. Une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieur à 15dS /m à 25°C à un moment de l'année ; ou

Une CE de plus de 8 dS/m à 25°C si le pH (H₂O) de l'extrait de pâte saturée dépasse 8.5 (pour les sols carbonatés alcalins) ou est inférieur à 3.5 (pour les sols acides) ;

2. Une épaisseur d'au moins 15 cm.

3. Un produit de l'épaisseur en (cm) et de la CE en (dS/m) supérieur ou égal à 450 ou plus ;

4. Absence d'un horizon sulfurique (thionic).

a)- Identification des solonchaks sur le terrain

La présence d'un horizon salique peut être déduite à partir d'indices indirects. Une végétation halophyte telle que le Tamarix et des cultures tolérantes aux sels sont les premiers indicateurs. Les couches affectées par les sels montrent souvent une structure « soufflée ». Les sels ne précipitent qu'après évaporation de l'humidité du sol. Si le sol est humide ou détrempé, ces précipitations ne doivent pas avoir lieu.

Les sels peuvent précipiter en surface ('Solonchaks externes') ou en profondeur ('Solonchaks internes'). Une croûte de sels en surface fait partie de l'horizon salique.

b)- Description générale de l'horizon sulfurique (thionic) :

Horizon sulfurique ou thionic : est un horizon subsuperficiel extrêmement acide dans lequel l'acide sulfurique se forme par oxydation des sulfures.

Un horizon sulfurique doit avoir les caractéristiques suivantes :

- 1- Un pH inférieur à 3.5 dans une suspension 1/1 d'eau ;
- soit des taches jaune orange de jarosite ou brun jaunâtre de schwertmannite, soit des concentrations dont hue Munsell est d'au moins 2.5Y et un chroma d'au moins 6 ; ou
- Une suspension sur des matériaux sulfidiques ; ou
- Au moins 0.05 % (en poids) de sulfates solubles dans l'eau ; et
- 2- Une épaisseur d'au moins 15cm.

e)- Suffixes et préfixes des solonchaks préconisé par la WRB

La WRB (2006) donne une liste de qualificatifs (préfixe et suffixe) possibles rangés par ordre de priorité qui permettent à l'utilisateur de construire les unités de second ordre.

Les préfixes et les suffixes sont utilisés quand le solonchak se caractérise par un autre horizon ou propriété diagnostique.

• **Les préfixes** : préfixes servant de qualificatifs uniques (ou modificateurs), qui sont ajoutés aux groupes des sols de référence, permettant des caractérisations et classifications très précises des profils individuels de sols

- Horizon hypersalic : ayant une conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée supérieure à 30 dS/m à 25°C dans au moins un sous-horizon situé dans les 100 premiers cm du sol.
- Horizon folic: est un horizon de surface ou subsuperficiel présent à faible profondeur, qui consiste en un matériau de sol organique bien aéré.
- Horizon histic: est un horizon de surface, ou subsuperficiel apparaissant à faible profondeur, constitué de matériaux organiques sous aération médiocre.

Le préfixe histic : ayant un horizon histic dans les 40 premier cm du sol.

- Horizon vertic: c'est un horizon subsuperficiel argileux qui, suite à des contractions et gonflements répétés, présente de fentes de retraits.

Le préfixe vertic: ayant un horizon vertique dans les 100 premier cm du sol

Propriétés gleyic : à moins que le sol ne soit drainé, les matériaux ont des propriétés gleyic s'ils sont complètement saturés par la nappe phréatique pendant une période qui permet à des conditions réductrices de régner (cela peut aller de quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions) et s'ils présentent un modèle de couleur gleyic.

Critères diagnostiques

Les propriétés gleyics doit montrer l'une ou des deux couleurs suivantes :

- 1- Plus de 90% de couleur de réduction, comprise entre la couleur blanche neutre et le noir (Munsell N1/ au N8/) ou bleuâtre à verdâtre (Munsell 2.5 Y, 5 Y, 5 G, 5 B) ; ou bien,
- 2- Plus de 5% de taches de couleur d'oxydation ne comprend aucune couleur à l'exception celle qui montre une réduction.

Le préfixe gleyic : ayant des propriétés gleyic dans les 100 premiers cm du sol.

Propriétés stagnic : à moins qu'ils ne soient drainés, les matériaux de sols ont des propriétés stagnic s'ils sont complètement saturés par l'eau de surface au moins temporairement, pendant une période suffisamment longue pour permettre l'installation des conditions réductrices (la période peut aller de quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions), et s'ils présentent un modèle de couleur stagnic.

Critères diagnostiques : les conditions réductrices sont mises en évidence par une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 1- Une valeur de PH inférieure ou égale à 19 dans la solution du sol ; ou
- 2- La présence de Fe^{2+} libres se manifestant soit par :
 - Une couleur bleu foncé nette sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain, après pulvérisation d'une solution à 1 % de cyanure ferrique de potassium ; ou
 - Une couleur rouge fort sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain, après pulvérisation d'une solution à 0.2 % de dipyridyl dans de l'acide acétique à 10 % ; et
- 3- Un horizon albique ou modèle de couleurs stagniques soit :
 - Dans plus de 50 % de volume de sol s'il n'est pas perturbé ; soit
 - Dans 100 % de volume du sol si l'horizon de surface du sol est perturbé par un labour.

Le préfixe stagnic: ayant des propriétés stagnic dans les 50 premiers cm du sol.

- Horizon mollic : l'horizon mollic est un horizon de surface bien structuré, de couleur foncée, dont la saturation en bases est élevée et la teneur matière organique modérée à élever.

Un horizon mollic doit avoir un certain nombre de critères diagnostiques, à savoir.

- 1- Une structure suffisamment affirmée que l'horizon ne soit ni massif ni dur ou très dur à l'état sec.
- 2- Un chroma Munsell inférieur à 3.5 à l'état humide, et une valeur plus foncée que 3.5 à l'état humide et que 5.5 à l'état sec.
- 3- Une teneur en carbone organique d'au moins 0.6 % ;
- 4- Un taux de saturation en base de 50 % ou plus sur la moyenne pondérée de toute l'épaisseur de l'horizon ;
- 5- L'épaisseur suivante :
 - a- 10 cm ou plus s'il repose directement sur une roche dure, un horizon pétrocalcique ou pétrogypsiq ou s'il recouvre un horizon cryique ; ou
 - b- Au moins 20cm et plus d'un tiers de l'épaisseur du solum si celui-ci moins de 75cm d'épaisseur ; ou
 - c- Plus de 25cm si le solum a plus de 75cm d'épaisseur.

Préfixe mollic: ayant un horizon mollique.

- Horizon calcic : l'horizon calcique est un horizon dans lequel du carbonate de calcium secondaire (CaCO_3) s'est accumulé sous forme de distributions diffuses (carbonate de calcium présent uniquement sous forme de fines particules de 1mm ou moins dispersées dans le fond matriciel), soit sous forme de concentrations discontinues (pseudo-mycélium, cutanes, nodules tendres et durs, veines).

L'accumulation peut se situer dans le matériau originel ou dans des horizons subsuperficiels, mais peut également se présenter sans les horizons de surface suite à une érosion. Si l'accumulation de carbonates tendres devient telle que toutes ou la plupart des structures pédologiques et/ou lithologiques disparaissent et que dominant des concentrations continues de carbonate de calcium, alors l'horizon est dénommé horizon hypercalcic.

Critères diagnostiques : un horizon calcique doit avoir :

- 1- Une teneur en équivalent carbonate de calcium de 15% ou plus, dans la fraction terre fine, (pour les horizons hypercalcic, plus de 50% d'équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine ; et
- 2- Une épaisseur d'au moins 15cm ; même épaisseur requise pour l'horizon hypercalcic.

Préfixe calcic: ayant un horizon calcic ou des concentrations de carbonates secondaires dans 100 premiers cm.

- Horizon duric: c'est un horizon sub superficiel présentant des nodules faiblement cimentés ou indurés dont le ciment est de la silice (SiO_2), probablement sous forme d'opale ou de microcristaux de silice (durinodes).

Préfixe duric: ayant un horizon duric dans les 100 premiers cm du sol.

Préfixe haplic: exprime certains caractères de manière typique (typique dans le sens qu'il n'y a pas de caractérisation supplémentaire ou significative). Il est utilisé si un qualificatif n'a pas été appliqué précédemment.

- Horizon gypsic: l'horizon gypsic est un horizon non cimenté contenant des accumulations secondaires de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sous différentes formes.

Préfixe gypsique: ayant un horizon gypsic dans les 100 premiers cm du sol.

Préfixe pétrosalique: ayant, dans les 100 premiers cm du sol, un horizon de 10 cm ou plus, épaisseur qui est cimentée par des sels plus solubles que le gypse.

• **Les suffixes** : sont utilisés pour constituer les unités de second ordre.

- Suffixe sodic: ayant plus de 15 % de sodium échangeable ou plus de 50% de sodium et magnésium échangeables sur le complexe d'échange dans les 50 premier cm de profondeur.

- Suffixe acéric: ayant un pH compris entre 3.5 et 5 et des taches de jarosite dans les 100 premiers cm du sol (uniquement dans les Solonchaks)

- Suffixe chloridic: ayant une solution du sol avec $\text{Cl}^- \gg \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ (dans les Solonchaks uniquement).

- Suffixe sulfatic: ayant une solution de sol avec $\text{SO}_4^{2-} \gg \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ (uniquement dans les Solonchaks).

- Suffixe carbonatic: ayant une solution du sol le pH est supérieur à 8.5 avec $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} \gg \text{Cl}^-$ (uniquement dans les Solonchaks).

- Suffixe gélic: ayant un permagel endéans les 200 premiers cm du sol.

- Suffixe oxyac: saturé en eau pendant la période de dégel et n'ayant pas de caractères rédoximorphies endéans les 100cm du sol (uniquement dans les Cryosol).

- Suffixe takyric: ayant un horizon takyric (de l'Ousbek takyr, terre stérile).

Description générale : l'horizon takyric est un horizon de surface de texture lourde comprenant une croûte de surface et une partie inférieure de structure lamellaire. Il se forme sous conditions arides dans des sols périodiquement inondés.

- Suffixe yermic: ayant un horizon yermic comprenant un pavement de désert.

Description générale : l'horizon yermic (de l'Espagnol yermo, désert) est un horizon superficiel qui est constitué généralement, mais pas toujours, d'accumulations en surface de fragments de roche ('pavement du désert') enveloppé dans une couche mince de sable éolien ou de loess.

- Suffixe aridic: ayant des propriétés aridic sans horizon takyric ou yermic.

Description générale : les propriétés aridic combinent un certain nombre de propriétés communes aux horizons de surface des sols présents en conditions arides et là où la pédogenèse se développe plus vite que les nouvelles accumulations de surface dues à l'activité éolienne ou alluviale.

- Suffixe arénic: ayant la texture d'un sable fin limoneux ou plus grossière sur toute l'épaisseur des 50 premiers cm.

- Suffixe siltic: ayant 40 % ou plus de limon dans un horizon de plus de 30cm d'épaisseur situé dans les 100 premiers cm du sol.

- Suffixe clayic: ayant une couche de texture argileuse de 30cm ou plus, dans les 100 premiers cm du sol

Suffixe drainic: ayant un horizon histic avec un drainage artificiel débutant dans les 40 premiers cm du sol (**Hadj Miloud 2010**).

II.3. La classification française CPCS (1967)

La classification française est une classification hiérarchisée. Elle est morpho- génétique, est englobe des niveaux suivant la classe, la sous-classe, le groupe, sous- groupe, la famille, la série, le type et la phase. Dans cette classification, les sols salés sont rangés dans la classe des sols salsodiques, elle - même subdivisée en deux (02) sous classes :

II.3.1.Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée

Ce sont des sols salins (Solontchaks), soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riches en sels de sodium, caractérisés par une conductivité électrique supérieure à 4 mmhos/cm (**Duchaufour, 1988**).

1) Sols salins à complexe calcique (Solontchaks)

Ils sont très fréquents en Algérie (**FAO, 2005**), et sont caractérisés par un ESP < 15% et un profil peu différencié (**Servant, 1975**). Ils se rencontrent dans les zones steppiques ou désertiques dans lesquelles des nappes salées contiennent à l'instar des sels solubles, une quantité importante de calcium qui alimente le profil (**Halitim, 1973**).

2) Sols salins à complexe sodique (Solontchaks sodiques) :

Ce type de sol est caractérisé par un ESP > 15% se rencontre en bordure de mer, ou dans les lagunes côtières, sa structure tend à se dégrader et devient poudreuse (**Duchaufour, 1988**).

II.3.2. Sous classe des sols sodiques à structure dégradée

Ce sont des sols alcalins à structure dégradée (**Duchaufour, 1976**). On distingue trois (03) groupes selon les étapes d'évolution des profils (**Duchaufour, 1988**) :

1) Sols alcalins non lessives (Solontchaks-Solonetz)

Ils sont fréquents en Algérie (**Durand, 1983**). Leur profil est de type AC ou A (B) C.

2) Sols alcalins lessives de type ABC.

Ces sols existent en Algérie, mais sont très localisés dans les zones humides (**Durand, 1983**).

3) Sols alcalins dégradés (Solods):

Présentent une structure dégradée complètement en surface avec un pH de 4 à 5 en profondeur un pH élevé de 9 à 10.

II.4. La classification américaine USDA (Soil Taxonomy, 2010)

II.4.1. Introduction

La classification américaine est une classification hiérarchisée basée sur la morphologie et certaines analyses de laboratoire : c'est une classification morpho-analytique. Les sols sont classés et groupés d'après un ensemble de caractères mesurables (Physico-chimiques et morphologiques). Les critères diagnostiques sont représentés par les horizons diagnostiques (Epipedons), le pédoclimat, et par des critères secondaire (propriétés pédologiques bien distinctes).

L'originalité de la classification américaine réside dans la définition préalable d'horizons de diagnostic, qui sont le plus souvent des horizons de profondeur, considérés comme plus stables et moins soumis à l'influence humaine que les horizons de surface. La classification proposée utilise comme critères essentiels la présence (ou l'absence) des différents horizons. Ce sont ces horizons qui servent à définir les 12 unités fondamentales de la Soil Taxonomy.

Les subdivisions des ordres, ou sous-ordres, sont basées également sur la présence de certains horizons de diagnostic, différents de ceux qui caractérisent le groupe; mais aussi, et surtout, sur d'autres critères, notamment le microclimat interne du sol, lié bien entendu au climat général et aussi, pour certains sous-ordres, aux conditions de saturation plus ou moins prolongée par l'eau, ou l'hydromorphie (**Legros, 2007**).

Les grands groupes enfin sont déterminés par la présence d'horizons de diagnostic particuliers, notamment ceux qui sont qualifiés de « secondaires ».

La nomenclature est basée sur 12 ordres fondamentaux qui sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1. Clé de détermination de la Soil Taxonomy (**Legros, 2007**)

Ordres	Abrév.	Définition succincte, équivalent en langage CPCS
Gélisols	els	(Grec gelid = très froid). Ont un permafrost en surface ou au moins avant 200cm de profondeur (sols peu évolués des hautes altitudes et latitudes).
Histosols	ist	(Grec histos = tissus). Présentant un horizon organique épais (+ de 40 cm ou plus de 2/3 de l'épaisseur du sol si celui-ci est superficiel), accumulation liée à la présence actuelle ou ancienne de l'eau (tourbes et sols très organiques).
Spodosols	ods	(Grec Spodos = cendres). Présentant un horizon Spodic (sols podzolisés typiques des milieux très acidifiés).
Andisols	ands	(Japonais Ando = noir). Présentant des propriétés andiques (andosols typiques des régions volcaniques si le milieu est humide et frais ou froid). Ordre introduit en 4 ^{ème} édition.
Oxisols	ox	(Français oxyde). Présentant un horizon Oxic (moins de 10% de minéraux altérables dans la fraction 50-200 microns, présence de sesquioxydes du type Fe ₂ O ₃ ou Al ₂ O ₃ , capacité d'échange de moins de 16 cmol (+) par kg d'argile) ou présentant un horizon Kandic : texture fine, enrichissement relatif en argile, capacité d'échange limitée (sols ferrallitiques des zones intertropicales).
Vertisols	erts	(Latin vertos = virer → sols qui bougent). Présentant des slikenides ou au moins des agrégats à faces obliques, plus de 30% d'argile et des fentes de retrait en période sèche (vertisols des climats secs méditerranéens ou subtropicaux).
Aridisols	ids	(Latin aridus = sec). Correspondent à un climat aride (peu d'eau) que la température soit élevée ou non. Mais peuvent être saturés d'eau si salés. Horizons de diagnostic possibles : Natric, Calcic, Petrocalcic, Gypsic, Petrogypsic, Salic, Argillic, Duripan (sols des climats secs présentant des accumulations calcaires, gypse ou sels). Ordre introduit en 6 ^{ème} édition.
Ultisols	ults	(Latin ultimus = ultime). Présentant des marques de fortes évolutions : horizon Argillic, Kandic ou Fragipan et taux de saturation inférieur à 35% (sols aux matériaux très altérés de la zone intertropicales et subtropicale).
Mollisols	olls	(Latin mollis = doux → sols à humus doux). Présentant un horizon de surface Mollic avec un taux de saturation supérieur à 50% (sols des prairies et forêts à feuilles caduques, calcaires ou non).
Alfisols	alfs	(Terme inventé). Présentant un horizon Argillic, Kandic, Natric ou un Fragipan. Climat humide ou subhumide, taux de saturation >30%, légèrement acide (sols lessivés des climats humides).
Inceptisols	epts	(Latin inceptum = débutant). N'entrent pas dans les catégories présentées ci-dessus car relativement superficiels et pas suivis en profondeur par des horizons Calcics, Petrocalcic, Gypsic, Petrogypsic, Placic, Duripan, Fragipan, Oxic, Spodic, Sulfuric. En revanche peuvent présenter des horizons correspondant à des sols peu évolués : Cambic, Histic, Mollic, Plaggen, Umbric Epipedon

Les sous-ordres sont désignés à l'aide d'un suffixe composé de deux ou trois lettres rappelant l'ordre (**els, ist, ods, ands, ox, erts, ids, ults, olls, alfs et epts**), et d'un préfixe indiquant une caractéristique, très souvent microclimatique, du sous-ordre.

Les noms des grands groupes sont composés à l'aide du nom du sous-ordre auquel on ajoute un autre préfixe, rappelant le nom d'un horizon de diagnostic, ou un terme de microclimat.

Les sous-groupes enfin sont désignés à l'aide du nom du groupe, auquel est adjoind un adjectif composé de la même façon et indiquant une tendance évolutive.

Dans la classification américaine, il n'y a pas un ordre des sols salés, par contre il y a l'horizon salique, un horizon d'accumulation des sels plus solubles que le gypse.

II.4.2. Caractérisation de l'horizon salique

Selon la **Soil Taxonomy (2010)**, les caractéristiques de l'horizon salique sont :

1. L'horizon salique présente une épaisseur de 15cm ou plus;
2. La conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée(CE_{ps}) en $dS.m^{-1}$ à 25°C est supérieure ou égale à 30dS/m, pendant 90 jours consécutifs ou plus au cours des années normales ;
3. Un produit de la CE_{ps} en dS/m et de l'épaisseur de l'horizon en cm, est égal 900 ou plus.

DEUXIEME PARTIE : **EXPERIMENTATION**

Chapitre III

Présentation de la zone d'étude

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

III.1. Présentation de la région

III.1.1. Situation géographique du périmètre

Le périmètre irrigué de la Mina, crée en 1943, occupe une superficie totale de 13.647 ha, dont 9592 ha sont irrigables sur les 10.580 ha que compte la SAU. Il est situé dans la vallée du plus grand affluent du Chélif (Oued Mina). Il est traversé par la route nationale N°04.

La partie centrale du périmètre se trouve dans le nord de l'Oued Mina qui coule vers le Nord et se jette dans l'Oued Chélif. La partie Ouest du périmètre s'étend à gauche et à droite de la route menant à la ville d'Oran et comprend le voisinage immédiat de la ville d'El Matmar. La partie Est s'étend à gauche et à droite de la route menant vers la ville de Chlef et comprend les environs de la localité de la ville de Oued Djemaa.

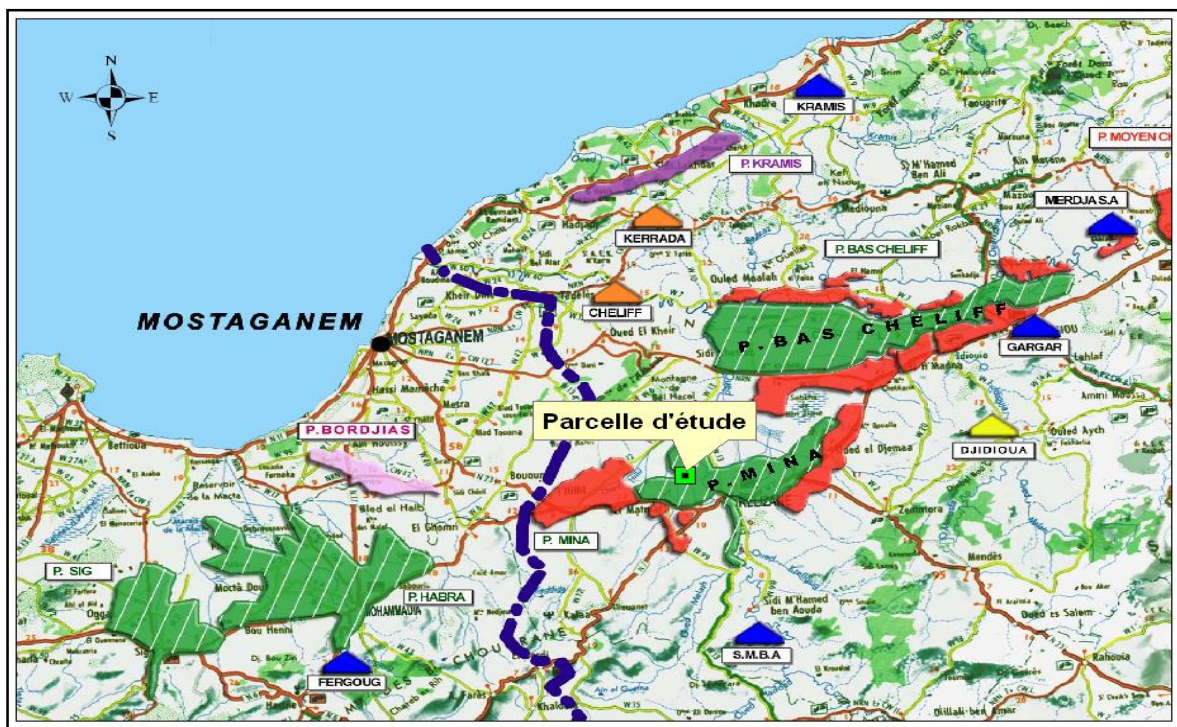


Figure 6. Carte de situation de la plaine de la Mina (Relizane) INSD(2008).

III.1.2. Situation géographique de la parcelle d'étude

La parcelle d'étude, d'une superficie de 34 ha, se trouve dans la commune d'El Matmar. La zone d'étude, où se localisent les profils étudiés, est délimitée par l'oued mina, à l'Est, l'autoroute Est-Ouest, au Nord, le chemin de fer Alger-Oran, au Sud et à l'Ouest par des parcelles limitrophes (Fig 7).

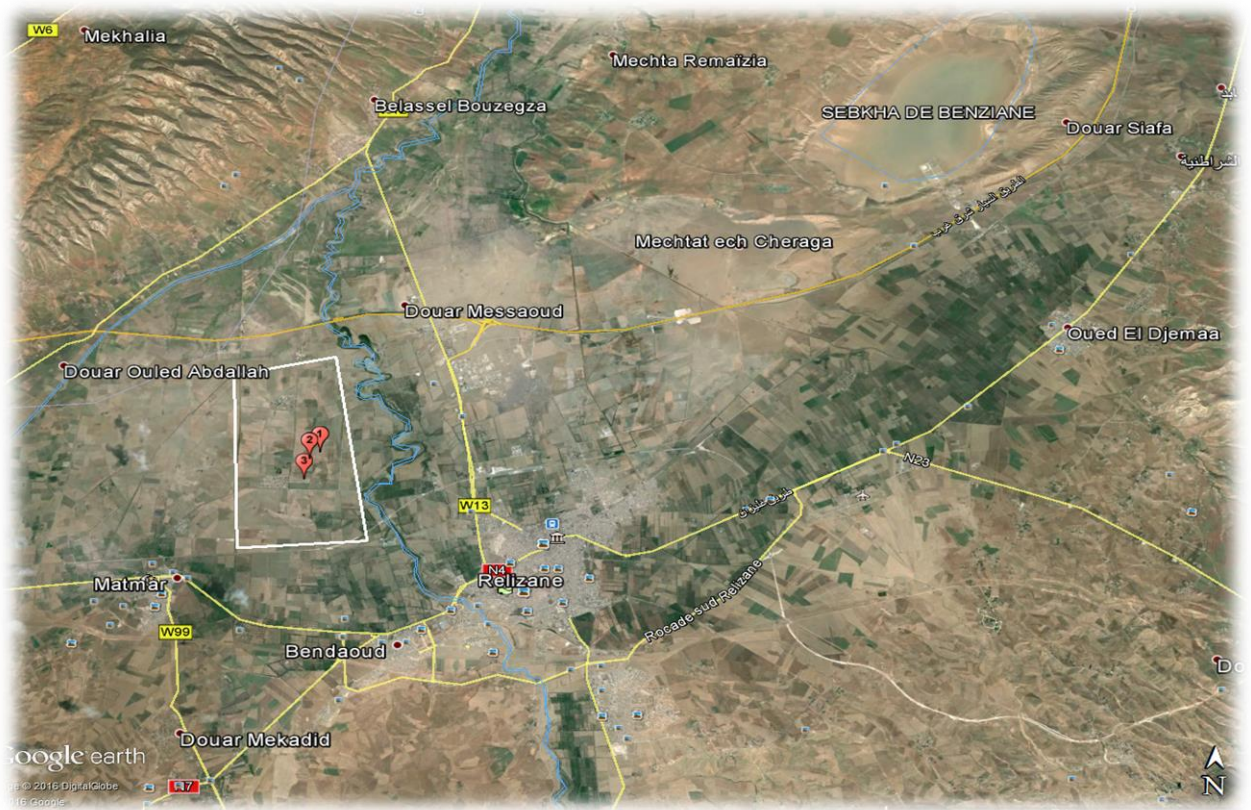


Figure 7. Localisation de la zone d'étude (Source : Google Earth.2016)

III.1.3. Climat de la Mina

L'analyse du climat de la Mina est effectuée sur la base des données de la station climatique de la station de Matmore (Oued Mina). Ces données climatiques couvrent une période de 33 ans, allant de 1977 à 2010.

Les coordonnées géographiques de la station climatique du barrage de sidi M'hamed Benaouda sont les suivantes :

Longitude, E=304,3km

Latitude, N=272,2km

Altitude, Z=75m

III.3.1. Pluviométrie

L'analyse pluviométrique de la région de la Mina déduite à partir des précipitations (Tableau 2 et figure 8) est résumée par les points suivants sur la période 1977à 2010 :

a) Le mois de novembre est le mois le plus pluvieux (35,2mm) sur une moyenne de 33 ans.

b) Le mois de juillet enregistre la plus faible pluviosité dans l'année avec une pluviométrie égale à 1,2 mm (**fig 8**).

c) Bien que la période estivale soit la moins pluvieuse dans l'année, celle-ci enregistre des pluies tombant sous forme d'averses de forte intensité. Ces pluies interviennent en période hivernale comme en période estivale, dans le processus de dégradation et d'érosion du sol.

Tableau 2 : Données pluviométriques de la station Matmore Oued Mina (1977-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Pluies mm	31,4	31,8	24,2	24,7	23,2	4,2	1,2	2,8	10,9	22,2	35,2	27,3	229,1

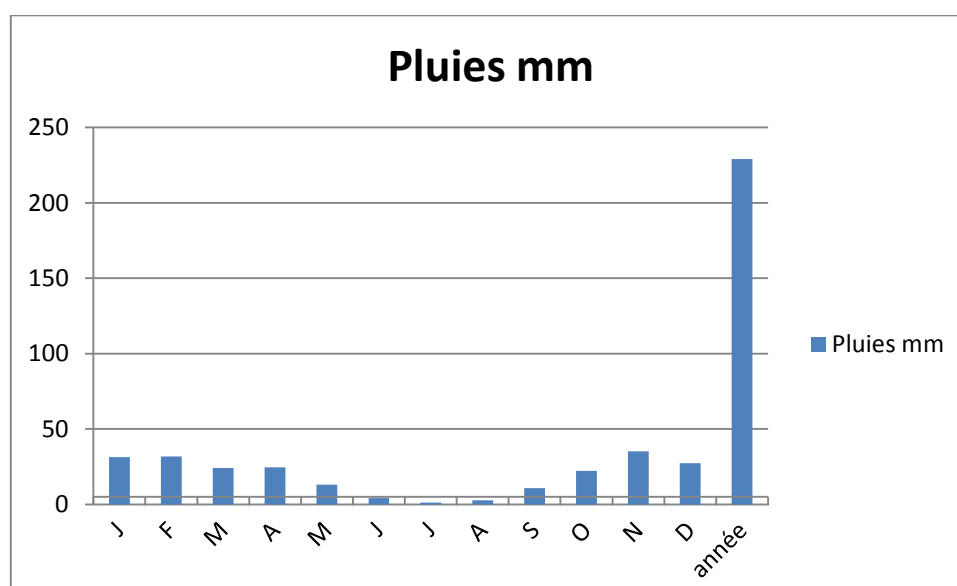


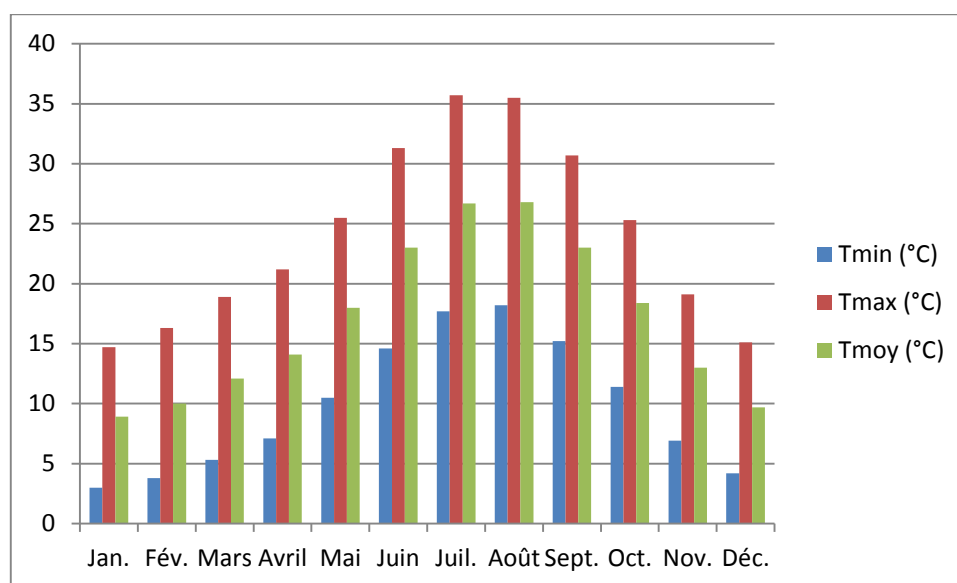
Figure 8: Histogramme de la pluviométrie, station Matmore, Oued Mina (1977- 2010)

III.1.3.1. Les températures

Le régime thermique se caractérise par de très importantes amplitudes journalières (la différence est de 26,8 °c entre la moyenne des maxima et la moyenne des minima au cours du mois d'Août) et mensuelle (26,8°c d'écart entre la température moyenne du mois d'Août, et celle du mois de janvier). La température la plus basse observée en 33 ans a été de 9,7°c au mois de décembre et la température la plus élevée est de 26,8°c au mois d'Aout (figure 9). Le passage des basses températures de la saison froide aux hautes températures de la saison chaude est brutal, les saisons intermédiaires, étant très courtes. L'influence marine est donc faible. Ce régime thermique est du type continental.

Tableau 3 : Température moyenne mensuelle des minimums et maximums en °C de la station Matmore Relizane (1977-2010).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Tmin (°C)	3	3,8	5,3	7,1	10,5	14,6	17,7	18,2	15,2	11,4	6,9	4,2
Tmax (°C)	14,7	16,3	18,9	21,2	25,5	31,3	35,7	35,5	30,7	25,3	19,1	15,1
Tmoy (°C)	8,9	10	12,1	14,1	18	23	26,7	26,8	23	18,4	13	9,7

**Figure 9 : Histogramme des Températures mensuelles à la station de Matmore (1977-2010), Source :O.N.M Alger, 2013.**

III.1.3.2. Courbes ombrothermiques

La courbe ombrothermique de la station de Matmore , entre 1977 et 2010, montre une longue période de sécheresse qui s'étale sur 8 mois, allant du mois de mars au mois d'octobre, cette période se caractérise par une forte demande en eau d'irrigation pour satisfaire les besoins du secteur agricole (fig10).

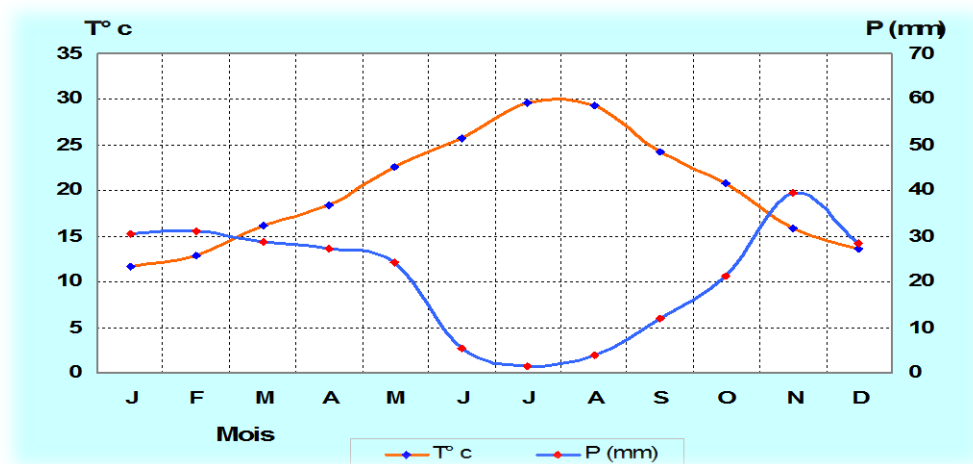


Figure 10 : Diagramme ombrothermique, station Matmore, Oued Mina (1977-2010)

III.1.3.3. L'humidité relative

L'humidité relative de l'air est généralement plus élevée le matin pour tous les mois. Elle se situe entre 60 et 75 % en hiver et près de 35 % en été. Le mois le plus humide est le mois de décembre ; par contre, le mois le plus sec est le mois de juillet.

III.1.3.4. Les vents

La connaissance de leur direction, force et fréquence est importante pour la mise en valeur agricole d'un périmètre. Pendant les mois du septembre à avril, les vents froids sont dominants du secteur Sud à Sud-Est et les mois d'Avril à Mai se caractérisent par les vents chauds du secteur Ouest.

III.1.3.5. Les gelées

Le problème des gelées est important pour les cultures surtout maraîchères. Elles sont liées aux températures. Les données des mois de décembre, janvier et février montrent que la température moyenne brute des minima descend au-dessous de 0°C. Le nombre de jours de gelées blanchâtres est estimé à environ 40 jours par an.

III.1.3.7. Le sirocco

Comme les gelées, le sirocco est particulièrement important, il se manifeste en été, surtout durant les mois de juillet et Août.

On estime à 20 jours de sirocco par an pour le périmètre de la Mina.

III.1.4. Conclusion

La plaine jouie d'un climat continental du fait de sa position en cuvette entourée de massifs montagneux. La pluviométrie est très faible et très irrégulière et les besoins en eau des cultures sont importants.

III.2. Caractérisation du milieu

III.2.1. Géologie

Le site d'étude fait partie de la plaine du Mina. Cette plaine est un bassin déprimé bordé au Sud à l'Est et à l'Ouest de montagnes.

Au Nord-Ouest, par les monts de Bel-Hacel qui sont formés, dans leur partie drainée vers la plaine de grés pliocènes et de désagrégation de ces grés (sables du plateau de Mostaganem) qui peuvent donner des dunes (région Nord-est de Hillil), le piedmont de cette zone est encroûté (croûte calcaire).

Au Sud, les monts de Guerbouça sont formés de grés dans leur partie occidentale et de grés et marnes pliocènes. Ces formations se raccordent à la plaine par un glacis encroûté.

Au Sud et à l'Est, la vallée est bordée de massifs érodés de marnes Miocènes (Helvétienes) à petits cristaux de gypse.

Au niveau de la confluence de l'Oued Mina et de l'Oued Malah, la vallée est bordée à l'Ouest par les collines de Relizane formées de grés et de poudingues et localement encroûtées.

Sur la partie Sud et Sud-Ouest de Oued Djemâa, les affleurements de marnes et d'argiles miocènes, se raccordent à la plaine de Relizane par un glacis de piedmont ancien, recouvert d'une croûte calcaire. A l'Est et au Sud-est, les monts environnants sont formés de marnes et argiles miocènes.

III.2.2. Géomorphologie

On peut distinguer 4 types de formations géomorphologiques dans la plaine de la Mina :

a) Les glacis de piedmont

Il s'agit de formations colluviales de piedmont s'appuyant sur des versants, de topographie régulière ou peu ondulée, se raccordant en aval à des formations colluviales d'âge différent ou à des alluvions. Ce sont des formations recouvertes d'une croûte calcaire épaisse et durcie du quaternaire ancien.

- Ces glacis encroûtés entourent la plaine d'Hillil, la plaine de Touila-Khaourara et forment le piedmont en bordure de la plaine de l'oued Djemâa. Un lambeau de glacis encroûté isolé est localisé entre les oueds Mina et Malah, au sud de la confluence.

- A ces glacis de piedmont encroûtés peuvent être emboîtés vers l'aval des glacis plus récents colluviaux portant des sols à encroûtement calcaire en profondeur ou présentant une accumulation de calcaire sous forme de nodules ou d'amas apparaissant vers 60cm de profondeur.

b) Les alluvions

Il s'agit de formations déposées par les oueds qui coulent dans la plaine de (Hillil, Mina, Malah et Djemaa). La texture variable de ces alluvions est sous la dépendance de la lithologie de l'arrière-pays drainé vers la plaine.

Dans les zones basses, les alluvions deviennent plus argileuses ; dans la zone d'épandage de l'oued Hillil, vers le centre de la plaine, les sols de la rive gauche sont de texture moyenne ; ils deviennent de texture fine et sont mal structurés dans la rive droite ou ils présentent un encroûtement calcaire de nappe le long de la voie ferrée. Elles sont moyennement salées dans la limite Est.

Les alluvions déposées par les oueds sont salées dans certaines zones et cela provient du fait que certains oueds ont raviné des formations géologiques salées (marnes à gypse miocène du bassin versant de la Mina, massif de gypse du trias du bassin versant de l'oued Malah).

Les alluvions salées sont localisées dans la vallée de l'oued Malah, la plaine de khaourara, la vallée de la Mina et la partie sud de la Sebkha de Ben Ziane.

c) Les cônes déjections des oueds

Les bordures géologiques de la région sont ravinées par des petits oueds qui déposent un cône de matériaux de texture variable à l'aval.

d) Les couvertures sableuses

Il s'agit de dépôts sableux épais d'origine éolienne, provenant de la désagrégation des grès pliocènes. Ces dépôts sont localisés dans la plaine d'Hillil au pied du massif de Bel Hacel au nord-ouest du village d'Hillil.

III.2.3. Hydrogéologie

Dans la plaine de la Mina, il y a une distinction nette de deux nappes superposées contenues dans le complexe alluvio-plio-quaternaires :

- Les nappes superficielles libres contenues dans les formations alluvionnaires du quaternaire.
- Les nappes profondes captives contenues dans les formations plio-quaternaires.

Les nappes superficielles sont contenues surtout dans la formation alluvionnaire du quaternaire récent. Elles sont utiles pour l'irrigation et localement pour les besoins d'alimentation de quelques habitations éparses dans la plaine de la Mina.

Au sujet de ces nappes, AUBERT (1943), a fait remarquer qu'il n'y a pas une seule nappe continue, mais plutôt une série de nappes dont le cloisonnement dépend surtout de la constitution physique des alluvions. La notion d'une nappe unique ne correspond pas à la réalité ; il y a autant de niveaux aquifères que de niveaux relativement perméables.

Le réseau hydrographique est constitué par deux oueds principaux drainent la plaine de la Mina.

L'oued Hillil à l'ouest et l'oued Mina au centre. Ce dernier reçoit un affluent salé au sud du périmètre oued Malah. Les lits de ces oueds sont encastés dans la terrasse alluviale récente à un niveau inférieur à 10m avec des bords escarpés et très abrupts. Ces oueds sont pratiquement à sec pendant la période estivale.

III.2.4. Topographie de la zone d'étude

Le paysage de la zone d'étude présente une morphologie très légèrement ondulée. L'altitude de celle-ci varie entre 60 et 70 mètres avec des pentes dépassant très rarement les 2%.

III.2.4.1. La végétation

-La végétation naturelle

La zone d'étude est colonisée par la végétation naturelle, composée de plantes halophytes comme *Atriplex*, *Suaeda fruticosa* et *Salsola Vermiculata*, avec une association d'espèces moins tolérantes à la salinité. Ces espèces appartiennent à la famille des graminées. L'ensemble constitue le cortège floristique du paysage avec la décroissance de la salinité.

-Les cultures pratiquées

Dans cette région et plus particulièrement au niveau de la zone d'étude, cette plaine n'a jamais été cultivée depuis la colonisation française jusqu'au lancement du programme national du fond de développement agricole et rural (PNFRDA).

Une enquête a été effectuée avec le propriétaire de la parcelle sur les modalités d'affectation et les techniques appliquées pour rendre la parcelle exploitable.

L'exploitation est choisie sur la base de leur connaissance de terrain en matière de végétal développé sur le lieu suivant le degré de la salinité. A partir de 1992, l'agriculteur exerce des labours moins profonds périodiques pendant trois ans pour la détérioration des végétations spontanées ou prédominantes *Atriplex Halimus*, *Salsola Vermiculata* et *Suaeda fruticosa*, cette opération s'appelle metaoua. Après, il pratique des cultures de céréale et de fourrage pour ameublir le sol et l'enrichir en éléments fertilisants afin de le rendre apte aux plantations arboricoles.

Actuellement, la parcelle est plantée en oliviers, grenadiers. Une partie de la superficie est réservée à la culture de céréales avec des cultures maraîchères utilisées en assolement.

Chapitre IV

Matériels et méthodes

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

IV.1. Introduction

Cette partie est consacrée à la description de la zone d'étude, de la méthodologie utilisée, des techniques analytiques et des différentes méthodes de traitement des données.

IV.2. Description de la zone d'étude

L'expérimentation s'est déroulée au niveau d'une zone salée de la plaine de Relizane, à environ 03 km à l'Ouest de la ville de Relizane et 5 Km à l'Est de la ville d'El Matmar (Fig 11).

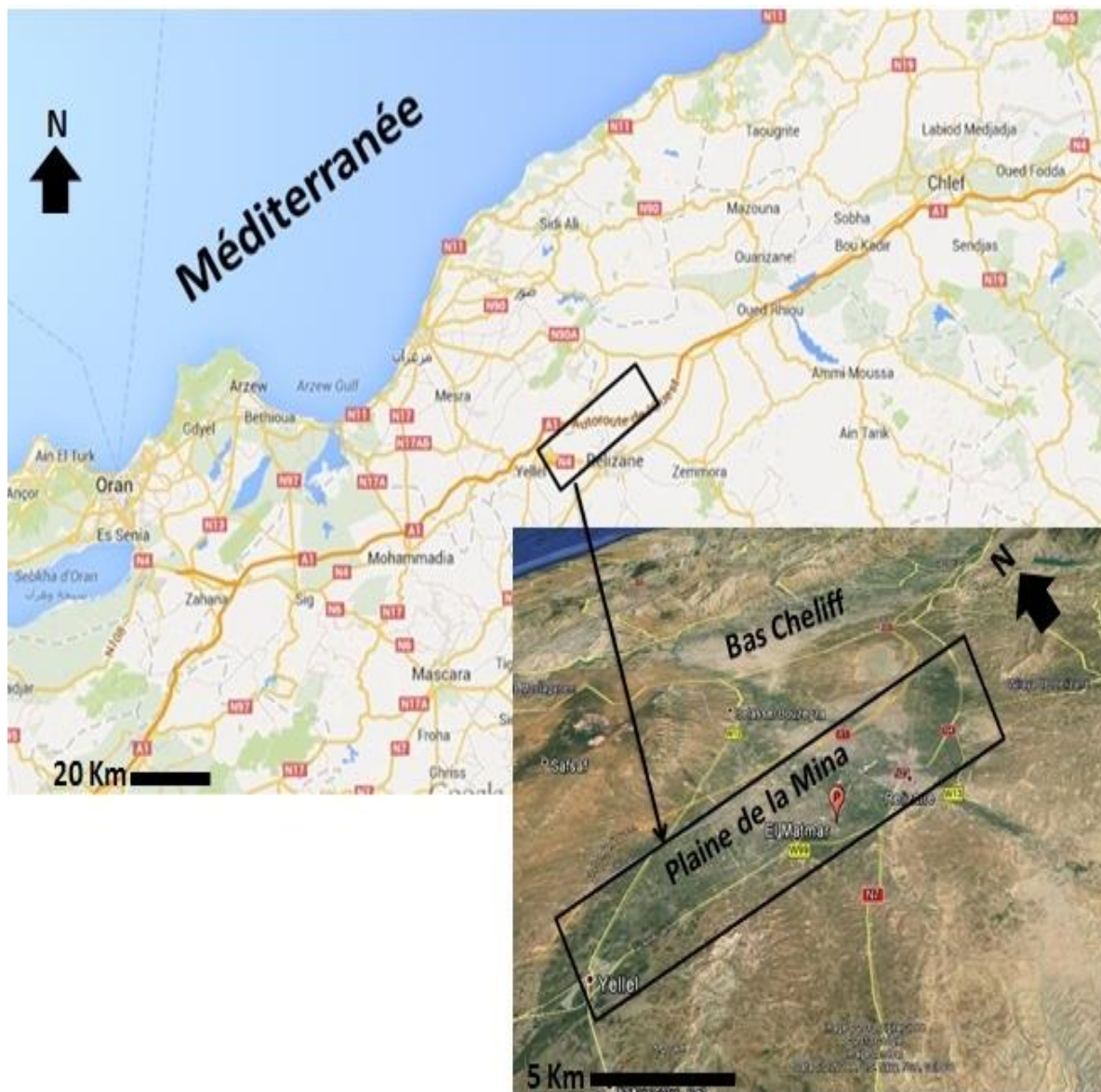


Figure 11. Situation géographique de la zone

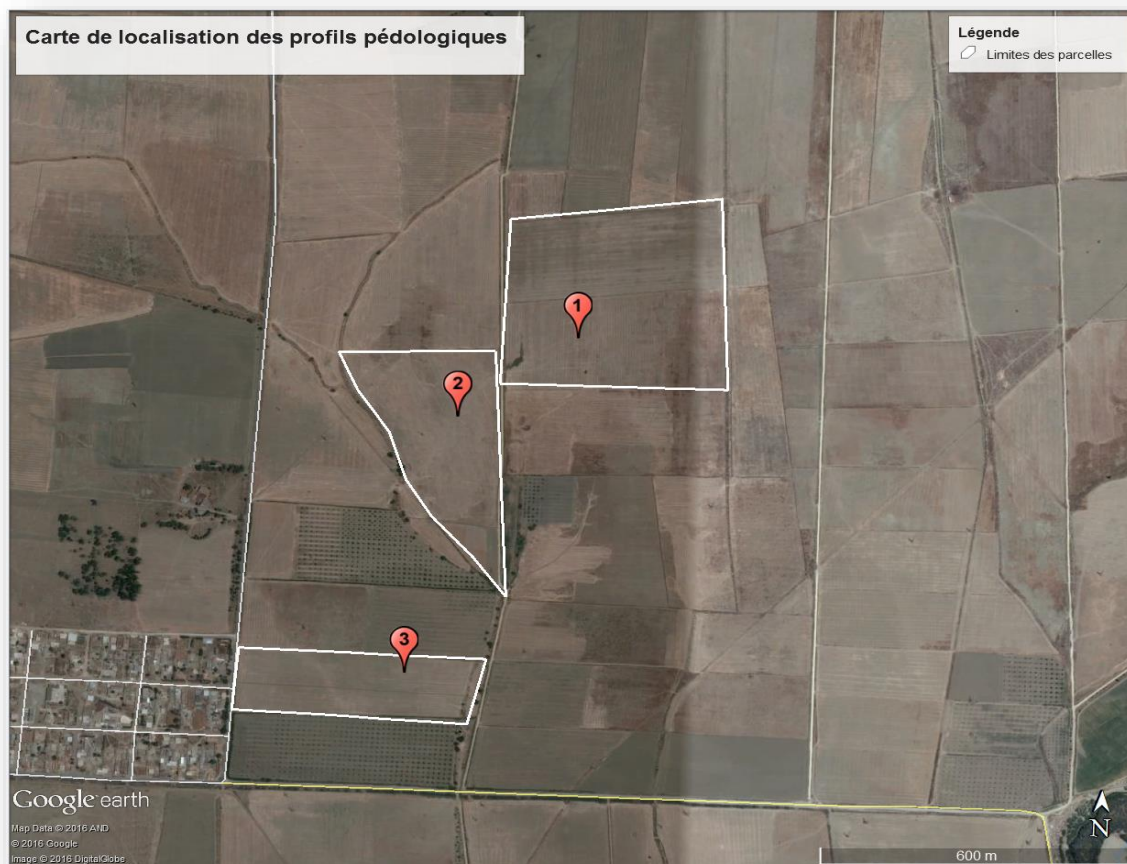


Figure 12. Carte de localisation des profils pédologiques (Source Google Earth, 2016)

IV.3. Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, la démarche utilisée comporte quatre étapes :

- Analyse des documents de base ;
- Implantation et description des profils pédologiques ;
- Les analyses de laboratoire ;
- Le traitement des résultats morpho-analytiques des profils et classification des sols.

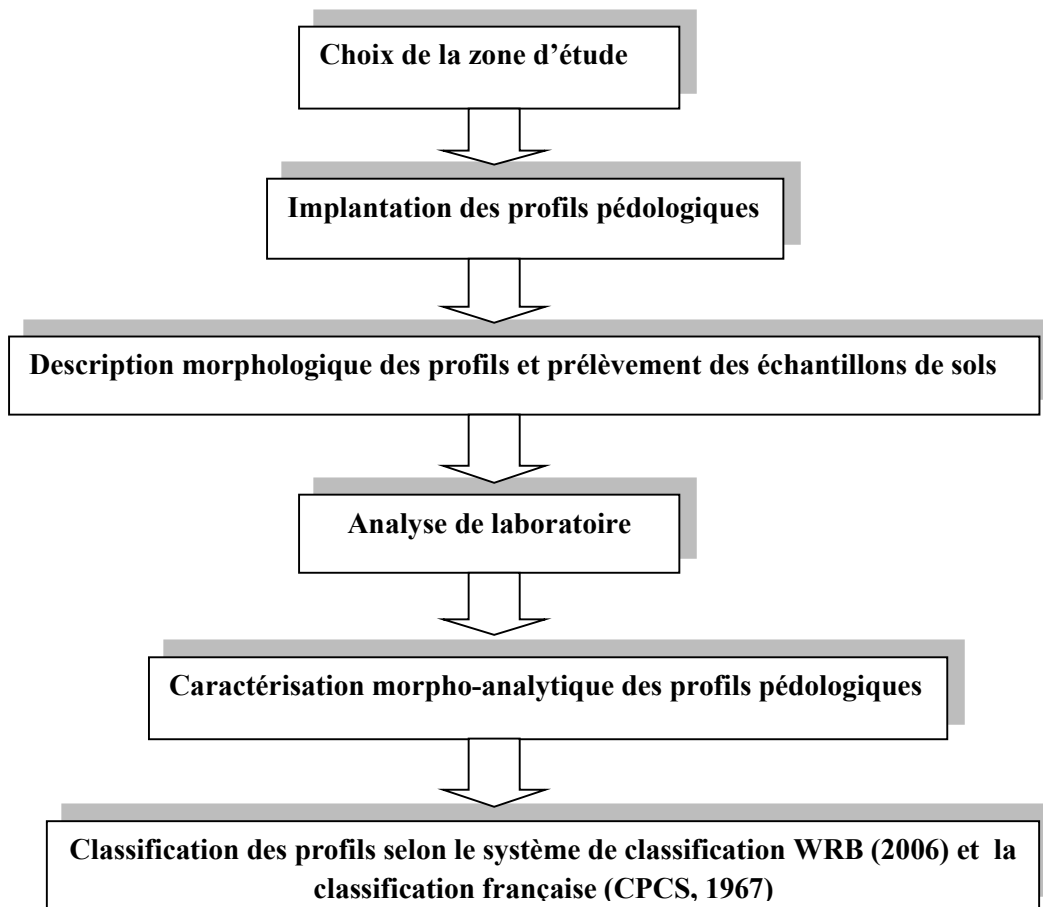


Figure 13. Schéma Méthodologique

IV.3.1. Analyse des documents de base

Cette étape concerne l'examen des documents disponibles ainsi que les études réalisées dans la zone d'étude. Elle concerne :

L'étude sur la caractérisation de l'état actuel de la salinité dans le périmètre irrigué de la Mina (INSID, 2008).

IV.3.2. Implantation et description du profil

❖ Phase de terrain

L'objectif visé par cette étude est de référencier des profils salés dans la plaine de la Mina. Connaissant la forte salinité qui caractérise les sols de cette région d'Algérie, nous avons réalisé une sortie, sur terrain, au niveau la plaine de la Mina(Relizane), en se basant sur les documents de base de l'étude réalisé par l'INSID(2008).

La prospection de la zone d'étude à été effectuée, le 15 et 21 février de l'année 2016. Trois fosses pédologiques de 150cm de profondeur ont été ouvertes, et leur description a été

réalisée selon les paramètres suivants : l'épaisseur de l'horizon, la couleur, l'humidité, les tâches, les revêtements, les cristaux, les nodules, les ciments, les fentes, les éléments grossiers, la texture, la structure, l'effervescence à l'HCl, la porosité, la salure, la matière organique, l'enracinement, les traces d'activités.

Pour chaque horizon, délimité, des échantillons de sol ont été prélevés, en commençant par les horizons sous-jacents, vers les horizons de surface, pour éviter de contaminer les échantillons issus des horizons de profondeur.

Les échantillons de sol prélevés ont été codés et mis dans sachets en plastique bien fermés, et envoyés pour les analyses de laboratoire à l'Institut National des Sols, Irrigation et Drainage (INSID) d'El Matmar (Relizane).

❖ Phase de laboratoire

La quantité de sels a été estimée par extraction des échantillons de sol à l'eau sous forme de pâte saturée, la conductivité électrique de cet extrait, nous avons ensuite déterminé le bilan ionique de l'extrait de la pâte saturée par la mesure des cations et des anions de la solution du sol, nous avons ensuite mesuré la CEC et le Na^+ échangeable après de déterminer la pâte saturée extrait, la granulométrie, la matière organique et calcaire total et actif de chaque échantillon ont été déterminées au laboratoire.

IV.3.3. Analyses de laboratoire

IV.3.3.1. L'analyse physique

- 1) **la granulométrie** : a été réalisée par la méthode à la pipette de Robinson (**photo. 01**). Elle consiste tout d'abord à détruire la matière organique à l'eau oxygénée (H_2O_2) et à disperser l'argile par l'héxamétaphosphate de sodium. La texture du sol est ensuite déterminée, en séparant les fractions granulométriques: les limons grossiers (20 à 50 μm) et fins (2 à 20 μm) ; les argiles (0 à 2 μm), les sables fins (50 -200 μm) et grossiers (200-2000 μm).

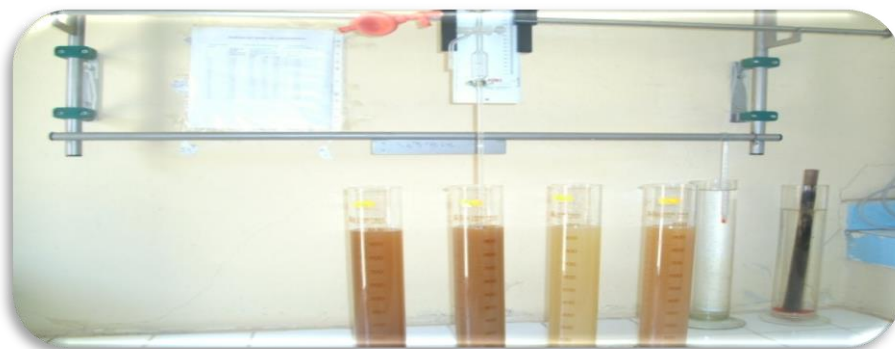


Photo 1. La pipette de Robinson

IV.3.3.2. Analyses chimique

➤ Réalisation de l'extrait de pâte saturée

Dans une capsule de porcelaine on pèse 200g de sol. Ensuite, à l'aide d'une éprouvette graduée remplie d'eau distillée, on humecte le sol et on le mélange à l'aide d'une spatule, on ajoutant avec précaution de l'eau jusqu'à l'obtention d'une pâte satisfaisant les conditions suivantes :

- ✓ Elle doit couler lentement, lorsqu'on incline la capsule ;
- ✓ Sa surface doit être brillante ;
- ✓ Elle doit se détacher librement de la spatule.
- On note le volume d'eau versé.
- On rassemble cette boue au fond de la capsule en ménageant un trou de 2 à 3 cm³. Après une heure, si de l'eau s'est rassemblée dans le creux, le point de saturation a été dépassé, il convient d'ajouter de la terre (on notant le poids) et de renouveler les trois tests précédents.
- On laisse reposer pendant 4 heures en couvrant d'un papier filtre humide ou d'un film plastique fin pour éviter l'évaporation.
- On procède ensuite à la centrifugation de la pâte saturée, pendant 10 minutes, à 3000 tours/minute, dans des supports de godets (de 250 à 500 ml) préalablement tapissés tapissés de film plastique pour éviter les pollutions.
- Après séparation par centrifugation, on récupère l'aliquote et on mesure, ensuite, la conductivité électrique à l'aide d'un conductivimètre de pailleasse
- On procède, ensuite à une filtration de l'aliquote, sur papier filtre sans cendre, afin d'éliminer les es fragments de matière organique. La solution doit être parfaitement limpide.
- Les volumes récupérés sont généralement faibles mais les solutions sont concentrées. A cet effet, on effectue des dilutions (1/50ou 1/100) après avoir mesuré la conductivité électrique. Cette solution est destinée aux analyses du bilan ionique (cations et anions solubles).



Photo 2. Préparation de la pâte saturée



Photo 3. Extraction des sels par Centrifugation



Photo 4. Mesure de la CE de l'extrait obtenu

2) Le pH du sol : a été effectuée par un pH-mètre. (Annexe2)



Photo 5. pH mètre

- 3) **Le dosage du calcaire total et actif (en %)** a été réalisé par le calcimètre Bernard (Annexe 1) ;
- 4) **La matière organique** est déterminé par dosage du carbone organique par la méthode Anne en appliquant la formule ($M0\% = C * 1,72$) (Annexe3);
- 5) **Le dosage des anions solubles** à partir de l'extrait de la pâte saturée du sol :
 - ✓ Les carbonates (CO_3^{2-} en meq.l^{-1}) et les bicarbonates (HCO_3^- en meq.L^{-1}) sont dosés par titrimétrie avec du H_2SO_4 ;
 - ✓ Les sulfates (SO_4^{2-} en meq.l^{-1}) sont dosés par la méthode gravimétrique par précipitation sous forme de sulfate de Baryum (BaSO_4) ;
- 6) **Dosage des cations solubles** à partir de l'extrait de la pâte saturée du sol ;
 - ✓ Le calcium Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+ (exprimés en $\text{meq}/100\text{g}$ de sol) sont dosés, par l'absorption anatomique ;
- 7) **La détermination des bases échangeables et la capacité d'échange** Pour les sols salés et calcaires, la CEC est déterminée par la méthode de BOWER, selon les étapes suivantes : Utilisation d'acétate de sodium pour l'extraction de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ .

- Lavage à l'éthanol.
- Déplacement de sodium par une solution d'acétate d'ammonium et détermination de la CEC en meq/100g de sol.

$$CEC = X * 200/1000 * 100/5 = 4 * X.$$

X : la concentration de Na⁺ du percolât en meq/l.

IV.3.4. Etude de la variabilité spatiale de la salinité

Les statistiques descriptives ont été utilisées pour appuyer l'interprétation des variables en tenant compte de la corrélation et de la localisation des échantillons.

IV.3.4.1. Le coefficient de variation

En analyse statistique classique, le coefficient de variation est souvent utilisé pour décrire et étudier la variabilité des propriétés physico-chimiques des sols. Il ne rend toute fois pas compte de la nature de la loi de distribution dont la connaissance est essentielle pour traiter des données en termes de valeurs moyennes ou de probabilité d'avoir une valeur inférieure à une certaine limite (**Vauclin, 1982**). L'approche géostatistique fournit un outil moderne pour comprendre le modèle de variabilité spatiale des sols en analysant la dépendance spatiale ou temporelle des échantillons (**Trangmar et al, 1985**).

Lorsque l'on obtient un C.V. faible, il est inutile d'augmenter le nombre d'observations pour mieux définir la loi de distribution car l'erreur commise est faible. En revanche, pour un C.V. élevé, la détermination de la loi de distribution est impérative puisque que l'on ne peut a priori assimiler mode et moyenne (**Vauclin, 1982**).

Cinq classes, basées sur la valeur du CV, sont proposées par **Nolin et al (1997)** pour qualifier l'intensité de la variabilité des sols (**Tab 04**).

Tableau 04. Classes d'intensité du coefficient de variabilité (**Nolin et al, 1997**).

Intensité de la variabilité	Coefficient de variabilité
Faible	≤ 15
Modéré	15- 35
Elevé	35- 50
Très élevé	50-100
Extrêmement élevé	≥ 100

Chapitre V

Résultats et discussions

Chapitre V : Résultats et discussion

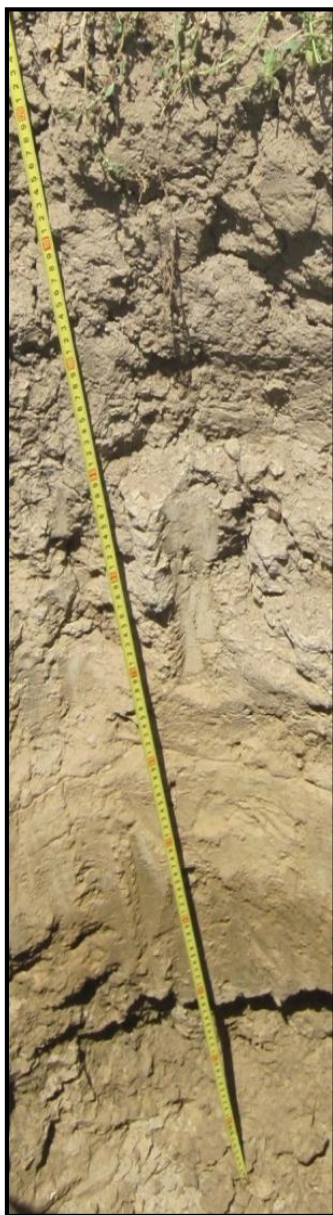
V.1. Introduction

L'étude pédologique a conduit à l'observation de trois profils de sols, répartis sur trois parcelles d'une exploitation agricole, située dans la partie nord de la plaine de la Mina (Relizane).

Le volet de cette partie est réservé à la présentation et la discussion des paramètres morphologiques et analytiques des sols de la parcelle d'étude qui sont présentées et discutées dans le détail.

V.2. Caractérisation du profil 1

V.2.1. Données générales



-**Coordonnées géographiques** : 0° 29' 54'' longitude Est et 35° 45' 49.6'' de latitude Nord;

-**Altitude** : 57 m ±4 m;

-**Date de description**: 15/02/2016 ;

-**Temps** : Ciel clair ;

-**Précédent climatique** : Il n'a pas plu dans la région les jours précédents ;

-**Topographie** : Terrain plat ;

-**Matériaux d'origines** : Alluvions ;

-**État de surface** : Terrain labouré.

V.2.2. Description morphologique du profil 1

Horizon 1 (0 à 40cm) : Sec; couleur à l'état sec 10 YR 5/3, limono-sableux; structure polyédrique subangulaire; poreux; plastique; collant; peu compacte; peu friable; absence d'éléments grossiers; moyennement organique; présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière.

Horizon 2 : (40 à 60cm) : Sec; couleur à l'état sec 10 YR 6/3, limono-argileux; structure polyédrique subangulaire; peu poreux; plastique; collant; très compacte; très peu friable; absence d'éléments grossiers; moyennement organique; présence de racines fines, activité biologique moyenne ; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière.

Photo 6. Profil 1

Horizon 3 : (60 à 90 cm) : frais; couleur 10YR 6/4; limoneux fin ; structure massive; compact; peu friable; collant; plastique; peu poreux; absence d'éléments grossiers; non organique; présence de traces noirâtres correspondant à des anciennes racines, faible activité biologique; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition régulière et nette.

Horizon 4 : (90 à 110 cm) : humide; couleur 10YR 6/4; limono-sableux; structure granulaire; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; présence de tâches d'oxydo-réduction; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

Horizon 5 : (110 cm-150cm) : humide; couleur 10YR 6/4; limoneux fin; structure granulaire; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; présence de tâches d'oxydo-réduction plus importantes que l'horizon sus-jacent; vive effervescence à l'Hcl généralisée.

Ce profil est développé sur les alluvions, sa profondeur est supérieur à 150cm. il est caractérisé par la présence de fentes et l'apparition d'une fine couche de pseudo- sable à la surface de sol. Le profil est caractérisé par la présence de accumulations salins dans les horizons sus-jacent, ainsi que de fortes d'oxydo-réduction à partir de 60cm.

-L'horizon de surface : est un horizon cultural, moyennement organique. il se distingue par sa structure polyédrique subangulaire et sa texture limono-sableux.

-L'horizon de sub-surface : se distingue du premier par sa structure polyédrique subangulaire, et moyennement de l'activité biologique.

- Le troisième horizon : se caractérise par une structure massive, sa texture limoneuse, les taches blanchâtres présence sous forme de pseudo-mycéliums

-Le quatrième horizon : se caractérise par une structure granulaire, sa texture limono-sableux, la présence de tache blanchâtre.

-L'horizon de sous-jacent : distingue par structure granulaire et sa texture sableuse, et présence de forte tache d'oxydo-réduction.

V.2.3. Résultats analytiques du profil 1

V.2.3.1. Propriété physico-chimiques du profil 1

Les résultats analytiques sont présentés dans le **tableau.1 de l'Annexe.4.** et les résultats statistiques sont présentés dans le **tableau.5.**

-Le calcaire

Les teneurs en calcaire sont homogènes au niveau du profil, elles varient de 14,85% à 18,25% pour le calcaire total et de 1,25% à 3,75 %, pour le calcaire actif, avec une moyenne respective de 16,29 et 2,47% et un faible coefficient de variabilité pour le calcaire totale et élevé pour le calcaire actif. Le profil, est donc moyennement calcaire,

-La matière organique

Le taux de matière organique augmente avec la profondeur, et varie entre 1,97 %, en profondeur à 1,23 % dans l'horizon cultural, avec une moyenne de 1,79 % et un coefficient de variabilité modéré de (17,89%). Donc le sol est pauvre en matière organique.

-La granulométrie

Nous remarquons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limono-sableuses. Dans l'horizon de surface, les argiles et les sables ont pratiquement les mêmes variétés qui respectivement de 18,12% et 20,93%. Dans l'horizon médiane, la fraction argileuse sableuse prédomine avec des valeurs qui varient entre 24,29% et 24,74%, la fraction argileuse est peut représenter et varie entre 5,25% à 24,29%. Nous observons au niveau des horizons de profondeur une diminution de la fraction sableuse et une augmentation appréciable de la fraction limoneuse (14,93% à 63,55%) et fraction argileuse 21,52%. tous les horizons ont des textures de limono-sableuse, sauf l'horizon médiane où elle est limono argileuse et l'horizon de profondeur où elle est limoneuse (**Fig.14**).

Tableau 5. Statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques du profil 1

Paramètres	M0 %	Calcaire totale (%)	Calcaire actif (%)	Granulométrie (%)		
				Argile	Limon	Sable
<i>Moy</i>	1,79	16,29	02,47	18,32	51,02	28,65
<i>Max</i>	01,97	18,25	03,75	24,29	63,55	67,62
<i>Min</i>	01,23	14,85	01,25	05,25	27,12	14,93
<i>CV %</i>	17,89	08,95	46,89	41,70	28,75	77,39

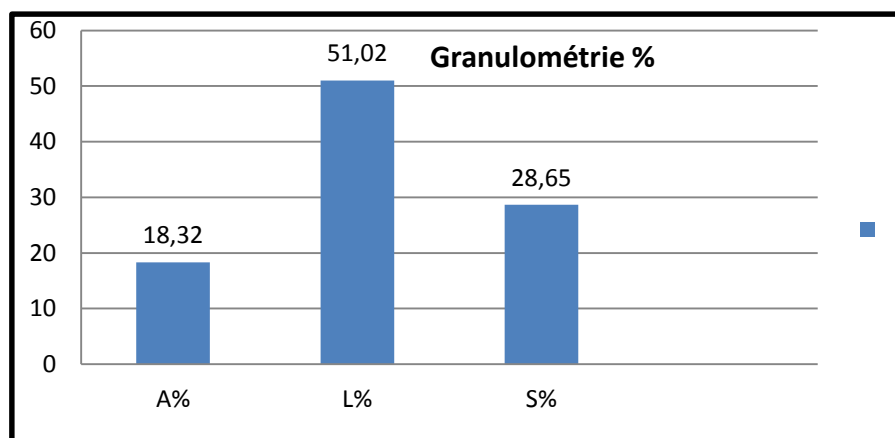


Figure 14. Représentation graphique du résultat de la granulométrie.

V.2.3.2. Propriété CEps, CEC, ESP, pH

Les résultats analytiques sont présentés dans le **tableau.2 de l'Annexe.4.** et les résultats statistiques présentés dans le **tableau.6.**

-La conductivité électrique

La distribution des sels, en fonction de la profondeur, que nous relevons une forte salinité dans la profondeur de (CEps= 22,4dS/m) par rapport à l'horizon de surface (CEps= 10,25dS/m).

Cette CE est plus faible que celle des autres horizons du profil. Ce phénomène serait dû à une lixiviation des sels provoquée par les pluies avec une moyenne 13,55 dS/m, et qui se seraient accumulés au niveau des horizons de profondeur, provoquant une augmentation de la CE (CEps=14,05 dS/m), au niveau de l'horizon médian, C'est un profil descendant par (**Servant 1975**).

-La capacité d'échange cationique

Les valeurs de la capacité d'échange cationique sont comprises entre 5,70 et 13,26 meq/100g de terre. La moyenne de la CEC est de 10,88 (meq/100g) et le coefficient de variation est modéré de 28,70% (**fig.15**).

-Le pourcentage de sodium échangeable

La moyenne de l'ESP, dans le profil est de 41,63% avec un coefficient de variabilité modéré de (31,96%). Les pourcentages de sodium échangeable ESP >15%, au niveau de chaque horizon, suggèrent que tous les horizons de profil sont sodiques (**USDA, 2010**) (**fig.16**).

-Le pH

Les résultats montrent que le pH est supérieur à 8, avec une moyenne de 8.38. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol relativement alcaline, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

Tableau6: descriptions statistiques des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 1

paramètres	CEps (dS/m)	CEC (meq/100g)	ESP (%)	pH
<i>Moy</i>	13,55	10,88	41,63	08,38
<i>Max</i>	22,4	13,26	57,23	08,74
<i>Min</i>	08,43	05,70	30,98	08,21
<i>CV %</i>	39,79	28,70	31,96	02,59

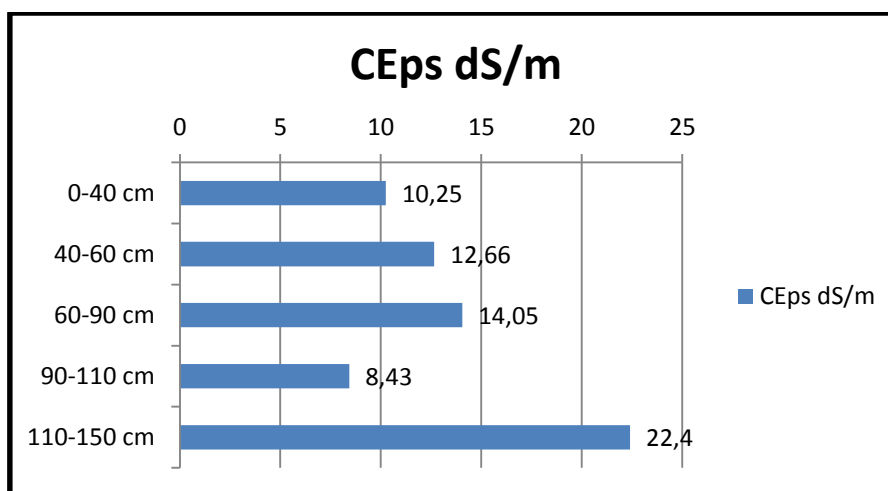


Figure 15. Représentation graphique du résultat de la CEps

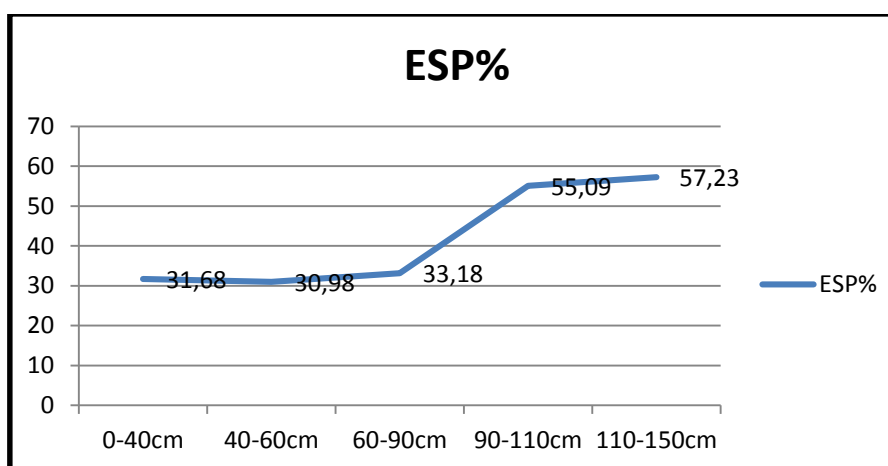


Figure 16. Représentation graphique du résultat d'ESP

V.2.3.3. Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol indiqués dans le **tableau.3** de l'**Annexe.4**.et le **tableau.7**.

-Le SAR

Les valeurs du SAR varient de 30,1 pour le troisième horizon à 36,54 pour les horizons de profondeur. Les valeurs du SAR sont faibles dans les horizons de surface, par rapport à ceux, en profondeur. Ceci est dû, probablement, aux valeurs de la CE, qui sont aussi plus faibles (10,25 dS/m), en surface par rapport à celles, en profondeur (22,4 dS/m).

-Les cations de la solution de sol

La **figure 17** montre que le cation Mg^{+} est représenté avec un taux moyen de 44,74 % et une concentration qui varie entre 31,09 et 66,64 meq/100g et un coefficient de variabilité modéré de 34,84 %, et le Ca^{++} vient en deuxième position avec une moyenne de 23,39 %, et des concentrations qui varient entre 12,67 et 37,53 meq/100g et un coefficient de variabilité

élevé de 38,79 %, et le Na^+ se situe en troisième position avec un taux de 04,23 meq/100g et des concentrations qui varient entre 03,14 et 05,74 meq/100g, alors que le K^+ vient en dernière position avec un taux de 0,41 % et des teneurs qui varient entre 0,2 et 0,59 meq/100g

De ce fait, le classement des cations est de type : $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$.

-Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 18** l'anion Cl^- le plus représenté une moyenne de 109,4 % et une concentration qui varie entre 66 et 182 meq/100g. Le SO_4^{2-} vient en deuxième position avec une moyenne de 34,75 % avec des teneurs qui varie entre 12,84 et 51,36 meq/100g .et pour le HCO_3^{2-} vient en troisième position avec une moyenne de 0,62% et des teneurs qui varie entre 0,4 et 1 meq/100g.

De ce fait le classement des anions est de type : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-}$.

Tableau7.Statistiques descriptives des paramètres de la solution de sol du profil1

paramètres	Les cations (meq/l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^{2-}	CO_3^{2-}	
Moy	04,23	23,39	44,74	0,41	109,4	34,75	0,62	0	32,64
Max	05,74	37,53	66,64	0,59	182	51,36	1	0	36,54
Min	03,14	12,67	31,09	0,2	66	12,84	0,4	0	30,1
CV%	22,68	38,79	34,84	33,58	39,73	44,99	38,50	0	08,82

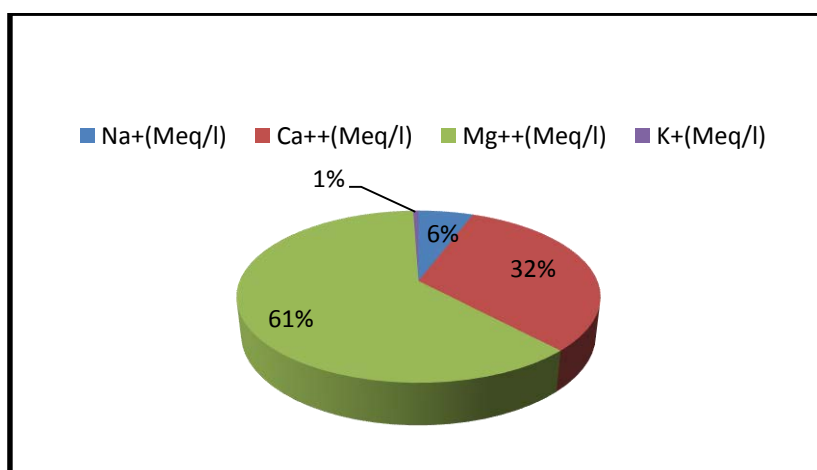


Figure 17 : Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 1

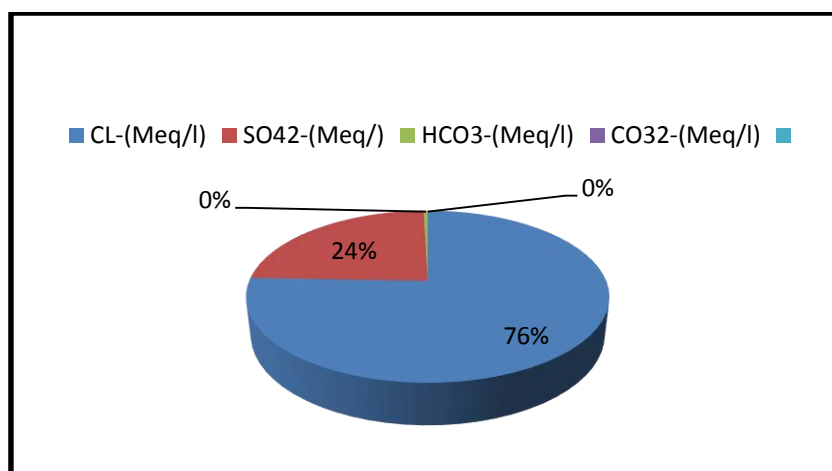


Figure 18 : Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 1

V.2.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 1

Les principales caractéristiques morphologiques et analytiques du profil étudié sont :

1) Du point de vue morphologique

Le profil 1 se caractérise par une structure polyédrique subangulaire dans l'horizon de surface, très peu fiable au niveau de l'horizon de sub-surface, et massive vers le troisième horizon, il se caractérise par la présence de taches blanchâtres qui correspondent à des accumulations des salins vers la profondeur.

La conductivité électrique est supérieure à 7ds/m dans tout le profil, concernant la texture, elle est dominée par limons (51,2%) dans tous les horizons de profil, le taux de matière organique augmente avec la profondeur et varie de 1,23% à 1,97%. Enfin, ce profil est partout calcaire avec des taux homogènes qui se situent autour de 16,29%.

2) Du point de vue analytique

Le profil 1 se caractérise par un profil salin descendant fortement salin ($08,34 \text{ ds/m} < \text{CEps} < 22,4 \text{ ds/m}$) et par un SAR ($30,1 < \text{SAR} < 36,54$), et le pH est également alcalin à alcalin ($8,21$ à $8,74$), et le pourcentage de sodium échangeable fort ($30,98\% < \text{ESP} < 57,23\%$).

V.2.3.5. Classification du profil 1

L'analyse des résultats morphologiques et analytiques du profil 1, suggère que ce sol remplit les conditions des critères diagnostiques du sous-classe salins à complexe sodique (Solonchaks sodique), tels qu'ils sont définis par la Classification française (CPCS 1967) et le système de classification WRB(2006).

Tableau 8. Critères diagnostiques du profil 1

profils	E (cm)	CEps (dS/m)	E × CEps	ESP%
profil	150 > 15	13,55 > 7	2032,5 > 450	41,63 > 15

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15 cm (150 cm) et la conductivité électrique est supérieure à 7 dS/m (13,55 dS/m).

Par ailleurs, le produit $E \times CE$ est supérieur à 450 (2032,5). De ce fait, le sol 1 est un Solonchak.

Pour classer ce sol à un niveau avancé dans la WRB (2006), nous avons adopté les préfixes et suffixes suivants :

Sodic : il y a plus de 15% de sodium échangeable (41,63%) ou plus de 50% de sodium et magnésium dans 50 premiers de profondeur sur une épaisseur comprise entre 17 et 150 cm ($31,68 < ESP < 57,23$). Il est donc sodic

Chloridic : ayant $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$

Siltic : ayant 50,94% de limon dans un horizon de plus de 30 cm d'épaisseur situé dans les 100 premiers cm du sol

Gleyic : il y a plus de 5% de taches de couleur d'oxydation dans les 100 premiers cm de sol de profondeur.

Ainsi le profil 1 est un Gleyic Solonchaks (Sodic, Chloridic, Siltic).

Il correspond aux **Sols Salins à Complexe Sodique** de la **Classification française (CPCS 1967)**.

V.3. Caractérisation du profil 2

V.3.1. Données générales

- **Coordonnées géographiques** : 0° 29' 45.1'' longitude Est et 35° 45' 43.9'' de latitude Nord;
- **Altitude** : 58 m ± 4 m;
- **Date de description**: 21/02/2016 ;
- **Temps** : Ciel clair ;
- **Précédent climatique** : Il n'y a pas plu dans la région les jours précédents ;
- **Topographie** : Terrain plat ;
- **Matériaux d'origines** : Alluvions ;
- **État de surface** : Terrain labouré.

V.3.2. Description morphologique du profil 2



Photo 7. Profil 2

Horizon 1 (0 à 30cm) : Sec; couleur à l'état sec 10 YR 6/3, argilo-limoneux; structure polyédrique nette; poreux; plastique; collant; peu compacte; peu friable; absence d'éléments grossiers; moyennement organique; présence de racines fines, forte activité biologique ; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière.

Horizon 2 : (30 à 64cm) : frais; couleur 10YR 6/3; limoneux fin ; structure massive; compact ; peu friable; collant; plastique; peu poreux; absence d'éléments grossiers; non organique; présence de traces noirâtres correspondant à des anciennes racines, faible activité biologique; présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition régulière et nette.

Horizon 3 : (64 à 80cm) : frais; couleur 10YR 6/4; limono-sableux structure grumeleuse; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

Horizon 4 : (80 à 120cm) : humide; couleur 10YR 6/4; limoneux structure polyédrique; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; présence de tâches d'oxydo-réduction; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulière.

Horizon 5 : (120cm-150cm): humide; couleur 10YR 6/4; argileux; structure polyédrique; moyennement friable; moyennement poreux; absence d'éléments grossiers; présence de tâches d'oxydo-réduction; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition nette et régulier.

Ce profil est développé sur des alluvions, sa profondeur est supérieure à 150cm. Le profil est caractérisé par la présence de fortes accumulations salines dans les horizons de profondeur, ainsi que de quelques tâches d'oxydo-réduction à partir de 30cm sous forme de pseudo-mycéliums, mais deviennent plus accentuées en profondeur.

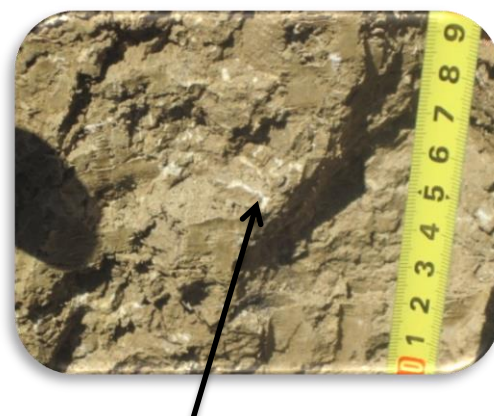


Photo 8. Accumulation salines

L'horizon de surface : est un horizon cultural, moyennement organique. Il se distingue par sa structure polyédrique nette et sa texture argilo-limoneuse;

L'horizon de sub-surface : se distingue du premier par sa structure massive, et non organique, et par la présence de tâches blanchâtres sous forme de pseudo-mycéliums

Le troisième horizon : se caractérise par sa texture limono-sableux, en présence d'une fraction de sable (62,86%), et une structure polyédrique.

Le quatrième : est limoneux et il se distingue par la présence de tâches d'hydromorphie (d'oxydo-réduction), plus accentuées à la base du profil.

L'horizon de sous-jacent : caractérise par une structure polyédrique, et sa texture argileux, et présence de taches d'oxydo-réduction, et transition nette et régulière.

V.3.3. Résultats analytiques du profil 2

V.3.3.1. Propriété physico-chimiques du profil 2

Les résultats analytiques sont présentés dans le **tableau.4 de l'Annexe.5** et les résultats statistiques sont présentés dans le **tableau.9**.

-Le calcaire

Les teneurs en calcaire sont homogènes au niveau du profil, elles varient de 14,85% à 19,52% pour le calcaire total et de 1,62% à 3,25%, pour le calcaire actif, avec une moyenne respective de 16,80% et 2,62 % et un coefficient de variabilité faible pour le calcaire totale et le calcaire actif. Donc la teneur en calcaire totale est trace.

-La matière organique

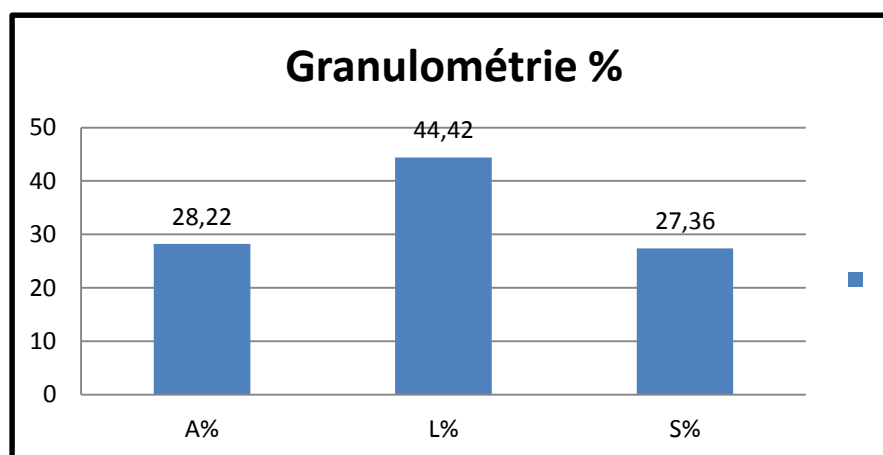
Le taux de matière organique diminue avec la profondeur, et varie entre 1,85% en profondeur à 2.04 % dans l'horizon cultural, avec une moyenne de 1,75 % et un faible coefficient de variabilité, cette forte teneur est due à l'abondance des débris végétaux dans les horizons superficiels du profil. Donc le sol est pauvre en matière organique.

-La granulométrie

Selon la **figure 19** nous remarquons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limono-argileuses. Dans l'horizon de surface, les limons et les argiles ont pratiquement les mêmes pourcentages qui, respectivement, sont de 50,03% et 42,73%. Dans le quatrième horizon, la fraction limono sableuse prédomine avec des valeurs qui varient entre 43,11% et 45,93%. Nous observons au niveau des horizons de profondeur une diminution de la fraction sableuse et une augmentation appréciable de la fraction argileuse (02,03% à 58,28%) et fraction limoneuse 39,68%. tous les horizons ont des texture ont des limoneux, sauf l'horizon de profondeur ou elle est argileuse.

Tableau 9. Statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques du profil 2

Paramètres	M0 %	Calcaire totale (%)	Calcaire actif (%)	Granulométrie (%)		
				Argile	Limon	Sable
<i>Moy</i>	01,75	16,80	02,62	28,22	44,22	27,36
<i>Max</i>	02,04	19,52	03,25	58,28	59,93	62,86
<i>Min</i>	01,42	14,85	01,62	07,78	29,36	02,03
<i>CV %</i>	12,86	14,79	24,61	76,75	25,74	95,39

**Figure 19.** Représentation graphique du résultat de la granulométrie

V.3.3.2. Propriétés CEps, CEC, ESP, pH

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de CEps, CEC, ESP, pH sont indiquées dans le **tableau.5 de l'Annexe.5** et le **tableau.10**.

- La conductivité électrique

Selon la **figure 20** la distribution des sels en fonction de la profondeur, révèle une très forte salinité de l'horizon de profondeur (CEps= 24,3 dS/m) par rapport à l'horizon de surface de surface (CEps= 15,27dS/m). Cette CE est moins faible que celle des autres horizons du profil. Ce phénomène serait dû à une lixiviation des sels provoquée par les pluies (la description a été réalisé après la saison humide) et qui se seraient accumulés au niveau des horizons de profondeur, provoquant une augmentation de la CE (CEps=18,56 dS/m), au niveau de l'horizon sub-surface. La salinité augmente sensiblement dans les deux horizons 3, 4 et 5 pour atteindre respectivement les valeurs de (14,13 et 20,16 et 24, 3) dS/m. Ce résultat indique que le profil salin est descendant par **Servant (1975)**.

-La capacité d'échange cationique

Les valeurs de la capacité d'échange cationique sont comprises entre 07,28 et 15,55 meq/100g de terre. La moyenne de la CEC est de 10,94 meq/100g avec un coefficient de variation modéré de 31,37%.

-Le taux de sodium échangeable

La moyenne de l'ESP, dans le profil est de 52,89% avec un coefficient de variation modéré de 26,47%. Les forts pourcentages de sodium échangeable ESP >15% au niveau de chaque horizon, suggèrent que tous les horizons sont sodiques (USDA, 2010) (fig 21).

-Le pH

Les résultats montrent que le pH est supérieur à 8 avec une moyenne de 8.52, Ces valeurs correspondent à une réaction du sol relativement alcaline, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

Tableau 10. Statistiques descriptives des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 2

paramètres	CEps (dS/m)	CEC (Meq/100g)	ESP (%)	pH
<i>Moy</i>	18,48	10,94	52,89	08,52
<i>Max</i>	24,30	15,55	64,01	08,77
<i>Min</i>	14,13	07,28	32,73	08,12
<i>CV %</i>	21,96	31,37	26,47	08,22

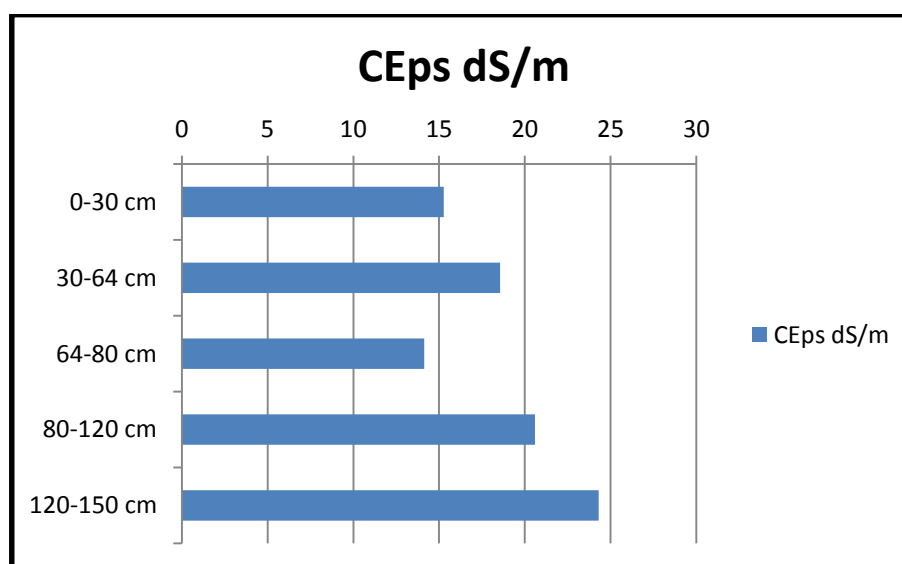


Figure 20. Représentation graphique du résultat de CE

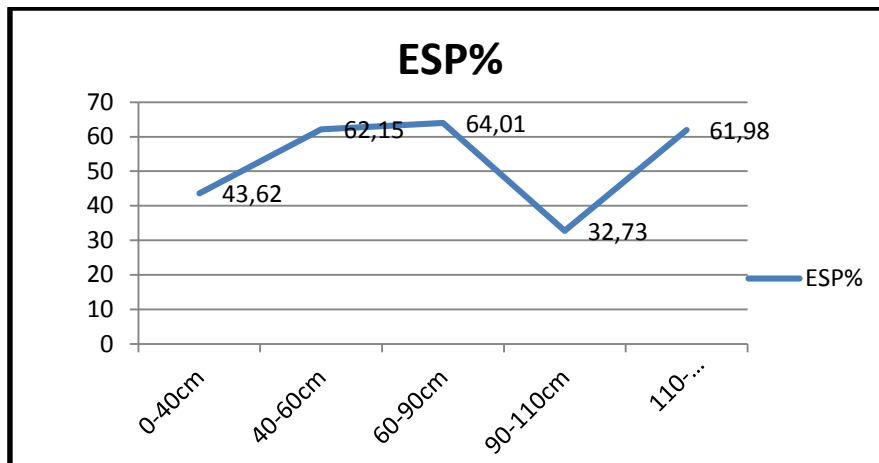


Figure 21. Représentation graphique du résultat d'ESP

V.3.3.3. Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués dans le **tableau.6 de l'Annexe.5.** et le **tableau 11.**

-Le SAR

Les valeurs du SAR varient de 54,34 pour les horizons médiane, par rapport l'horizon de surface de 33,24, donc les valeurs du SAR dans les horizons de profondeur et surface sont faibles par rapport à ceux, en horizons médiane.

-Les cations de la solution de sol

La **figure 22** montre que le cation Mg^{++} le plus représenté avec un taux moyen de 57,59% et une concentration qui varient entre 31,19 meq/100g et 97,04 meq/100g et un coefficient de variabilité élevé de 44,74 %, et le Ca^{++} vient en deuxième position avec une moyenne de 25,79%, et des concentrations qui varient entre 12,52 meq/100g et 41,03 meq/100g et un coefficient de variabilité modéré de 29,36% , et le Na^+ se situe en troisième position avec un taux de 05,41 % et des concentrations qui varient entre 04,66 et 05,88 meq/100g, alors que le K^+ vient en dernière position avec un taux de 0,40 % et des teneurs qui varient entre 0,25 et 0,40 meq/100g

De ce fait, le classement des cations est de type : $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+ > K^+$.

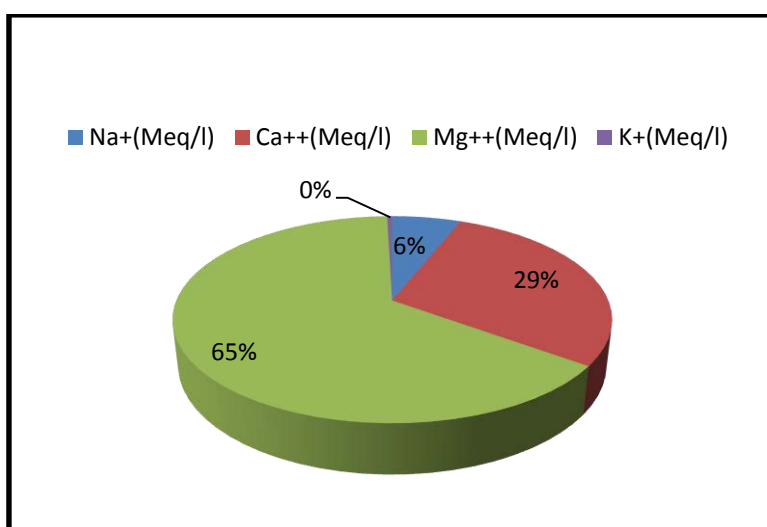
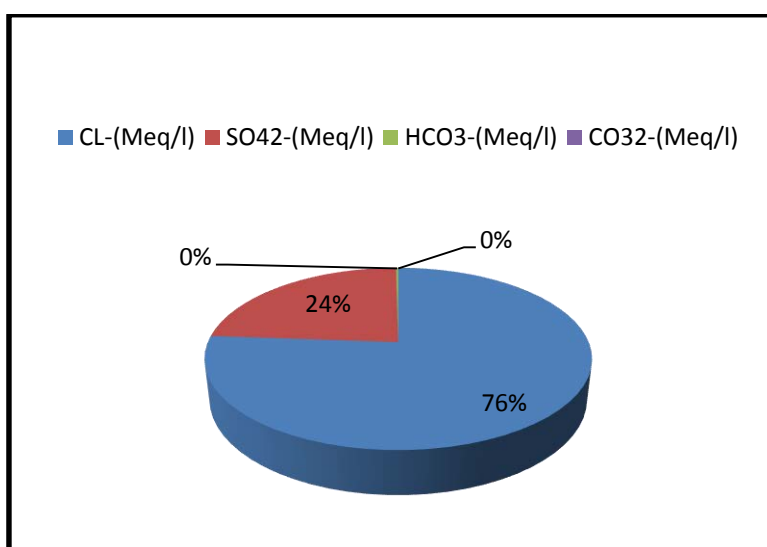
-Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 23** l'anion Cl^- le plus représenté une moyenne de 143,2% et une concentration qui varie entre 110 et 194 meq/100g. Le SO_4^{2-} vient en deuxième position avec une moyenne de 44,51% avec des teneurs qui varie entre 28,25 et 69,34 meq/100g .et pour le HCO_3^{2-} vient en troisième position avec un taux moyen de 0,4 % et des teneurs qui varie entre 0,3 et 0,5 meq/100g.et dernière position CO_3^{2-} avec une moyenne 0.

De ce fait le classement des anions est de type : $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^{2-} > CO_3^{2-}$.

Tableau 11. Statistiques descriptives des paramètres de la solution du profil 2

paramètres	Les cations (meq/l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
<i>Moy</i>	5,41	25,79	57,59	0,40	143,2	44,51	0,4	0	41,11
<i>Max</i>	05,88	41,03	97,04	0,75	194	69,34	0,5	0	54,34
<i>Min</i>	04,66	12,52	31,19	0,25	110	28,25	0,3	0	33,24
<i>CV%</i>	09,54	29,36	44,74	51,08	22,83	36,15	25	0	19,42

**Figure 22 :** Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 2**Figure 23 :** Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 2

V.3.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 2

Les principales caractéristiques morphologiques et analytiques du profil étudié sont :

- Du point de vue morphologique

Le profil se caractérise par une structure polyédrique nette dans l'horizon de surface et devient massive au niveau de l'horizon de sub-surface et polyédrique vers la base. Et il est caractérisé par la présence de tâches blanchâtres à partir de 80cm.

Par ailleurs, la texture est dominée par les limons (50,03% à 59,93%) dans la partie supérieure du profil et une augmentation des argiles 58,28% dans sa partie inférieure. Les sables sont très peu représentés (2,03% à 7,24%) en profondeur et surface de sol, mais le troisième horizon est plus élevé (62,86%). Le taux de matière organique diminue, avec la profondeur, et varie de 2,04% à 1,85%. Le calcaire est présent dans tout le profil, avec des taux homogènes qui se situent autour de 15%.

- Du point de vue analytique

Le profil se caractérise par un profil salin descendant fortement salin ($14,13 \text{ ds/m} \leq \text{CEps} \leq 24,30 \text{ ds/m}$) et par un SAR de moyenne 41,11 et de pH est légèrement alcalins à alcalins (8,12 à 8,77), les chlorures (143,2%) et le sodium (44,51%) sont les ions prédominants de la solution du sol. Le faciès chimique de la solution du sol est de type chloré-sodique.

V.3.3.5. Classification du profil 2

Les résultats morphologiques et analytiques du profil suggèrent que ce sol remplit les conditions de critères diagnostiques du sous classe Salins à Complexe Sodique (Solonchaks Sodique), tels que définis par classifications français (CPCS 1967) et le système de classification WRB(2006).

Tableau 12 : Critères diagnostique du profil 2

profils	E (cm)	CEps (ds/m)	$\dot{E} \times \text{CEps}$	ESP%
profil	150 > 15	18,57 > 7	2785,5 > 450	52,89 > 15

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15 cm (150 cm) et la CE est supérieure à 7 dS/m (13,55 dS/m).

Par ailleurs, le produit $E \times CE$ est supérieur à 450 (2032,5). De ce fait, le sol 1 est un Solonchak.

Pour classer ce sol à un niveau avancé dans la WRB (2006), nous avons adopté les préfixes et suffixes suivants :

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15 cm (150 cm) et la CE est supérieure à 7 dS/m (18,57 dS/m).

Par ailleurs, le produit $E \times CE$ est supérieur à 450 (2785,5). De ce fait, le sol 2 est un Solontchak externe

Pour classer ce sol à un niveau avancé dans la WRB (2006), nous avons adopté les préfixes et suffixes suivants :

Gleyic : il y a plus de 5% de taches de couleur d'oxydation ne comprend aucune couleur à l'exception celle qui montre une réduction

Stagnic : il y a une valeur de PH inférieur à 19 dans la solution de sol

Sodic : ayant plus de 15% de sodium échangeable (52,89%), dans les 50 premier cm de profondeur

Chloridic : ayant une solution du sol avec $CL^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$

Siltic : il y a 40% ou plus de limon(50,03) dans un horizon de plus de 30 cm dans les 100 premier cm de sol.

A ce fait, le profil étudié appartient à **Gleyic Solonchaks (Sodic, Stagnic, Chloridic, Siltic)**

-Il correspond au sol **Salins à complexe sodique (Solonchaks externe)** de **classification française CPCS(1967)**.

V.4. Caractérisation du profil 3

V.4.1. Données générales

-**Coordonnées géographiques** : 0° 29' 36,8'' longitude Est et 35° 44' 40,7'' de latitude Nord;

-**Altitude** : 59 m ± 4 m;

-**Date de description**: 21/02/2016 ;

-**Temps** : Ciel clair ;

-**Précédent climatique** : Il n'a pas plu dans la région les jours précédents ;

-**Topographie** : Terrain plat ;

-**Matériaux d'origines** : Alluvions ;

-**État de surface** : Terrain labouré.

V.4.2. Description morphologique du profil 3



photo 9 : profil 3

Horizon 1 (0 à 40cm) : Sec; couleur à l'état sec 10 YR 5/3, limoneux fin ; structure grumeleuse; poreux; plastique; collant; peu compacte; peu friable; absence d'éléments grossiers; présence de fente de retrait fine; moyennement organique; présence de racines, activité biologique moyenne ; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière.

Horizon 2 : (40 à 90 cm) : frais; couleur à l'état sec 10 YR 6/4, argilo-limoneux; massive; poreux; plastique; collant; très compacte; très peu friable; absence d'éléments grossiers; présence de fente de retrait fine; absence de racines, présence de tâches blanchâtres sous forme d'accumulations ; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière

Horizon 3 : (90 à 110 cm) : frais; couleur 10YR 7/4; limono-argileux fin; structure polyédrique; peu compact ; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; non organique; présence de tâches blanchâtres sous forme d'accumulations; présence des tâches d'oxydo-réduction; vive effervescence à l'Hcl généralisée; transition régulière et nette.

Horizon 4 : (90 à 150 cm) : humide; couleur 10YR 7/4; limoneux fin ; structure polyédrique; peu compact ; friable; poreux; absence d'éléments grossiers; non organique; présence de tâches réduction; vive effervescence à l'Hcl généralisée.

Ce profil est développé sur des alluvions, sa profondeur est supérieure à 150 cm. Le profil est caractérisé par la présence de forte accumulation salines dans les horizons à partir de 40cm de profondeur et des taches d'oxydo-réduction à partir de 90 cm de profondeur, et aussi de fente de retrait fine à partir de la surface.



Photo10.Tache d'oxydo-réduction

L'horizon de surface : est un horizon cultural, moyennement organique. Il se distingue par sa structure grumeleuse et sa texture limoneuse.

L'horizon de sub-surface : se distingue du premier par sa structure massive et élément grossier et par la présence de tâches blanchâtres sous forme d'accumulations.

Le troisième horizon : se caractérise par sa texture limono-argileuse et sa structure polyédrique peu compact, et par la présence de tâches blanchâtres sous forme d'accumulations moins nombreuses que l'horizon sous-jacent.

L'horizon de profondeur : est limoneux de structure polyédrique, et il est marqué par la présence de quelques tâches réductions.

V.4.3. Résultats analytiques du profil 3

V.4.3.1. Propriétés physico-chimiques du profil

Les résultats analytiques sont présentés dans le **tableau.7 de l'Annexe.6.** et les résultats statistiques sont présentés dans le **tableau.13.**

-Le calcaire

Les teneurs en calcaire sont homogènes au niveau du profil, elles varient de 14,43% à 16,98% pour le calcaire total et de 02,75% à 04,50%, pour le calcaire actif, avec une moyenne respective de 15,38 et 03,84 % et un faible coefficient de variabilité pour le calcaire totale et modéré pour le calcaire actif. Donc le profil est moyennement calcaire.

-La matière organique

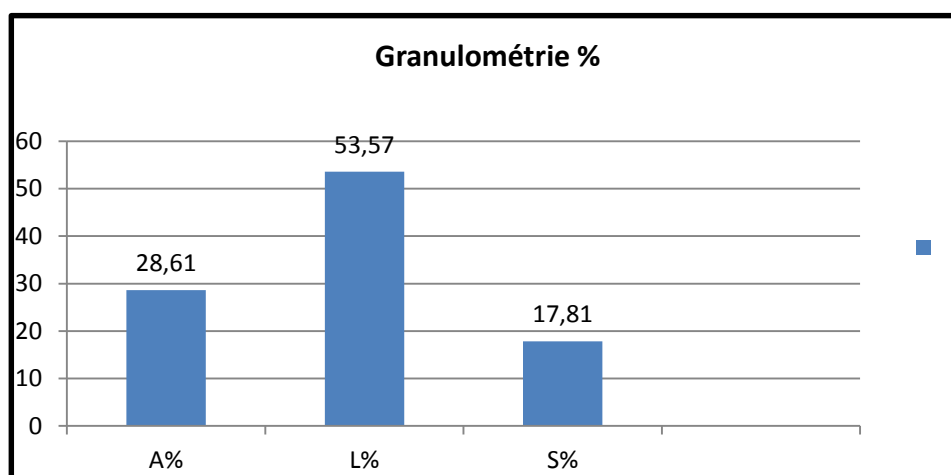
Le taux de matière organique augmente avec la profondeur, et varie entre 01,48%, en profondeur à 02,10 % dans l'horizon médiane, avec une moyenne de 01,82 % et un faible de coefficient de variabilité de 14,29%. Le sol est pauvre en matière organique.

-La granulométrie

La **figure 24** montre que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limono-argileuse. Dans l'horizon de surface, les argiles et les sables ont pratiquement les mêmes pourcentages qui respectivement de 22,63% et 22,32%. Dans l'horizon médiane, la fraction argilo- limoneuse prédomine avec des valeurs qui varient entre 44,70% et 44,58%, la fraction sableuse est peut représenter et varie entre 7,63% à 30,59%. Nous observons au niveau des horizons de profondeur une diminution de la fraction argileuse et une augmentation appréciable de la fraction limoneuse (16,31% à 53,09%) et fraction sableuse 30,59%. tous les horizons ont des texture ont des limono-argileux, sauf l'horizon de profondeur et surface ou elles sont limoneux fin.

Tableau 13: Statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques du profil 3

Paramètres	M0 %	Calcaire totale (%)	Calcaire actif (%)	Granulométrie (%)		
				Argile	Limon	Sable
<i>Moy</i>	01,82	15,38	03,84	28,61	53,57	17,81
<i>Max</i>	02,10	16,98	04,50	44,70	61,57	30,59
<i>Min</i>	01,48	14,43	02,75	16,31	44,58	07,63
<i>CV %</i>	14,29	07,27	19,74	42,84	13,07	59,54

**Figure 24.** Représentation graphique du résultat de la granulométrie

V.4.3.2. les propriétés CEps, CEC, ESP, pH

Les résultats analytiques sont présentés dans le **tableau.8 de l'Annexe.6.** et les résultats statistiques sont présentés dans le **tableau.14.**

-La conductivité électrique

La **figure 25** montre que la distribution des sels en fonction de la surface, révèle une très forte salinité de l'horizon de surface (CEps= 17,13 dS/m) par rapport à l'horizon de profondeur (CEps= 08,30dS/m). Cette CE est faible que celle des autres horizons du profil .donc c'est un profil ascendant par **Servant (1975).**

-La capacité d'échange cationique

Les valeurs de la capacité d'échange cationique sont comprises entre 07,93 et 14,63meq/100g de terre. La moyenne de la CEC est de 11,41% avec un coefficient de variation modéré de 24,84%.

-Le taux de sodium échangeable

La moyenne de l'ESP, dans le profil est de 41,5% avec un coefficient de variation faible de 2,92%. Les forts pourcentages de sodium échangeable ESP >15%, au niveau de chaque horizon, suggèrent que tous les horizons sont sodiques (**USDA, 2010**) (**fig 26**).

-Le pH

Les résultats montrent que le pH est supérieur à 8 avec une moyenne de 8.27. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol relativement alcaline, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

Tableau.14. Statistiques descriptives des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 3

Paramètres	CEps (dS/m)	CEC (Meq/100g)	ESP (%)	pH
<i>Moy</i>	12,68	11,41	41,5	08,27
<i>Max</i>	17,13	14,63	42,75	08,64
<i>Min</i>	08,30	07,93	40,12	08,00
<i>CV %</i>	29,40	24,84	02,92	08,38

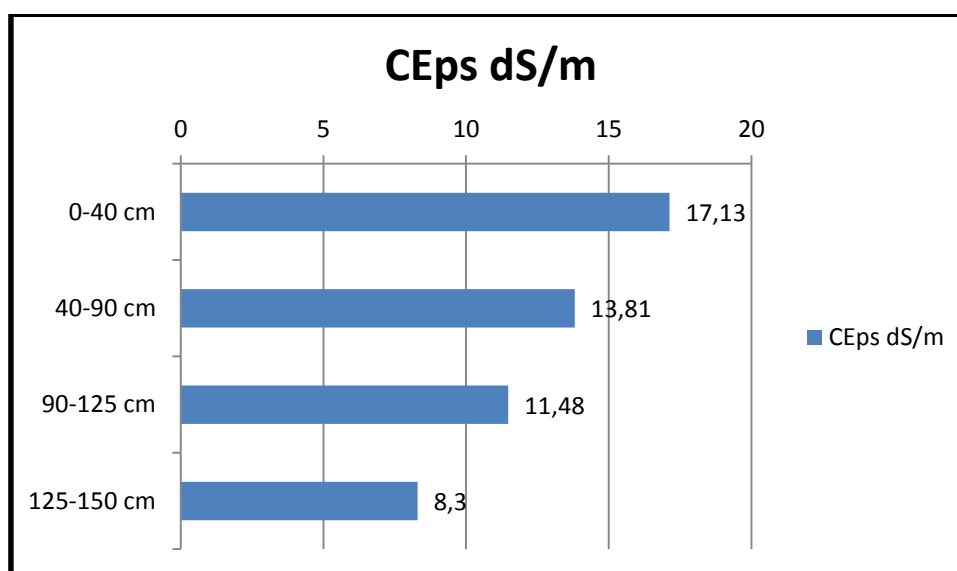


Figure 25. Représentation graphique du résultat de la CEps

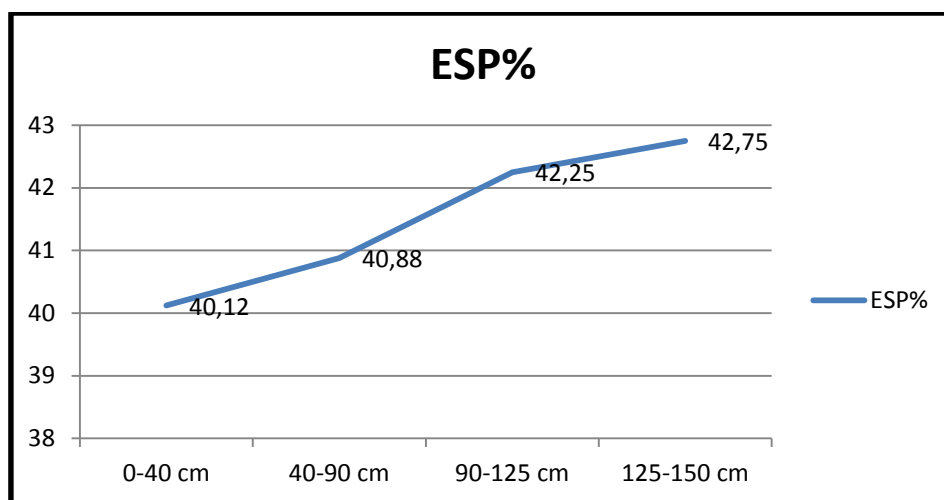


Figure 26. Représentation graphique du résultat d'ESP

V.4.3.3. Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués dans le **tableau.9 de l'Annexe.6.** et le **tableau.15.**

-Le SAR

Les valeurs du SAR varient de 32,52 pour les horizons de profondeur à 29,43 pour les horizons médiane, les valeurs du SAR dans les horizons de médiane sont moins faible par rapport à ceux, en profondeur, et un coefficient de variabilité modéré de 32,36%.

-Les cations de la solution de sol

La **figure 27** montre que le cation Mg^{++} est plus représenté avec une valeur moyenne de 37,95% et une concentration qui varient entre 24,32 meq/l et 45,31 meq/l et un coefficient de variabilité modéré de 25,99 %. et le Ca^{++} vient en deuxième position avec une moyenne 23,06% , et des concentrations qui varient entre 13,81 meq/l et 28,92 meq/l et un coefficient de variabilité modéré de 29,08%, et le Na^{++} se situe en troisième position avec un taux de 04,71% et des concentrations qui varient entre 03,93 meq/l et 05,87 meq/l, alors que le K^{+} vient en dernière position avec un taux de 0,44%, et des teneurs qui varient entre 0,28 meq/l et 0,57 meq/l.

De ce fait, le classement des cations est de type : $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^{+} > K^{+}$.

-Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 28** l'anion Cl^{-} le plus représenté une moyenne de 88 meq/l et une concentration qui varie entre 138 et 50 meq/l. Le vient SO_4^{2-} en deuxième position avec une moyenne de 62,91 meq/l avec des teneurs qui varie entre 53,07 et 75,33 meq/l, et pour le HCO_3^{2-} vient en troisième position avec une moyenne de 0,57 meq/l et des teneurs qui varie entre 0,3 et 0,9 meq/l, avec un coefficient de variabilité élevé de 43,47%.

De ce fait le classement des anions est de type : $\text{CL}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-} > \text{CO}_3^{2-}$.

Tableau15. Statistiques descriptives des paramètres de la solution de sol du profil 3

paramètres	Les cations (meq/l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
<i>Moy</i>	04,71	23,06	37,95	0,44	88	62,91	0,57	0	30,71
<i>Max</i>	05,87	28,92	45,31	0,57	138	75,33	0,9	0	32,36
<i>Min</i>	03,39	13,81	24,32	0,28	50	53,07	0,30	0	29,43
<i>CV%</i>	22,17	29,08	25,99	29,61	42,81	15,01	43,47	0	32,36

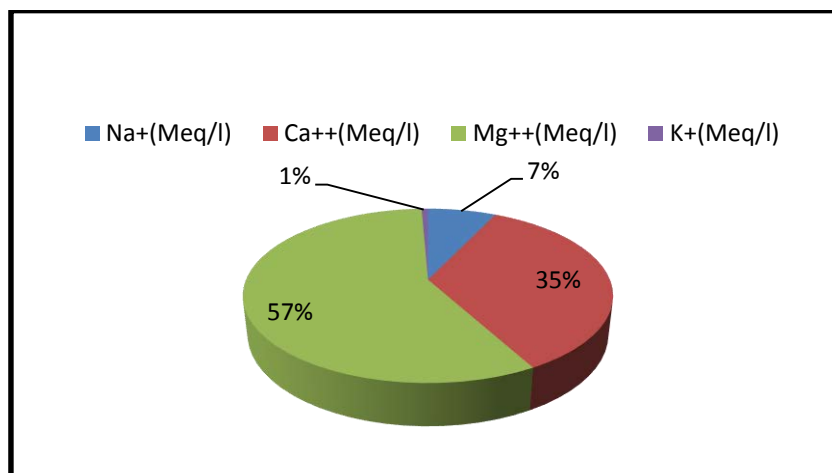


Figure 27. Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 3

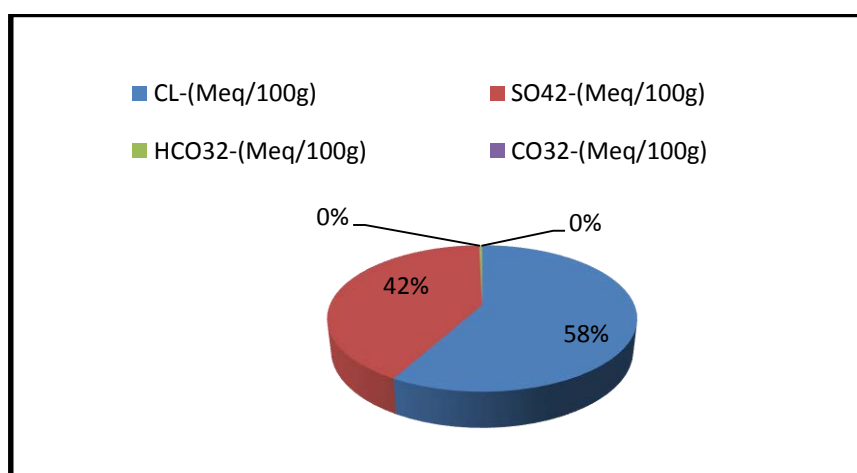


Figure 28. Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 3

V.4.3.4. Synthèse des résultats morphologiques et analytiques du profil 3

Les principales caractéristiques morphologiques et analytiques du profil étudié sont :

-Du point de vue morphologique

Le profil se caractérise par une structure grumeleuse dans l'horizon de surface, et au niveau de l'horizon de sub-surface et massive vers la base. Il est caractérisé par la présence de tâches blanchâtres sous forme d'accumulations.

Concernant la texture, elle est dominée par les limons (55,05%) dans la partie supérieure du profil et aussi dans sa partie inférieure les limons (61,57%). Les sables sont peu représentés mais augmentent progressivement vers la profondeur passant de 22,32% à 30,59%. Le taux de matière organique augmente avec la profondeur, et varie de 1,48% à 1,91%. Enfin, ce profil est partout calcaire avec des taux homogènes qui se situent autour de 15,38%.

- Du point de vue analytique

Le profil se caractérise par un profil salin descendant fortement salin ($08,30 \text{ ds/m} \leq \text{CEps} \leq 17,13 \text{ ds/m}$) et par un SAR important ($29,43 \leq \text{SAR} \leq 32,36$), le pH est légèrement alcalin à alcalin (8,10 à 8,64). Les chlorures (88%) et le sodium (62,91%) sont des ions prédominants de la solution du sol le faciès chimique de la solution du sol est de type chloré-sodique.

V.4.3.5. Classification du profil 3

Les résultats morphologiques et analytiques du profil suggèrent que ce sol remplit les conditions de critères diagnostiques du sous classe Salins à Complexe Sodique (Solonchaks Sodique), tels que définis par classifications française (CPCS 1967).

Tableau 16 : Critères diagnostique du profil 3.

profils	E (cm)	CEps (dS/m)	E × CEps	ESP %
profil	40 > 15	12,68 > 7	1902 > 450	52,89 > 15

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15 cm (40 cm) et la CE est Supérieure à 7 dS/m (12,68 dS/m).

Par ailleurs, le produit E × CE est supérieur à 450 (1902). De ce fait, le sol 3 est un Solonchak.

Pour classer ce sol à un niveau avancé dans la WRB (2006), nous avons adopté les préfixes et suffixes suivants :

Sodic : il y a plus de 15% de sodium échangeable sur le complexe d'échange dans les 50 premier cm et $40,12 \leq \text{ESP} \leq 42,75$, il est donc Sodic ;

Chloridic : les chlorures sont prédominants dans la solution du sol, 314,5% donc il est chloridic ;

Siltic : présence d'une couche de texture limoneuse de 30cm ou plus dans les 100 premiers cm du sol, le taux de limon se situe autour de 50,94 % sur une épaisseur de 40cm, le profil donc est Siltic ;

Gleyic : il y a plus de 5% de taches de couleurs d'oxydation dans les 100 premiers cm de profondeur, le profil est Gleyic ;

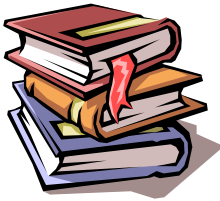
Ainsi le profil est **Gleyic solonchaks (Sodic, chloridic, Siltic)**

-Il correspond aux sols **Salins à complexe sodique (Solonchaks)** de **classification française CPCS (1967)**.

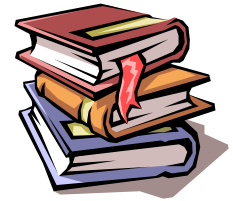
V.5. Discussion générale

Les résultats de la description morpho-analytique des trois profils étudiés, dans la plaine de Relizane ont montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre eux. Ces types de sols appelés solonchaks se caractérisent, surtout par la présence des accumulations salines, la présence de signes d'hydromorphie, surtout à la base du profil et une texture assez fine. Le profil 3 se distingue des autres profils par la présence de fentes de retrait. Ils sont également très fortement salés et très sodiques et la solution du sol est dominée par le sodium et les chlorures. Le faciès chimique de la solution du sol est partout chloruré sodique et correspond à la voie saline neutre. Les préfixes Gleyic et les suffixes Sodic, Chloridric, Siltic sont retenus pour les trois profils.

Références bibliographiques



Références bibliographiques



ANRH, 2003 : Suivi et modélisation de la salinité des sols dans le périmètre irrigué de la Mina. 43 p.

Aubert G, 1975 : Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales de l'INA Alger, n°6, 185-195.

Aubert G, 1983 : Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. ORSTOM. Ser. ped. Vol xxx n°1, pp = 73-78.

Aubert, 1976 : les sols sodiques en Afrique du nord Ann, de l'INAd'alger, vol,VI,n°1, page 185-196.

Ayers et Westcot, 1988 : La qualité de l'eau en agriculture. Bul. FAO d'Irrig. Et de Drain. 29 Rev. 1, Rome, 180 p.

Badraoui M, Poss R, Belghiti M, Souidi B, Bellouti A, Grünberger O et Hammecker C, 2005 : Gestion de l'eau dans les périmètres irrigués : maintien d'une production durable et réhabilitation des sols salés. Académie d'Agriculture de France, 19 mai 2005.

Benchetrit Maurice, .1956 : Les sols d'Algérie. In: Revue de géographie alpine. 1956.

Boivin P, Favre F, Hammecker C, Maeght J.L, Delarivière J, Poussin J.C, Wopereis M.C.S, 2002: Processes driving soil solution chemistry in a flooded rice-cropped vertisol: analysis of long-time monitoring data. Geoderma 110. p 87–107.

CPCS, 1967 : Classifications des sols. Commission de pédologie et de cartographie des sols. Doc multi. INRAA Grignon, 96 p.

Daoud Y et Halitim A, 1994 : Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse. 3 (5), pp : 151- 160

Daoud, 1993 : Contribution à l'étude des sols des plaines de Cheliff, le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèses doctorat

Djili K., 2000 : Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque de données informatises et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisations des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p

Djili K., Daoud Y., Touaf L., 2003 : La salinisation et la sodisation des sols d'Algérie. Congrès scientifique sur l'apport de la recherche scientifique et des nouvelles technologies dans le développement et la mie en valeur des régions arides et semi-aride climat. 2-3 octobre. El-Oued, 9 p.

- Dogar M.A., 1980** : Méthodes d'analyses des sols sales-alcalins. Cours polycopié, I.N.A., Alger, 35.
- Douaoui et Hartani, 2007** : Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. Actes de l'atelier régional SIRMA. 4-7 juin 2007, Nabeul, Tunisie.
- Dounia, 1999** : Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Montpellier, 435p.
- Duchaufour Ph, 1976** : Principes d'une classification écologique des sols. *Agrochimica*, XX, 4-5, pp : 313 – 323.
- Duchaufour, 1977** : Pédologie1, Pédogenèse et classification. Masson. Paris.
- Durand J.H., 1983** : Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p
- FAO, 1988**: Soils Bulletin 39. Salt-Affected Soils and their Management. Food And Agriculture Organisation of the United Nations Rome.
- FAO, 2005**: Utilisation des engrais par culture en Algérie. Rome, 61 p.
- FAO, 2006** : Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégies de réhabilitation. Organisée et coordonnée par Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage, du 6 février au 6 Mars 2006. 12p.
- Franzen D., 2005**: Managing Saline Soils in North Dakota. (www.ext.nodak.edu).
- Hadj Miloud., 2006** : Morphologie des propriétés des Solonchaks référence de la Mina, Ecole nationale supérieure agronomie, thèse de Magister .p 95.
- Halitim A., 1973** : Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3eme cycle. Univ de Renne, 176 p.
- Halitim A., 1985** : Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes Plaines Steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. D'Etat, Université de Rennes, 383 p.
- Halitim A., 1988** : Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- Hassan G, Persaud N, Reneau R.B., 2005** : Utility of hydrus-2D in modeling profile soil moisture and salinity dynamics under saline water irrigation of soybean. *Soil sciences*, 170, 1, 28 –37.
- Ihou A. 1995** : Evolution des sols irrigués de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal. Mémoire d'ingénieur IST de l'UCAD, no d'ordre 055/IST/95.
- INSID, 2008** : Caractérisation de l'état actuel de la salinité dans le périmètre irrigué de la Mina.

- Lahlou M, 2002** : Élaboration et validation de deux modèles de simulation du mouvement des sels dans les sols irrigués. Thèse de doctorat, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Lahlou M., Badraoui M., Soudi B., Goumari A., Tessier D., 2002** : Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes d'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29 mai 2002. 19p.
- Le Houerou H.N, 1993**: Salt – tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatique zone In: H. Leith et A Al Massoom (edits): towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol 1. Kluwer academ, pp: 403- 422.
- Legros J.P, 2007** : Les grands sols du Monde. Presses polytechniques et universitaires romandes, 574 p.
- Legros J.P, 2009** : La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, 2009, <http://academie.biu-montpellier.fr/>, conférence n°4069, Bull. n°40, p. 257-269.
- Loyer J, 1990** : Solums salsodiques - Salisol et sodisols. Référentiel pédologique. Techniques et pratiques. pp. 241-249. INRA, Paris.
- Marlet S, Job J.O., 2006** : Processus et gestion de la salinité des sols. In Tiercelin, J.R. Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. p. 797-822.
- Mathieu et Pieltain, 2003** : Analyse chimique des sols, méthodes choisies, Tec et DOC, Lavoisier, Paris. 387 p.
- Mermoud A, 2006**. Maitrise de la salinité des sols. Cours de physique du sol. Ecole polytechnique de Lausanne. p.1-14.
- Middleton, Nick (ed.)/Thomas, David (ed.), 1997**: UNEP-World Atlas of Desertification-2nd – London – Arnold --182p.
- Montoroi. J. P., 2005**. Sols salés et environnement. Sols et Environnement. Chapitre 27, 608-627p. Dunod, Paris. 816p.
- Montoroi. J. P., 2005** : Sols salés et environnement. Sols et Environnement. Chapitre 27, 608-627p. Dunod, Paris. 816p.
- Morizet J, Dejou J, Guyot J, 1970** : Principales caractéristiques physico- chimiques des sols de type vertique et sodique dans le Marais rochefortais. Bull. de l'AFES, n° 5, pp. 11-24.
- Navarro-Pedreno J, Jordan M. M, Melendez-Pastor I, Gomez I., Juan P, and Mateu J, 2007**: Estimation of soil salinity in semi-arid land using a geostatistical model. Land Degradation & Development, 18: 339–353.

- Nolin, M.C, Cambouris, A.N. et Simard, R.R, 1997** : La variabilité des sols: son origine et sa gestion. Pages 35-77 dans Éditeur (ed.). Actes du Colloque : Nouvelle technologie en agriculture, Campus du fort St-Jean.
- Saidi D, 2004** : Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux argileux du Bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat Ès Sciences en Sciences Agronomiques. Spécialité science du sol. Institut National Agronomique, El Harrach, Alger.181p
- Servant J.M, 1970** : Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols sales de la région méditerranéenne Française. Ann de l'I.N.A., El-Harrach, Vol. VI, pp. 225-245.
- Servant J.M, 1976** : Sur quelques aspects de la pédogénèse en milieu halomorphe : l'exemple des sols salés de la région méditerranéenne Française. Ann. De l'INRA. Vol. VI. n° 1, pp : 225-245.
- Servant J.M, 1978** : La salinité dans le sol et les eaux caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull. B.R.G.M. Sect. III. N ° 2, pp 123- 142.
- Servant, J, 1975**: Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et du sud-ouest de la France. Thèse de Doct Sc nat, ENSA, France, 194p
- Trangmar, B.B, Yost, R.S, Uehara, G, 1985**: Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy 38, 45–94.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954**: Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A Handbook, n°60, 160p.
- United States Department of Agriculture (USDA), 1999**: Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture handbook, Number 36. Second Edition. Washington(DC): USDA, Natural Resources Conservation Service; 869 p.
- Vauclin M., 1982**. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. Colloques INRA, n° 15, pp.9-43.
- Zahow M.F, Amrhein C, 1992**: Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, pp. 1257-1260.
- WRB (2006)**: World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources reports. FAO, Rome. P12-48.



Annexe

Annexe 1)

1-Dosage du calcaire total : méthode volumétrique au calcimètre de Bernard modifiée

Mode opératoire :

- 1-peser 0,5 g de terre sécher, non broyée et tamisée.
- 2- verser 6ml d'acide chlorhydrique dilué dans le ballon réactionnel par sa grande ouverture.
- 3- introduire la terre (0,5g) déposé dans la cupule dans ce même ballon au niveau de la tubulure horizontale en prenant garde que la terre n'entre pas en contact avec l'acide chlorhydrique.
- 4- boucher le ballon avec précaution pour ne pas renverser la cupule.
- 5- faire glisser le tube dans la pince jusqu'à obtention de niveau d'eau équivalents dans 2 tubes
- 6- noter, sur la règle graduée, la valeur de ce dernier h_1 .
- 7-incliner le ballon de façon à ce que la cupule contenant la terre tombe dans l'acide. Le gaz carbonique se dégage, faisant baisser le niveau d'eau dans le tube de mesure.
- 8-agiter constamment le ballon jusqu'à complet dégagement de CO_2 .
- 9-le niveau d'eau se stabilise.
- 10-rétablir l'égalité des niveaux dans les deux tubes en descendant le tube.
- 11-noter la valeur du niveau h_2 .

Calcul

$CaCO_{3\text{totale}} (h_1-h_2) 2,12264$ en % pour 0,5g

Pour 1g $X = CaCO_{3\text{totale}} \times 2$

2-Dosage du calcaire actif**Mode d'opératoire**

- 1 -mettre 10g de sol séché dans un flacon de 25ml.
- 2-Ajouter 250ml d'oxalate d'ammonium à (0,2 N).
- 3-deux heures d'agitation mécanique.
- 4- filtrer et jeter les premiers gouttes.
- 5- le témoin : 10ml d'oxalate d'ammonium à (0,2n).
- 6- prendre 10ml du filtrat, et mettre dans un bécher de 100ml.
- 7-ajouter dans ce dernier 10ml de H_2SO_4 1/10.
- 8- porter le contenu du bécher à une température de 60° .
- 9-mettre du $(KMNO_4)$ (0,2n) dans une burette graduée procéder à la titration jusqu'à l'obtention d'une rose persistant.
- 10- lire la valeur et comparer avec du témoin.

Calcul

$(V_{\text{témoin}} - V_{\text{ech}}) \times 12,5$ en %

$(V_{\text{témoin}} - V_{\text{ech}}) \times 1,25$

Annexe 2)

PH : (eau) du sol

-Mode opératoire

-Peser 20g de terre fine séchée à l'air (élément $\leq 2\text{mm}$) et les introduire dans un bécher de 100 ml, ajouter 50ml d'eau distillée bouillie, bien agiter après faire la lecture avec le PH mètre.

Annexe 3)

Matière organique (Méthode ANN Modifiée)

Le pourcentage de matière organique dans le sol peut être calculé sur la base du taux de carbone dans la matière organique

Mode d'opératoire

- 1- Prendre 1g de terre fine dans une fiole de 100g.
- 2- Ajouter 10ml de dichromate de potassium à 8%.
- 3- Ajouter 15ml de H_2SO_4 .
- 4- Agiter pendant 10min.
- 5- Mettre les fioles à l'étuve à 120° pendant une heure de demie.
- 6- Laisser refroidir.
- 7- Compléter à volume et mélanger.
- 8- Prélever à l'acide d'une pipette 20ml cette solution, les mettre dans un bécher de 100ml en ajoutant 1ml d'acide phosphorique+2 gouttes de DIPHENYLAMINE et agiter le tout.
- 9- Titrer avec la solution de **Solution de Fe II.**
- 10- La couleur passe du **brun** au **vert**.

Calcule

$$C\% = 0,24(a-b) \times (13/V)/g$$

a : volume versé pour le blanc.

b : volume versé pour l'échantillon.

V : volume versé pour le contrôle de la solution de Fe II .

g : poids de l'échantillon.

$$\text{MO}\% : C\% \times 1,72$$

Annexe 4)

Tableau 1 : Résultats analytiques des paramètres physico-chimiques du profil 1

N° échantillon	Profondeur (cm)	MO(%)	Calcaire totale(%)	Calcaire actif(%)	Granulométrie (%)		
					A%	L%	S%
P1h1	0-40	01,23	15,28	01,25	18,13	50,94	20,93
P1h2	40-60	01,97	15,70	03,25	24,29	50,97	24,74
P1h3	60-90	01,97	18,25	02,87	22,42	62,54	15,04
P1h4	90-110	01,85	14,85	01,25	05,25	27,12	67,62
P1h5	110-150	01,97	17,40	03,75	21,52	63,55	14,93

Tableau 2 : Résultats analytiques des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 1

N° échantillons	Profondeur (cm)	CEps (dS/m)	CEC (meq/100g)	ESP%	pH
P1h1	0-40	10,25	12,12	31,68	08,21
P1h2	40-60	12,66	13,04	30,98	08,30
P1h3	60-90	14,05	13,26	33,18	08,23
P1h4	90-110	08,43	05,70	55,09	08,74
P1h5	110-150	22,4	10,03	57,23	08,43

Tableau 3 : résultats analytiques des paramètres de solution de sol du profil 1

Profondeur (cm)	Les cations (meq /l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
0-40	03,84	37,53	54,74	0,59	91	12,84	0,70	0	30,48
40-60	04,04	19,60	31,14	0,43	106	51,36	1,00	0	31,24
60-90	04,40	23,43	40,12	0,42	102	37,66	0,50	0	30,10
90-110	03,14	12,67	31,09	0,20	66	25,68	0,40	0	36,54
110-150	05,74	23,73	66,64	0,43	182	46,22	0,50	0	34,85

Tableau 4 : résultats analytiques des paramètres physico-chimiques du profil 2

N° échantillons	Profondeur (cm)	MO(%)	Calcaire totale(%)	Calcaire actif(%)	Granulométrie (%)		
					A%	L%	S%
P2h1	0-30	02,04	14,85	03,25	42,73	50,03	07,24
P2h2	30-64	01,73	19,52	03,00	21,36	59,93	18,70
P2h3	64-80	01,42	14,85	01,62	07,78	29,36	62,86
P2h4	80-120	01,73	15,28	02,37	10,96	43,11	45,93
P2h5	120-150	01,85	19,52	02,87	58,28	39,68	02,03

Tableau 5: Résultats analytiques des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 2

N° échantillons	Profondeur (cm)	CEps (dS/m)	CEC (meq/100g)	ESP%	pH
P1h1	0-30	15,27	13,48	43,62	08,12
P1h2	30-64	18,56	09,22	62,15	08,30
P1h3	64-80	14,13	07,28	64,01	08,23
P1h4	80-120	20,6	15,55	32,73	08,74
P1h5	120-150	24,3	09,18	61,98	08,43

Tableau 6 : Résultats analytiques des paramètres de la solution de sol du profil 2

Profondeur (cm)	Les cations (meq/l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
0-30	05,88	25,77	38,27	0,75	125	28,25	0,30	0	33,24
30-64	05,73	25,86	58,52	0,42	132	47,94	0,50	0	39,33
64-80	04,66	12,52	31,19	0,25	110	44,51	0,50	0	41,41
80-120	05,09	41,03	97,04	0,27	155	32,53	0,30	0	54,34
120-150	05,69	23,79	62,94	0,32	194	69,34	0,40	0	37,26

Annexe 6)

Tableau 7 : Résultats analytiques des paramètres physico-chimique du profil 3

N° échantillon	Profondeur (cm)	MO (%)	Calcaire totale(%)	Calcaire actif(%)	Granulométrie (%)		
					A	L	S
P3h1	0-40	01.48	14.43	04.12	22.63	55.05	22.32
P3h2	40-90	01.79	14.85	04.50	44.70	44.58	10.72
P3H3	90-125	02.10	16.98	04.00	30.81	61.57	07.63
P3h4	125-150	01.91	15.28	02.75	16.31	53.09	30.59

Tableau 8 : Résultats analytiques des propriétés CEps, CEC, ESP, pH du profil 3

N° échantillon	Ceps (dS/m)	CEC (meq/100g)	ESP (%)	pH
P3h1	17.13	14.63	40.12	08,10
P3h2	13.81	12.45	40.88	08,12
P3h3	11.48	10.65	42.25	08.33
P3h4	08.30	07.93	42.75	08.64

Tableau 9 : Résultats analytiques des paramètres de la solution de sol du profil 3

N° échantillon	Les cations (meq/l)				Les anions (meq/l)				SAR
	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	Hco ₃ ²⁻	Co ₃ ²⁻	
P3h1	05.87	28,92	45,11	0.57	138	53.07	0.30	00.00	31,52
P3h2	05.09	26,93	45,31	0.53	93.00	64.20	0.50	00.00	29,55
P3h3	04.50	22,61	37,06	0.40	71.00	59.06	0.60	00.00	29,43
P3h4	03.39	13,81	24,32	0.28	50.00	75.33	0.90	00.00	32,36

Résumé

Les sols salés sont soumis à des processus pédologiques spécifiques que le pédologue doit interpréter et définir. Pour cela l'approche consiste à décrire morphologiquement les horizons du profil concerné, à expliquer les phénomènes et à lui donner une identité on le classant.

L'objectif de ce travail est l'étude de trois profils pédologiques qui ont été implanté, au niveau d'une parcelle d'étude, dans la plaine de la Mina (Relizane). Ces profils ont subi une description morphologique détaillée et des analyses physiques et chimiques, déterminées au laboratoire. Les profils ont été, ensuite classés, dans le système de classification français CPCS(1967) qui place cette catégorie de sols au sommet de la hiérarchie (Classe). Tandis que le système de classification de la WRB (2006), place cette catégorie de sols au niveau le plus élevé.

Mots clés : Mina, Salinité, Sodicit , Profil, Cations, Anions.

Summary

Saline soils are subject to specific soil processes that soil scientist must interpret and define. For this, the approach is to describe morphologically the horizons of the profile in question, to explain phenomena and to give it an identity is classifying.

The objective of this work is the study of three soil profiles that were implanted at a study plot in the plain of Mina (Relizane). These profiles have undergone a detailed morphological description and physical and chemical analyzes, as determined in the laboratory. The profiles were then classified in the French classification system CPCS (1967) which places this soil category at the top of the hierarchy (Class). While the WRB classification system (2006), places this soil category at the highest level.

Keywords: Mina, Salinity, sodicity, Profile, cations, anions

لمخص

التربة المالحة تخضع لعمليات التربة محددة علم التربة يجب أرفق سر وتحدد. لهدف إن هذا لنهج هو لوصف لثولي أفاق الصوح لثش نخري في السوال لثولي رالظوامر واعطى لها وية وتصريف. ولهدف من هذا عمل مودراسة الةة الم التربة التني زرع عتقي مؤامرة الاراسفتي سهل منها (ع ليزان). تخضعت هذا لشكيبلا ووصف افه الالصرف لثولت حل الت اثير بي اية والعيبي ية، ك ما مود في المخبثم تم تصريف له لم احتفين نظام التصريف للنسي حاسب (7691) الذي يرضع هذه الفئءة التربة لثي أ لثي (2006) WRB يرضع فئءة التربة منظي ق م قال هرم (الدرجة) (في مجين نظام تصني مستوى

الكلمات : الملوحة، اللف، الكيفونات، الؤونات :
للبياجة