

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Blida1**



Faculté des Sciences de le Nature et de la Vie

Département de biotechnologie

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

**Domaine** : Sciences de le Nature et de la Vie

**Filière** : Science Agronomique

**Spécialité** : Eau et environnement

**Thème**

**Contribution à la classification des Solonchaks de la  
région de Relizane.**

Présenté par :

**BOUKALMOUNE Hamza**

Devant le Jury composé de :

Président : Mm. **YAHIA N**

MCB Blida 1

Promoteur : Mr. **HADJ MILOUD S**

MAA Blida 1

Examineurs: Mr. **MIMOUNI N**

MAA Blida 1

Année Universitaire : **2016 /2017**

## **REMERCIEMENTS**

*Je remercie d'abord **Dieu** tout puissant de m'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour accomplir ce travail.*

*Je tiens à adresser mes vifs remerciements à Mr **HADJ MILOUD**.*

*Professeure à l'Université de Blida 1, d'avoir proposé et diriger ce travail. Je lui suis reconnaissante pour ses conseils judicieux, pour sa patience et sa disponibilité qui nous a permit de travailler dans un cadre agréable.*

*Je remercie vivement Madame **YAHYIA N.** Professeure à l'Université de Blida 1, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury et de m'avoir aidé et conseiller.*

*Je remercie Monsieur **MIMOUNI N.** Maître Conférence A à l'Université de Saad Dahleb de Blida, d'avoir accordé un intérêt à ce travail et accepter d'examiner ce travail, qu'elle trouve ici le témoignage de mon profond respect.*

*Je tiens à remercier tous les enseignants du Spécialité Eau et Environnement, Blida pour la qualité des cours qu'ils nous ont assurés au cours de notre formation au département.*

## ***DEDICACES***

*Je dédie ce travail*

*A mes parents, les deux personnes qui n'ont jamais cessé de sacrifier rien que*

*Pour mon devenir.*

*A tous mes Frères : Mohamed, Billal*

*A mes sœurs : Naila, et Aicha*

*A tous mes amis et toute la promotion eau et environnement 2017*

*A toute personne que j'aime, et qui m'aime.....*

## Contribution à la classification des Solonchak de région de Relizane

### Résumé

L'objectif du présent travail est de caractériser et de classer les Solonchaks de la région de Relizane dans le système WRB (2014) (World Reference Base for Soil Resources). A cet effet nous avons exploité une base de données pédologique permettant de déterminer les solonchaks de la région en question.

L'analyse des données a révélé que les deux profils étudiés se caractérisent surtout par des niveaux de salinité très élevés, une texture Argilo-limoneuse et une teneur moyenne en calcaire. La composition chimique de la solution des sols est prédominée par les chlorures et le sodium. Le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour les deux profils.

Les deux sols étudiés sont classés comme étant des Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

L'analyse statistique a révélé que les éléments chimiques de la solution du sol ( $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$  et le  $Ca^{++}$ ) ont le plus de poids sur la variation de la salinité.

المساهمة في تصنيف منطقة سولونشاك في غليزان

### ملخص

الهدف من هذا العمل هو وصف وتصنيف سولونشاكس في منطقة غليزان في النظام العالمي المرجعي للموارد من أجل التربة. تحقيقا لهذه الغاية، لقد استخدمنا قاعدة بيانات علم التربة لتحديد سولونشاكس للمنطقة المعنية.

وكشفت تحليل البيانات أن الملامح التي تمت دراستها تتميز بمستويات عالية من الملوحة، وهي نسيج أرجيلو سيلتي ومحتوى من الحجر الجيري المتوسط. ويهيمن التركيب الكيميائي لمحلول التربة على الكلوريدات والصوديوم. السمات الكيميائية المهيمنة هي من نوع كلوريد الصوديوم لكل من التشكيلات الجانبية.

تصنف التربة اثنتين دراس كما سولونشاك (كلايك، كلوريديك، هايبرزاليك).

كشفت التحليل الإحصائي أن العناصر الكيميائية لمحلول التربة أن الأيونات التي لها الوزن الأكبر على التباين في الملوحة ( $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $Ca^{++}$ ).

## **Contribution to the classification of Solonchak of Relizane region**

### **Summary**

The objective of this work is to characterize and classify Solonchaks in the Relizane region in the WRB (World Reference Base for Soil Resources) system. To this end, we have used a pedological database to determine the solonchaks of the region in question.

Analysis of the data revealed that the two profiles studied were characterized by very high salinity levels, an Argilo-silty texture and medium limestone content. The chemical composition of the soil solution is predominated by chlorides and sodium. The dominant chemical facies is of the sodium chloride type for both profiles.

The two soils studied are classified as Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

Statistical analysis revealed that the chemical elements of the soil solution ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^-$  and  $\text{Ca}^{++}$ ) have the most weight on the variation in salinity.

## SOMMAIRE

<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE I. synthèse bibliographique</b>	
1. Introduction .....	4
2. Origine de la salinité .....	4
2.1. Salinisation primaire .....	4
2.2. Salinisation secondaire .....	4
3. Caractéristique des sols salés .....	5
3.1. Caractéristique chimique .....	5
3.2. Caractéristique physique .....	6
4. Classification de sol salé .....	6
4.1. Classification Américaine (soil Taxonomy, 2006) .....	6
4.2. Classification Française .....	7
4.3. Classification WRB (solonchak) .....	7
5. Répartition des sols salés .....	11
5.1. Dans le monde .....	11
5.2. En Algérie .....	11
6. Problème de salinité .....	12
7. Variation temporelle de la salinité .....	13
7.1. Rôle de saison .....	13
7.2. Rôle de climat .....	13
7.3. Rôle de la nappe .....	13
8. Propriétés des sols salés .....	14
8.1. Faible stabilité structurale .....	14
8.2. Faible perméabilité hydraulique .....	15

9. Méthode utilisé pour l'étude de salinité .....	16
9. 1. Analyse au laboratoire .....	16
9. 2. Conductivité électromagnétique .....	16
9. 3. Conductivité électrique .....	16
9. 4. Résistivité électrique .....	17
10. Effet de salinité sur les plantes .....	17

## **Chapitre II. Matériel et Méthode**

1. Présentation de la région d'étude .....	19
1. 1. La zone d'étude .....	19
2. Climat .....	19
2. 1. Précipitation .....	20
2. 2. Température .....	21
2. 3. L'évapotranspiration (ETP) .....	22
3. Pédologie .....	23
3. 1. Les sols des bordures de la plaine .....	23
3. 2. Les sols de la plaine proprement dite .....	23
4. Type de sol .....	24
4. 1. Les sols peu évalué .....	24
4. 2. Les vertisols .....	24
4. 3. Les sols calcimagnésiques .....	24
4. 4. Les sols hydromorphe .....	24
4. 5. Les sols salsodiques .....	24
5. Méthodologie .....	25
5. 1. Analyse du sol .....	26

5. 2. Analyse de la solution du sol .....	27
---	----

### **Chapitre III. Résultats et discussion**

1. Résultat des analyses des profils .....	29
1. 1. Les constituants du profil 1 .....	29
1. 2. Résultat analytique de la solution du sol .....	30
1. 2. 1. Le faciès chimique .....	33
2. Résultat des analyses des profils .....	33
2. 1. Les constituants du profil 2 .....	33
2. 2. Résultat analytique de la solution du sol .....	35
2. 3. Le faciès chimique .....	38
3. Statistique descriptive multidimensionnelles de la composition chimique de la solution du sol .....	39
4. La classification .....	40
5. Discussion générale .....	41
<b>Conclusion</b> .....	42

### **Référence bibliographique**

## Liste des abréviations

**A.N.R.H:** Agence National des Ressources Hydriques.

**C.E :** Conductivité électrique.

**C.E.M :** Conductivité électromagnétique.

**O.N.M :** Office National des Météorologie.

**S.A.R :** Sodium adsorption ratio.

**pH :** Potentiel Hydrogène.

**C.E.C:** Capacité d'échange cationique.

**U.S.S.L :** U.S Salinity Laboratory.

**F.A.O :** Food and Agriculture Organization.

**E.S.P :** taux de sodium échangeable.

**CV :** coefficient de variation.

**dS/m :** décisiemens par mètre.

**méq/l :** milli équivalent par litre.

**WRB :** IUSS Working Group, 2014.

**CPCS :** Commuté Pédologique pour la Classification du Sol.

### Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
Tableau I	Classement des sols salés et correspondances approximatives (Degros 2007)	8
Tableau II	Précipitation en (mm) période 2000-2008 (ONM)	20
Tableau III	Température en C° de période 2000-2008 (ONM)	21
Tableau IV	Température moyenne mensuelle 2000-2008 (ONM)	21
Tableau V	Résultat analytique de profil 1	29
Tableau VI	Résultat statistique descriptive du profil 1	29
Tableau VII	Caractéristique analytique de la solution de sol	31
Tableau VIII	Statistique descriptive de pH et de CE	31
Tableau IX	Résultat analytique de profil 2	34
Tableau X	Analyse statistique descriptive de profil 2	34
Tableau XI	Caractéristique analytique de la solution du sol du profil 2	36
Tableau XII	Statistique descriptive du pH et de CE de profil 2	36
Tableau XIII	Corrélation entre les différents paramètres chimiques et les facteurs	40

## Liste des figures

N° de Figure	Titre de figure	Page
Figure 1	Carte de classification des solonchaks dans la région nord d'Algérie (Hadj Miloud, 2010)	12
Figure 2	Accumulation des sels sur les points hauts lorsque la texture est fine (Franzab 2005)	14
Figure 3	Liaison entre dispersion et teneur relative du complexe adsorbant en sodium (Pons et Gerbaud, 2005)	15
Figure 4	Le Géonics EM 38	16
Figure 5	Situation géographique de la zone d'étude	19
Figure 6	Diagramme Ombrothermique de Gaussem de la région de Relizane (2000-2008)	22
Figure 7	Localisation des profils	26
Figure 8	Répartition des fractions granulométrique dans profil 1	30
Figure 9	Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 1	32
Figure 10	Faciès chimique des solutions du sol (diagramme piper)	33
Figure 11	Répartition des fractions granulométrique du profil 2	35
Figure 12	Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 2	37
Figure 13	Faciès chimique des solutions du sol (diagramme de piper)	38
Figure 14	Plan 1,2 de l'ACP. Axe horizontale (1), axe verticale (2)	39

# Introduction Générale

---

## INTRODUCTION

Les sols salés couvrent environ un milliard d'hectares dans le monde, ils sont situés principalement dans les régions arides et semi-arides (Hamdy, 1995).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà plus de 400 millions d'hectares (Houchi et Coudret, 1992).

Par ailleurs, dans les régions sèches où l'eau d'irrigation est souvent minéralisée, les risques de salinisation secondaire sont plus importants (FAO, 1972).

Cependant, la salinité est une contrainte qui affecte le comportement des végétaux, elle provoque des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (Munns, 2002).

De même, le processus de salinisation est très complexe. De ce fait, il faut souligner que les systèmes de classification des sols, classent les sols salés d'une manière différente. La classification française (CPCS, 1967) classe ces sols comme des sols halomorphe, concernant la WRB (IUSS Working Group WRB, 2014) ce sont des Solonchaks.

En Algérie, la salinité a fait l'objet de plusieurs recherches (Durand, 1954 ; Halitim, 1973 ; Daoud, 1983 ; Daoud et al, 1993 ; Djili, 2000 ; Douaoui, 2005 ; Hadj miloud, 2010; Ait mechedal, 2014). Il ressort de ces recherches que ce phénomène constitue un problème majeur qui affecte les terres agricoles, elle est d'origine primaire et que la salinisation secondaire contribue à l'extension spatio-temporelle de la salinité. La plupart des travaux ont relégué au second plan les aspects de classification de ces solonchaks.

L'objectif de cette étude est de classer ces sols salés de la région de Relizane dans la classification WRB (IUSS Working Group WRB, 2014) qui a été privilégié par l'union internationale de la science du sol et l'union européenne en tant que système de corrélation entre les sols (Jones et al, 2005). De même, nous avons réalisé une caractérisation de l'état de salinité des sols salés de la région de Relizane.

Enfin, pour présenter les résultats de cette étude, nous avons organisé ce document en trois chapitres :

# Introduction Générale

---

- Le premier chapitre porte sur une étude bibliographique.
- Le deuxième chapitre porte sur la présentation de la région d'étude, méthodologie adoptée et le matériel utilisé pour réaliser cette étude.
- Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième chapitre.

**CHAPITRE I**  
**SYNTHÈSE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE II**

## **MATERIEL ET METHODE**

# **CHAPITRE III**

## **RESULTATS ET**

## **DESCUSSIONS**



## Chapitre II : Matériel et Méthode

### 2. 1. Précipitation

Le tableau II révèle une grande irrégularité des précipitations mensuelles moyennes. Elles varient de 2,4 mm en Juillet à 59,3 en Novembre pour la période 2000-2008. En 2004, ces précipitations variaient entre 2mm en Août et 83 mm en Décembre. On remarque aussi qu'environ 39% et 32% des pluies tombent respectivement en automne et en hiver par ailleurs, le totale annuel de l'Am 2002 s'avère moins important que celui enregistré durant la période 2000-2008 pour les deux premier mois de l'année 2005, les précipitations sont comparable à celles de l'année 2002.

**Tableau II. Précipitation en (mm) période 2000-2008**

Mois Ans	Jan	Fév	Mas	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
<b>2000</b>	5,2	0	13,0	14,6	7,4	0	8	1	34,3	114,5	80,1	39,9	318
<b>2001</b>	60,5	21,0	3,3	42,8	12,2	2	2	0	23,1	11,9	99,4	29,3	307,5
<b>2002</b>	18,6	14,5	46,2	48,3	30,1	0	4	11	0	19,3	60,4	48,3	301
<b>2003</b>	70,5	55,9	12,7	43	33,4	3	1,5	10,9	2,1	49,9	77,9	56,2	417,2
<b>2004</b>	29,9	45,4	16,1	29,1	79,6	7,8	0	2,9	7	38,1	28,6	83,5	367,7
<b>2005</b>	28,6	87,6	35,9	5	1,1	0	0	6	14,5	36,6	73	58,8	347,1
<b>2006</b>	41,2	69,5	20	8,9	88,2	9	2	2,3	14,4	5	2	123,1	385,6
<b>2007</b>	33,1	59,2	67,1	86,6	31,6	0	1,1	4	30,2	48,1	57,1	16,7	434,8
<b>2008</b>	29,7	24	46,7	13,6	55,3	13,1	14	1	6,5	25,9	77,1	105,5	412,4
<b>Moy</b>	35,2	41,9	29	29,1	37,6	3,9	3,6	4,3	14,6	38,8	61,7	62,3	362

## Chapitre II : Matériel et Méthode

### 2. 2. Température

Le tableau III montre que la température (moyenne-mensuelle) la plus faible (8,3 C°) est enregistrer en Janvier et plus élevée (31,5 C°) en Août et que la moyenne annuelle est égale à 17,1 C° de même, il indique que les températures mensuelle augmentent de Janvier jusqu'en Août à partir duquel elles amorcent une décroissance régulière.

**Tableau III. Température en C° de période 2000-2008**

Mois Ans	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2000	9,6	12,9	15,3	17,4	23,2	27,0	30,5	31,1	25,5	19,2	14,7	13,4	248,8
2001	11,4	11,6	17,3	16,9	20,2	28,4	29,8	31,1	26,6	24,7	14,2	10,5	242,7
2002	11,3	12,5	15,1	16,1	21,1	28,1	28,2	28,0	25,4	21,5	15,5	13,6	236,4
2003	10,3	10,9	15,0	16,9	21,1	29,7	32,0	31,5	26,4	21,5	15,8	11,2	242,3
2004	11,2	13,2	13,8	16,3	18,2	26,9	30,1	31,2	27,8	23,0	14,3	11,8	237,8
2005	8,3	8,5	14,3	17,0	23,4	27,5	31,3	29,4	25,0	22,3	14,5	11,2	232,7
2006	9,6	10,7	15,0	19,4	24,5	26,8	31,5	29,5	26,2	24,4	18,9	12,8	249,3
2007	12,4	14,0	13,2	16,5	21,2	25,5	30,3	30,2	26,5	20,7	14,6	11,7	236,7
2008	12,1	14,1	14,6	18,4	20,7	25,8	30,4	30,7	26,3	21,6	13,8	10,8	239,3
Moy	11,9	11,9	14,7	17,1	21,4	27,0	30,0	30,0	26,0	21,7	15,1	11,9	238,7

**Tableau IV. Températures moyennes mensuelles (2000-2008) ONM**

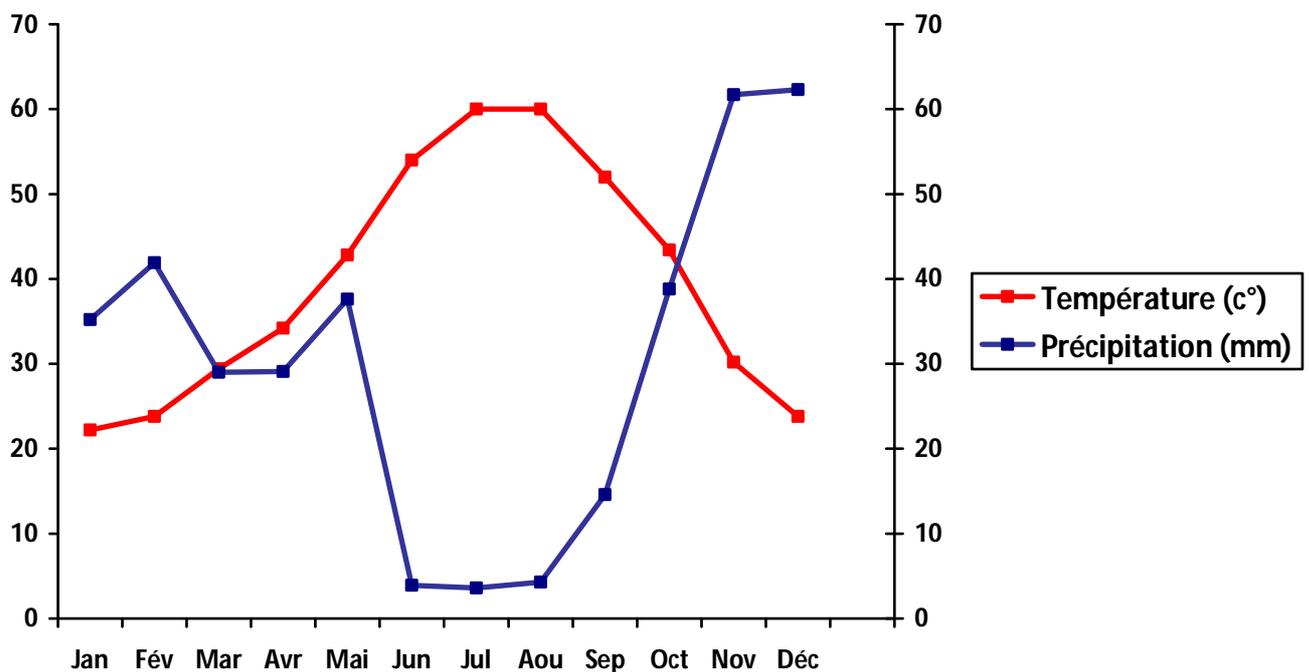
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmin	6,2	6,6	8,6	10,5	14,5	19,2	22,1	22,5	19,5	15,8	10,2	7,4	13,7
Tmax	16,0	17,2	20,9	23,7	28,2	34,8	37,9	37,5	32,6	27,7	20,0	16,3	16,0
Tmoy	11,1	11,9	14,7	17,1	21,4	27,0	30,0	30,0	26,0	21,7	15,1	11,9	19,9

Le tableau IV montré que le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. La température minimale

## Chapitre II : Matériel et Méthode

enregistrée est 6,2 C° en Janvier et la température maximale est de 37,9 C° en Juillet. Les températures moyennes les plus élevés sont enregistrée durant les mois de Juillet et Août, ou elles atteignent un maximum de 30C°, ce que correspond à une forte évapotranspiration et une remonté capillaire de la nappe. Les basses températures se manifestent aux mois de Janvier avec une température moyenne de 11,1C°.

Le diagramme ombrothermique de la région pendant la période 2000-2008 indique que la période sèche ( $P=2T$ ) s'étale sur toute l'année avec un maximum en été (Figure 6). Montre que la période de sécheresse est très longue. Elle s'étale sur huit mois. Allant de Mars à Octobre.



**Figure 6. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Relizane (2000-2008)**

### 2. 3. L'évapotranspiration (ETP)

L'évapotranspiration potentielle dans la région de Relizane estimée selon la formule de Penman de 1600 mm/an.

Le climat de cette région est très rude et très contrasté, dans la mesure où les précipitations annuelles moyennes sont faibles (238 mm) et l'ETP est de 1600 mm/an combinés à des températures très élevées en été (30 C°), d'où l'importance du déficit hydrique annuel. Par ailleurs, ces conditions sont très favorables à une remontée capillaire de la nappe qui peut

accentuer le phénomène de la salinisation. Le phénomène de salinisation est plus intense pendant les périodes sèches (FAO, 2002).

### **3. Pédologie**

Les sols de la région ont été divisés par Boulaine (1956) en deux catégories : les sols des bordures de la plaine et les sols de la plaine proprement dite.

#### **3. 1. Les sols des bordures de la plaine**

Ces sols sont formés par des associations de sol plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques, le plus souvent rendziniformes avec parfois la présence d'une croûte calcaire. Ils sont toutefois bien représentés dans la partie sud de la région avec une texture équilibrée et une bonne structure et présentent de ce fait une bonne perméabilité. Ces sols sont caractérisés par des teneurs moyennes en calcaire total et par l'absence de la salinité, toutefois leur irrigation par des eaux chargées en sels peut être responsable d'une salinisation secondaire qui se manifeste localement comme c'est le cas de certaines parcelles de périmètre d'Ouarizane.

#### **3. 2. Les sols de la plaine proprement dite**

Cinq classes ont été décrites : les sols salés, les sols hydro morphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques. Dans la classe des sols salés Boulaine (1957) distingue les solonchaks inertes avec accumulation des sels en surface ou en profondeur, les solonchaks vifs (horizon de surface à structure micro polyédrique en pseudo-sable durant l'été) pouvant être parfois hydro morphe, les solonchaks vifs défloculés (dispersés en surface), les hyposolonchaks et les eosolonetz des lunettes érodées. Ces derniers, se trouvant uniquement sur les collines qui entourent la sebkha de Benziane, se sont formés à partir des formations d'origine éoliennes. Les solonchaks vifs défloculés étaient localisés, la rupture de pente qui borde l'auréole de la sebkha de Benziane. Actuellement, ils apparaissent également dans d'autres zones telles qu'au niveau de la partie Nord-Ouest du Hmadna.

### **4. Type de sol**

#### **4. 1. Les sols peu évolués**

- Les sols peu évolués d'apport alluvial : ce sont des sols dont les caractéristiques physico-chimiques sont très variées au vu des conditions différentes de leurs dépôts et de leur migration. Leur granulométrie peut être argileuse limoneuse ou sableuse, on les rencontre le plus souvent sur les terrasses des lits de l'Oued. Ils sont généralement profonds.

- Les sols peu évolués d'apport colluvial, ces sols se localisent sur les bordures de la plaine à la rupture de pentes entre les piémonts et les glacis. On les retrouve aussi au niveau des cônes de déjection des Oueds tels qu'Oued Rhiou et Oued Djedouia. Ils sont caractérisés le plus souvent par des dépôts de cailloux et de graviers à la surface et en profondeur du profil, leurs textures peuvent être très variées.

#### **4. 2. Les vertisols**

Les vertisols sont riches en argiles gonflantes (smectites), il se définit comme des sols à profil homogène ou irrégulièrement différencié, par suite aux mouvements verticaux par gonflement et rétraction respectivement en période humides et sèche, ils représentent souvent le caractère salin.

#### **4. 3. Les sols calcimagnésiques**

Ces sols sont présents le long des limites Nord et Sud de l'aire d'étude. Ce sont des sols d'apport alluvial et colluvial, ils sont plus ou moins différenciés et présentent parfois d'encroustement et de croûte.

#### **4. 4. Les sols hydro morphes**

Ce sont des sols profonds avec un drainage imparfait dû à la position basse qu'ils occupent formant généralement des dépressions fermées telles que les sols de la Gaâ, on les rencontre un peu partout dans la région de Relizane.

#### **4. 5. Les sols salsodiques**

Les sols salsodiques appelés auparavant halomorphes sont définis comme étant des sols dont l'évolution est influencée par la présence des sels solubles et du pourcentage du sodium échangeable, lorsque la conductivité électrique dépasse les 4ds/m par la méthode de la pâte

## Chapitre II : Matériel et Méthode

---

saturée ils sont appelés sols salés. Selon le degré de salinisation les sols de Relizane se distinguent en deux catégories :

- Les sols légers et non salés : caractérisé par une structure moyenne à grossière et présentent des caractéristique hydrodynamique (perméabilité et infiltration) assez élevées.ils se localisent aux bordures des Oueds et aux pieds des collines, ce type de sol est également peu confronté au risque de salinisation.
- Les sols lourds salés : caractérisé par une texture fine, une faible perméabilité et des problèmes de drainage sous irrigation.

### 5. Méthodologie

L'objectif de cette étude est de caractérisé les solonchaks de la région de Relizane qui se localise dans le périmètre irrigué du Bas-Chélif. Par ailleurs, connaissant la forte salinité qui caractérise les sols de cette région d'Algérie, il s'agira surtout de voir dans quelle mesure les propriétés analytiques de ces sols concordent avec les critères diagnostiques du groupe solonchak tel qu'il est défini par la classification WRB (2014).

Pour rappel, d'après la WRB (2014) un solonchak doit se caractériser, par la présence d'un horizon salique. Celui-ci doit avoir sur toute sa profondeur :

- Une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieure à 15dS /m à 25C° à un moment de la l'année.
- Une CE de plus de 8 dS/m à 25C° si le pH (H<sub>2</sub>O) de l'extrait de pâte saturée dépasse 8.5 (pour les sols carbonatés alcalins) ou est inférieur à 3.5 (pour les sols sulfatés acides).
- Une épaisseur d'au moins 15 cm.
- Un produit de l'épaisseur en (cm) et de la CE en (dS/m) supérieur ou égal à 450 ou plus
- Absence d'un horizon sulfurique (thionic).

Les deux profils étudiés se localisent dans les endroits suivants (figure 7) :

- Le profil P1 se trouve dans la plaine de la Mina qui constitue la limite ouest du Bas Chélif ;  
Cordonnées géographiques : Longitude 0° 29' 31.2'' E

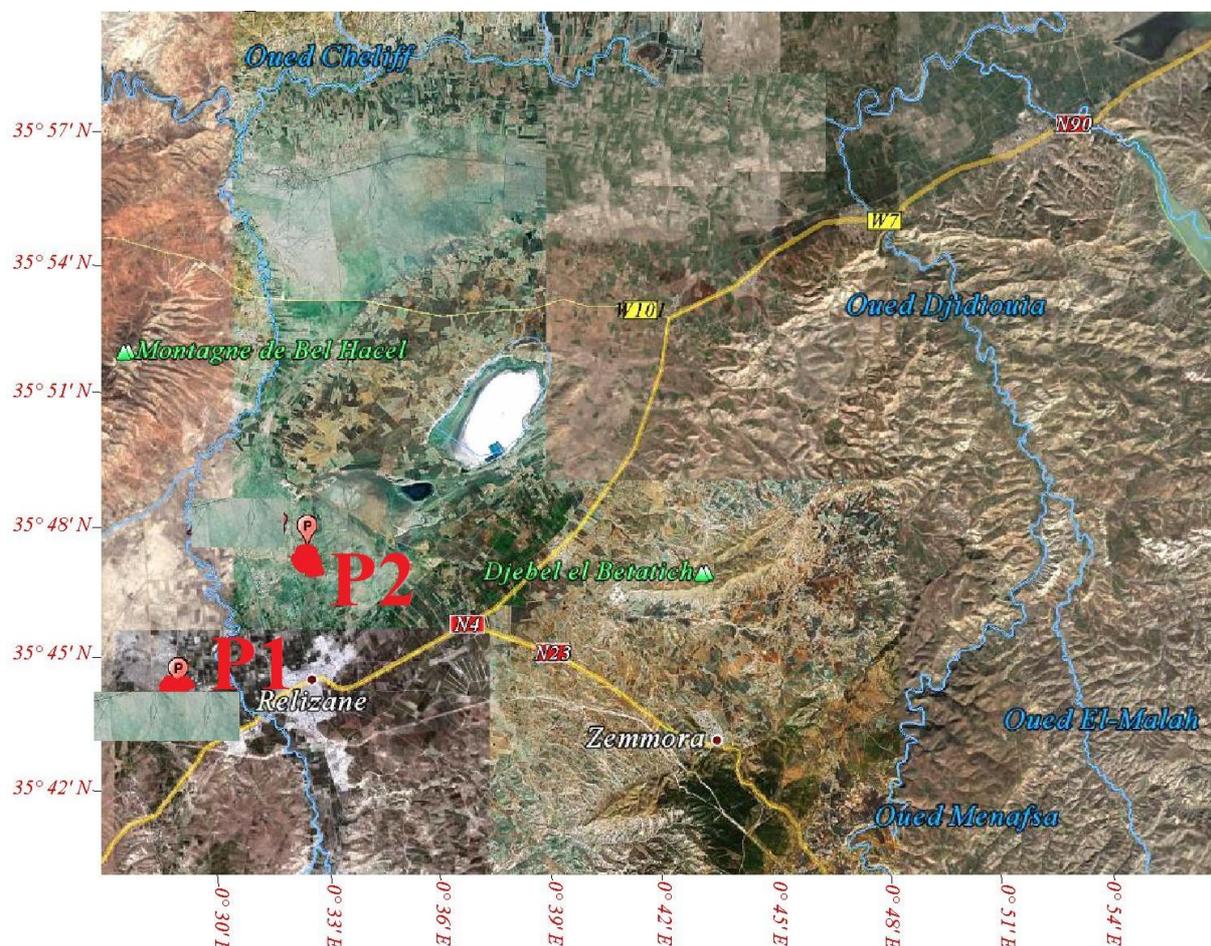
Latitude 35° 44' 17.0'' N

## Chapitre II : Matériel et Méthode

- Le profil P2 se trouve à Gaâ c'est une dépression fermé qui se trouve sur la rive droite de l'oued Mina ;

Cordonnées géographiques : Longitude 0° 33' 22.0'' E

Latitude 35° 47' 44.33'' N



**Figure 7. Localisation des profils.**

Les données utilisées sont été extraits d'une base de données pédologique englobant des études d'inventaire pédologique réalisées dans la région Nord de l'Algérie. Cependant, nous avons extraire les données deux profils pédologique correspondant aux critères diagnostiques des solonchaks WRB (2014). Les deux solonchaks étudiés se localisent dans la région de Relizane.

### 5. 1. Analyses du sol

Pour le sol nous avons utilisé les données obtenus par les méthodes suivantes :

- L'analyse granulométrique : méthode internationale à la pipette de Robinson.

## Chapitre II : Matériel et Méthode

---

- La conductivité électrique (pâte saturée) : méthode électrique.
- Le pH : réalisé sur l'extrait de la pâte saturée.
- Calcaire total : méthode volumétrique au calcimètre de Bernard.
- Le gypse : dosage par attaque puis précipitation, par le chlorure de baryum.

### 5. 2. Analyses de la solution du sol

- La conductivité électrique : méthode électrique.
- Les sulfates : méthode gravimétrique par précipitation (chlorure de baryum).
- Les carbonates et les bicarbonates : méthode volumétrique, dosage par une solution acide.
- Les chlorures : méthode volumétrique au nitrate d'argent.
- Le sodium et le potassium : par photométrie de flamme.
- Le calcium et le magnésium : par photométrie d'absorption atomique.

Afin de mieux interpréter les résultats, nous avons adopté une méthode statistique qui est L'ACP (analyse en composante principale), entre la conductivité électrique et les différents paramètres chimiques de la solution du sol ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{SO}_4^-$ ) à l'aide du logiciel Excel-stat. Cette analyse nous permet de voir quelles sont les éléments de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variation de la salinité.

## Chapitre III : Résultats et discussions

Ce chapitre est réservé à la présentation et la discussion des résultats analytiques des solonchaks de Relizane.

### 1. Résultats des analyses des profils

#### 1.1. Les constituants du profil 1

Les résultats analytiques des profils étudiés sont présentés dans le tableau V et les résultats statistique de la granulométrie sont présentés dans le tableau VI

**Tableau V: Résultats analytiques du profil 1.**

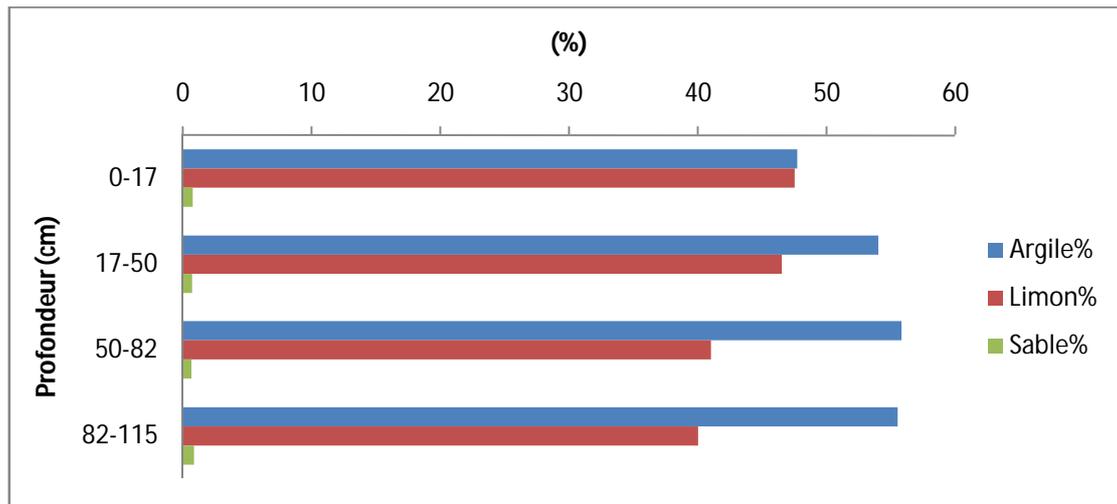
Profil 1	Horizons	Profondeur (cm)	Gypse (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)
	H1	0-17	0.71	23.51	52.1	42.4	1.3
H2	17-33	0.81	20.27	57.9	35.3	1.7	
H3	33-45	2.67	21.89	48.1	42.3	5.4	
H4	45-110	0.88	20.27	30.6	58.4	5.9	

**Tableau VI: résultats statistiques descriptives du profil 1.**

Profil 1	Argile	Limon	Sable
Max (%)	57,9	58,4	5,9
Min (%)	30,6	35,3	1,3
Moy (%)	44,25	46,85	3,6
Ecartype	13,65	11,55	2,3
C.V (%)	30.84	24,65	63,88

#### - La granulométrie

Nous observons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions argileuses et limoneuses, dans les horizons de la surface comme pour les horizons médianes, les taux d'argiles et de limons sont pratiquement les mêmes 57%, la fraction sableuse est très peu représentée, elle varie de 1,3 à 5,9 % (tableau V et figure 8) De ce fait la texture est Argilo-limoneuse. La distribution des fractions granulométriques dans le sol est hétérogène, au regard des coefficients de variations (tableau VI).



**Figure 8 : Répartition des fractions granulométrique dans profil 1.**

### - Le calcaire

Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  oscillant entre 23,51 et 20,27% donc le profil est moyennement calcaire (tableau V). La distribution des carbonates de calcium dans le profil est homogène.

### - Le gypse

Les teneurs en gypse sont faibles dans l'ensemble du profil 1. Elles varient entre 0,71 et 2,67% avec une moyenne de 1,27 % (tableau V), nous remarquons que de profil 1 est très pauvre en gypse.

### 1. 2. Résultats analytique de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques de la solution du sol sont présentés dans les tableaux VII et VIII.

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau VII : Caractéristiques analytiques de la solution du sol.**

Horizons	pH	CE	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
		(dS/m)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)
H1	7,63	23,5	135,6	10,16	30,64	50,25	200	2	30
H2	7,45	27,1	200,65	3,82	26,67	50,25	240	2	30
H3	7,18	41,5	208,27	4,00	78,82	135,63	373,91	8	94,2
H4	7,3	57,4	322,04	4,94	36,92	215,08	539,13	9	80,6

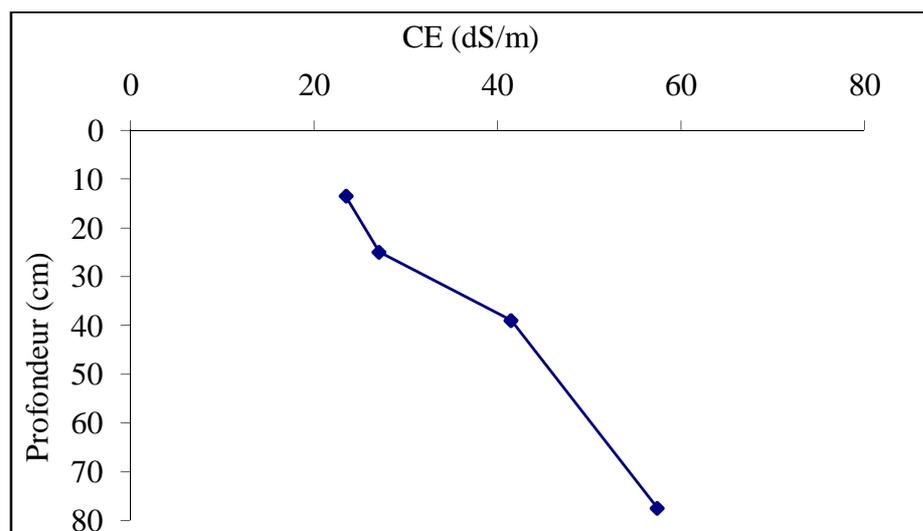
**Tableau VIII : Statistique descriptive du pH et de la CE.**

Paramètres	pH	C E
maximum	7,63	57,4
minimum	7,18	23,5
moyenne	7,39	37,37
CV%	2	38

- **La salinité**
- **La conductivité électrique**

La distribution des sels en fonction de la profondeur (tableau VII, figure 9) montre une forte salinité au niveau de l'horizon de profondeur (57,7 dS/m). La salinité est relativement faible au niveau de l'horizon de surface (CE = 23,5 dS/m). A partir de cet horizon nous notons un accroissement de la salinité.

La distribution des sels dans les profils est hétérogène (CV= 38%) (Tableau VII). Ces résultats indiquent que le profil salin du profil 1 est de type descendant.



**Figure 9. Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 1.**

### - Les cations

Parmi tous les cations de la solution du sol (tableau VII) le  $\text{Na}^+$  est le cation le plus abondant dans tous les profils avec des concentrations oscillent entre 135 meq/l et 322 meq/l. Le  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{Ca}^{++}$  se situent respectivement en deuxième et troisième positions. Cette tendance entre le  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ , le  $\text{K}^+$  se situe en dernière position avec une concentration qui varie entre 10 et 4 meq/l.

Ainsi, le classement des cations selon la prédominance est de type  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$ .

### - Les anions

Le  $\text{Cl}^-$  est l'anion prédominant dans la solution du sol (tableau VII) avec des concentrations qui sont compris entre, 539 et 200 meq/l et des teneurs qui varient. Les ions  $\text{SO}_4^{--}$  se situent en deuxième position et les ions bicarbonates en troisième position avec une teneur inférieure à 9 meq/l. En fin, l'ordre de classement des anions selon leur prédominance devient le suivant pour tous les horizons :



### - pH

Les valeurs du pH varient entre 7,18 et 7,63 avec une moyenne de 7,39 (tableau VIII). Ces valeurs démontrent une réaction du sol est relativement alcaline.

# Chapitre III : Résultats et discussions

## 1. 2. 1. Le faciès chimique

Le diagramme de Piper (figure 10) montre que le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour le profil 1. Ce sol évolue donc selon la voie saline neutre à dominante chlorurée (Marlet et Job, 2006).

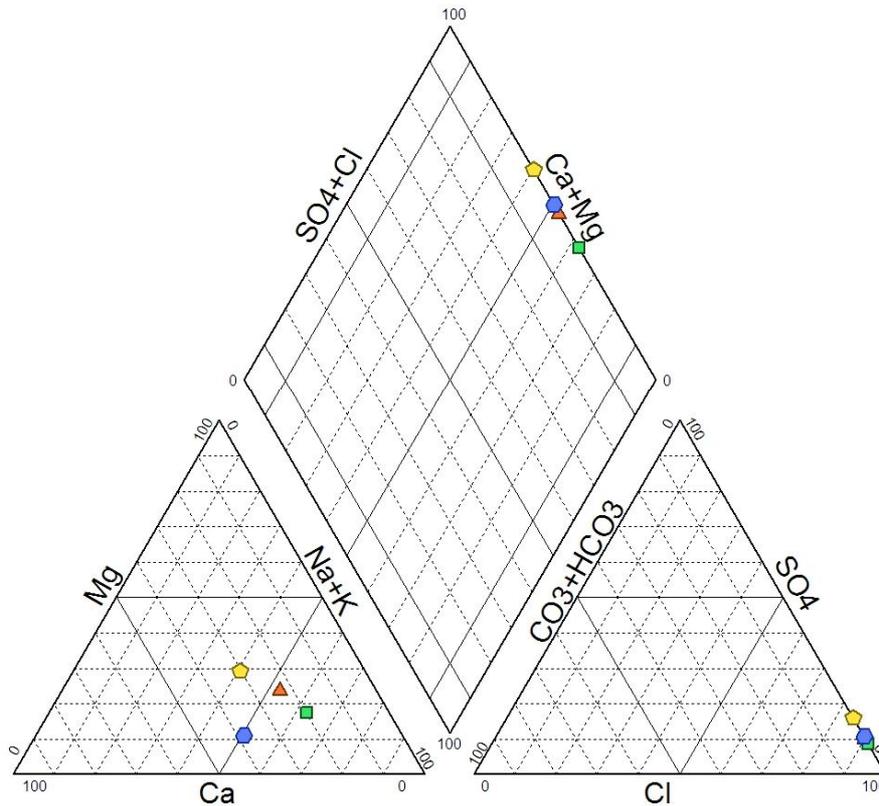


Figure 10. Faciès chimique des solutions du sol (diagramme de Piper).

## 2. Résultats des analyses des profils

### 2. 1. Les constituants du profil 2

Les résultats obtenus des différents éléments du sol du profil 2 sont présentés dans le tableau IX

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau IX : Résultats analytiques du profil 2.**

	Horizons	Profondeur	Gypse	CaCO <sub>3</sub>	Argile	Limons	Sable
		(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Profil2	H1	0-10	0.34	18.09	38.8	42.0	13.5
	H2	0-19	0.65	22.29	42.0	51.2	2.7
	H3	19-28	0.66	19.0	30.0	63.2	3.7
	H4	28-38	0.79	21.48	32.9	54.6	8.3

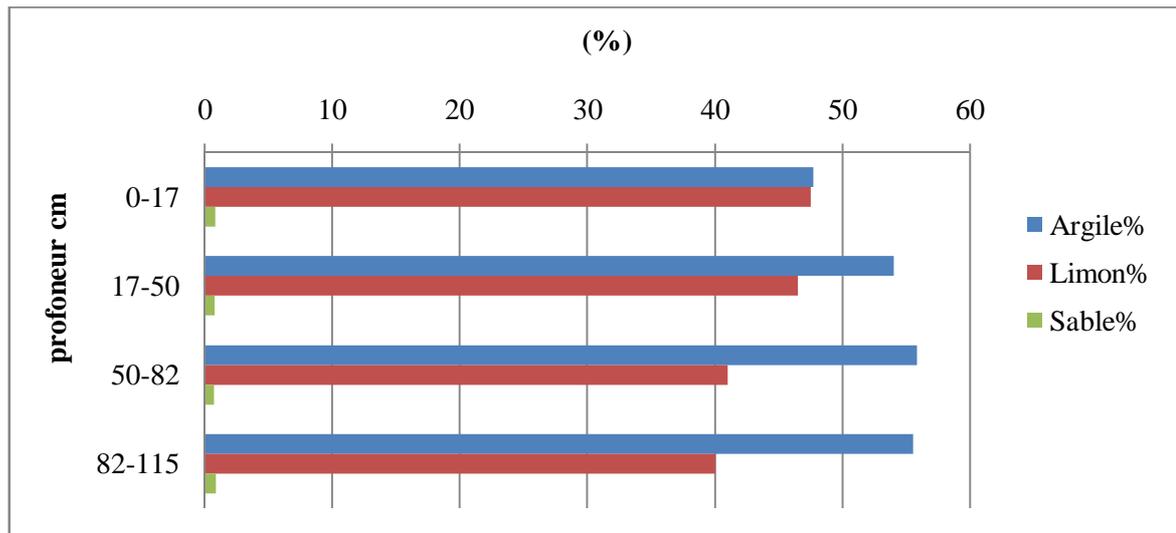
Les résultats des analyses statistiques du profil 2 sont indiqués dans le tableau X :

**Tableau X : Analyse statistique descriptive de profile 2.**

Profile2	Argile	Limon	Sable
Max (%)	42	63,2	13,5
Min (%)	30	42	2,7
Moy (%)	36	52,6	8,1
Ecartype	6	10,6	5,4
C.V (%)	16,66	20,16	66,66

### - La granulométrie

Nous observons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limoneuse (63,2%) et argileuse (42%). La fraction sableuse est très peu représenté, elle varie 2,7 à 13,5% (tableau IX et figure 11). De ce fait la texture est Limono-argileuse. Au regard des coefficients de variation nous observons une hétérogénéité dans la distribution des fractions granulométriques dans le sol (tableau X). Cette hétérogénéité puerait affectée la distribution des sels dans le sol.



**Figure 11 : Répartition des fractions granulométriques du profil 2.**

### - Le calcaire

Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  varient entre 18,09 et 22,29%. Par conséquent le sol est moyennement calcaire (tableau IX).

### - Gypse

Les teneurs en gypse sont faible dans l'ensemble du profil 2 elles variaient entre 0,34 et 0,75% avec une moyenne de 0,54% (tableau IX) .De ce fait, le sol est non gypseux.

## 2. 2. Résultats analytique de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques de la solution du sol sont présentés dans les tableaux XI et XII.

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau XI : Caractéristiques analytiques de la solution du sol du profil 2.**

Horizons	pH	CE (dS/m)	Na <sup>+</sup> (meq/l)	K (meq/l)	Ca <sup>++</sup> (meq/l)	Mg <sup>++</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>*</sup> (meq/l)	SO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (meq/l)
H1	7,5	32,7	248,65	6,24	24,67	101,25	395	1	8,56
H2	7,1	22,29	16,6	9,23	1,25	5,58	20	6	8,56
H3	6,8	19	70,65	14,45	10,67	25,25	120	3	8
H4	7,1	21,48	335,8	5,50	38,92	215,08	539	7	8,1

**Tableau XII : Statistique descriptive du pH et de la CE du profil 2.**

	Paramètres	p H	C E
Profil2	Max	7,5	32,7
	Min	6,8	19
	Moy	7,12	23,86
	CV %	4	25,35

### - pH

Les valeurs du pH varient entre 6,8 et 7,5 avec une moyenne de 7,12. D'une manière générale la réaction du sol est relativement alcaline.

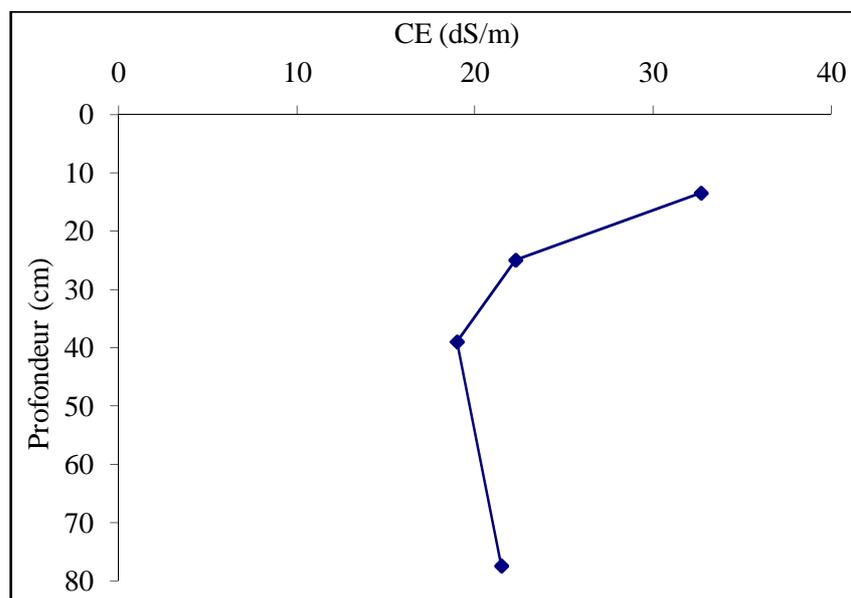
### - La salinité

Les valeurs extrêmes de la salinité varient entre 19 dS/m et 32,7 dS/m (tableau XI et XII). La figure 12 révèlent que le profil étudié est marqué par une très forte salinité au niveau de l'horizon de surface (CE= 32,7 dS/m). Par ailleurs, la partie médiane du profil présente une salinité relativement faible (CE= 19 dS/m). De ce fait, le profil salin est de type convexe pour le profil 2.

Cette dynamique des sels caractérise les sols influencés par une nappe salée peu profonde (Franzen, 2005) qui est localisée dans les zones basses. Le profil 2 se situe dans une

## Chapitre III : Résultats et discussions

dépression caractérisée par la présence d'une nappe salée (CE = 60 dS/m) qui se trouve à une profondeur de 1,6 m du sol.



**Figure 12. Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 2.**

### - Les cations

Le sodium est le cation dominant, sa concentration varie entre 16,6 et 335,8 méq/l (tableau XI). Il est suivi par le magnésium avec des teneurs qui oscillent entre 5,58 et 215,08. Le  $\text{Ca}^{++}$  se situe en troisième position avec des concentrations variant entre 38,92 meq/l et 1,25 meq/l. Le  $\text{K}^+$ , avec des teneurs qui varient entre 5,5 meq/l et 14,45 meq/l, c'est le cation le moins bien représenté dans les sols étudiés.

De ce fait, le classement des cations selon la prédominance est de type :  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$  pour le profil 2.

### - Les anions

L'ion prédominant dans la solution du sol pour l'ensemble du profil 2 est le  $\text{Cl}^-$  avec des teneurs variant entre 539 et 20 meq/l (tableau VI). Les  $\text{SO}_4^-$  se classent en deuxième position avec des concentrations qui varient entre 8 meq/l et 8,56 meq/l. Les ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  viennent en dernière position avec des valeurs oscillant entre 1 meq/l et 7 meq/l.

## Chapitre III : Résultats et discussions

De ce fait, l'ordre de classement des anions selon la prédominance pour le profil 2 est de type :



### 2. 3. Le faciès chimique

L'analyse du diagramme de Piper (figure 13) a permis de faire ressortir le faciès chimique de chaque solution étudiée. Le faciès de type chloruré sodique représente la majorité des horizons. Seul, l'horizon H4 a un faciès de type chloruré magnésien. Par ailleurs, le faciès de type chloruré sodique correspond aux plus fortes valeurs de salinité. Ces sols évoluent donc selon la voie saline neutre à dominante chlorurée (Vallès et al, 1997).

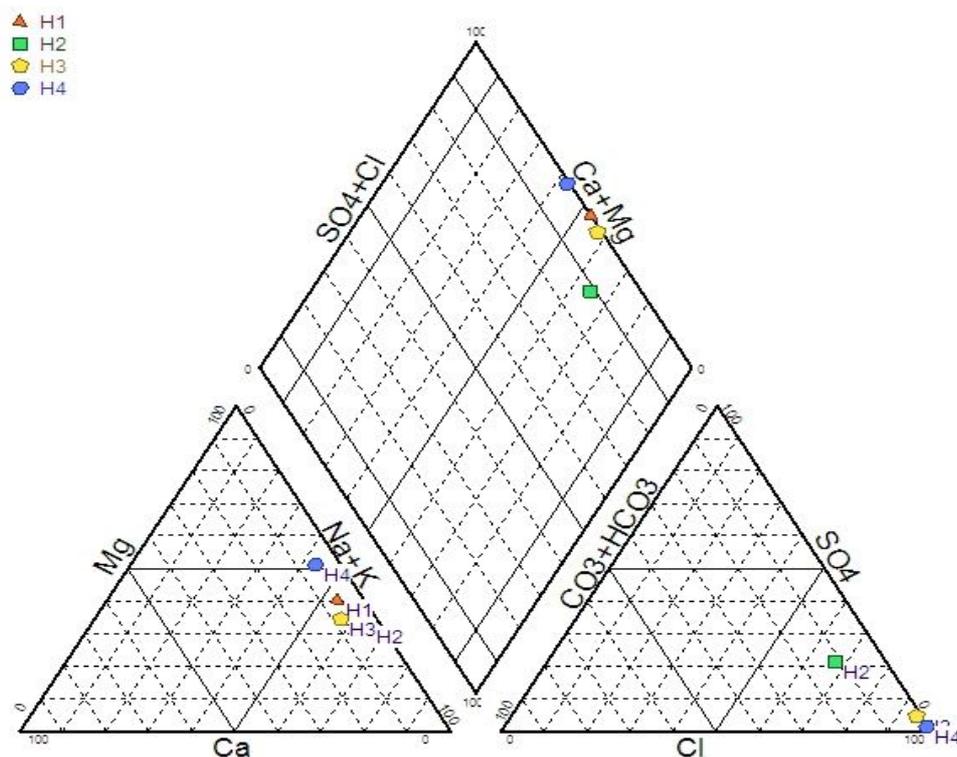


Figure 13. Faciès chimiques des solutions du sol (diagramme de Piper).

### 3. Statistique descriptive multidimensionnelle de la composition chimique de la solution du sol

## Chapitre III : Résultats et discussions

D'après la figure 14, l'axe F1 extrait 54,54% de l'inertie du nuage de points. Sur l'axe F2, l'inertie résiduelle qu'il extrait est de 45%. L'essentiel de l'information contenue dans les résultats sont représentés par l'axe F1 et F2.

Le premier axe est formé de la contribution des variables :  $\text{Cl}^-$  ( $r = 0,86$ ),  $\text{SO}_4^-$

( $r = 0,75$ ),  $\text{CE}$  ( $r = 0,98$ ),  $\text{Na}^+$  ( $r = 0,86$ ),  $\text{Ca}^{++}$  ( $r = 0,89$ ) et le  $\text{K}^+$  ( $r = -0,77$ ) (tableau XI).

Cependant, l'axe F2 est formé de la contribution des variables  $\text{HCO}_3^-$  ( $r = 0,69$ ),

$\text{Ca}^{++}$  ( $r = -0,36$ ),  $\text{SO}_4^-$  ( $r = -0,48$ ) et le  $\text{Na}^+$  ( $r = -0,47$ ).

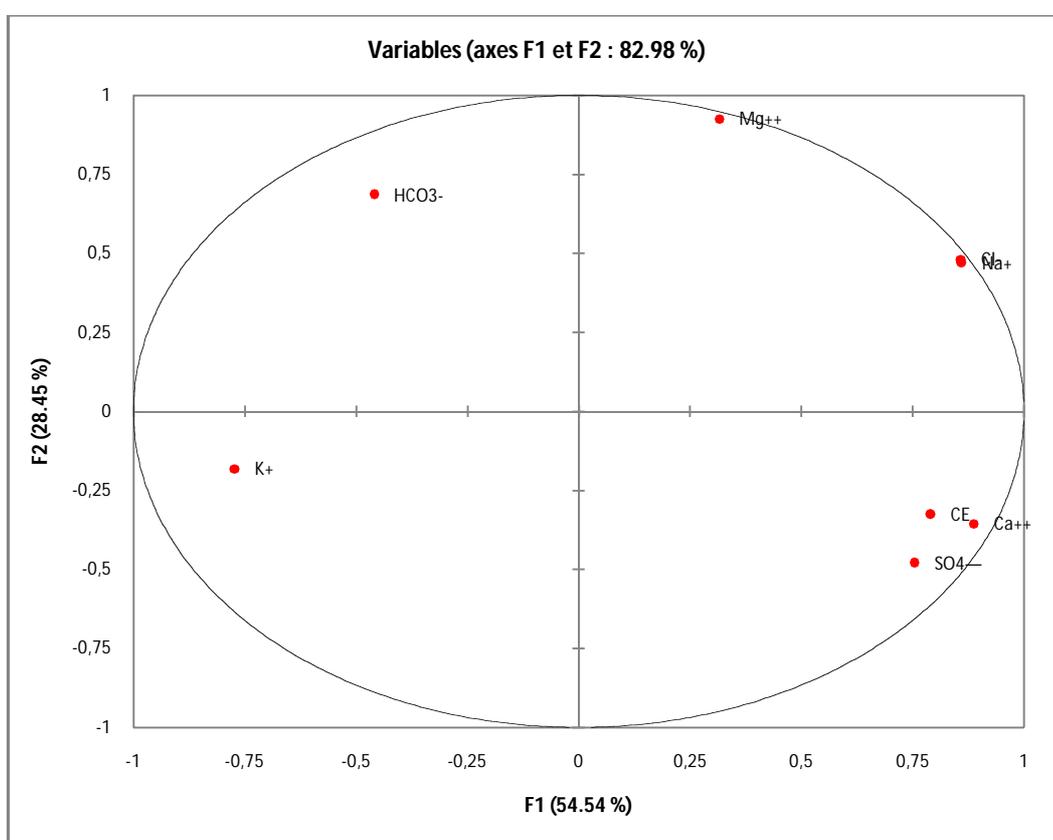


Figure 14. Plan 1, 2 de l'ACP. Axe horizontal (1), axe vertical (2)

**Tableau XIII : Corrélations entre les différents paramètres chimiques et les facteurs**

Paramètres	F1	F2	F3	F4	F5
CE	0.79	-0.33	0.43	-0.11	-0.26
Na <sup>+</sup>	0.86	0.47	0.08	-0.17	0.02
K <sup>+</sup>	-0.77	-0.18	0.44	-0.11	0.40
Ca <sup>++</sup>	0.89	-0.36	0.17	0.21	0.11
Mg <sup>++</sup>	0.32	0.93	-0.07	0.01	0.19
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.46	0.69	0.30	0.46	-0.16
Cl <sup>-</sup>	0.86	0.48	0.07	-0.11	0.12
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.75	-0.48	-0.16	0.35	0.23

Par ailleurs, nous pouvons dire que les éléments chimiques de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité sont : le Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> et le Ca<sup>++</sup>. Nous constatons que ces derniers sont proches du cercle de corrélation (figure 7) comparativement aux autres éléments.

#### 4. La classification

L'analyse des résultats analytiques suggère que les sols étudiés remplissent les conditions de critères diagnostiques du groupe solonchak tel que défini par la WRB (2014).

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15cm (150cm) et la CE est supérieure à 15dS/m. Par ailleurs, le produit de la profondeur et la CE est supérieur à 450.

Pour situer notre sol à un niveau avancé dans cette classification, nous avons retenu les préfixes et suffixes suivants :

- Hypersalic : la conductivité électrique est supérieure à 30 dS/m dans au moins un sous-horizon situé dans les 100 premiers cm du sol, de ce fait les sols étudiés sont des hypersalic.
- Chloridic : les chlorures constituent l'ion prédominant dans la solution des sols étudiés, de ce fait le profil étudié est chloridic.

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

- Clayic : Présence d'une couche de texture argileuse de 30cm ou plus dans les 100 premiers cm des sols étudiés, de ce fait les sols étudiés sont clayic.

En conclusion, les sols étudiés c'est des Hypersalic Solonchak (Hypersalic, Chloridic, Clayic).

Cependant, selon la classification USDA (2006) ce sont des typic haplosalids.

### 5. Discussion générale

Les sols étudiés ont une texture lourde (argileuse à argilo-limoneuse) en alternance parfois avec des couches de texture plus grossière. Cette distribution granulométrique est due au caractère alluvionnaire de la région d'étude, car les deux profils se situent sur la rive de l'oued Mina. De même, ces profils sont partout calcaires avec des taux qui se situent autour de 20%.

Les sols étudiés se caractérisent également par la présence d'une nappe salée à faible profondeur (1.5m de profondeur ; CE=60 dS/m) (Hadj miloud, 2010). L'effet de cette nappe sur le sol se traduit par la présence de taches d'oxydoréduction, en particulier à la base des profils (Hadj miloud, 2010). Par ailleurs, le climat évaporant de cette région (ETP = 1500 mm/an) et la texture argileuse favorisent la remontée capillaire des eaux de la nappe salée. De ce fait, le profil salin est de type convexe pour le profil 2.

Par ailleurs, les analyses ont montré que les deux profils sont excessivement salés sur la totalité de son solum ( $19 \text{ dS/m} < \text{CE} < 57,4 \text{ dS/m}$ ). Ceci pourrait être expliqué par le faciès chimique correspondant à la voie saline neutre. Ainsi, le pH de ces sols se situe autour de 7,4 démontre une légère alcalinité de ces sols. La composition cationique de la solution du sol est dominée par le  $\text{Na}^+$  et celle des anions est dominée par les chlorures. Ceci explique également le faciès chimique chloruré-sodique des sols en question.

L'analyse en composante principale (ACP) a montré que les éléments chimiques de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité sont : le  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ . Nous pouvons expliquer le résultat de cette analyse, par le fait que le  $\text{Na}^+$  ne rentre pas dans les phénomènes de précipitation des minéraux jusqu'à des valeurs de CE très élevées (Droubi et al, 1980). Concernant l'évolution du calcium et celui du magnésium sont peut être contrôlée par la précipitation de la calcite et de la magnésite. Cependant, le contrôle de l'évolution du  $\text{Mg}^{++}$  semble insuffisant pour limiter

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

sont évolution avec le niveau de salinité (Laoufi, 2010), parce que nous avons trouvé une faible corrélation ( $r = 0,38$ ). L'ion chlore, qui ne rentre pas dans les précipitations des minéraux jusqu'à des niveaux de salinité très élevés, présente un comportement semblable à celui du sodium est suit l'évolution de la CE (Ait Mechedal, 2014). L'évolution des sulfates pourrait être contrôlée par la précipitation des minéraux sulfatés (Daoud, 1993).

Enfin, les sols étudiés ont tous des horizons saliques qui se caractérisent par une épaisseur E supérieure à 15cm, une conductivité électrique supérieure à 15 dS/m, un pH compris entre 3.5 et 8.5 et par un produit  $E \times CE$  supérieur à 450. Ce résultat suggère donc que ces sols appartiennent au groupe de solonchaks de la WRB (2014).

### **Conclusion**

L'objectif de cette étude est de classer ces sols salés de la région de Relizane dans la classification WRB et également de caractériser l'état de salinité des sols en question.

Les analyses des résultats des deux profils montrent que les sols étudiés se caractérisent par une texture Argilo-limoneuse, des taux de calcaire qui se situent aux tours de 20% et de faible teneurs en gypse ( $>4\%$ ). Ces sols renferment des taux d'argiles relativement élevés ( $30\% > \text{Argile} > 57\%$ ) ce qui aggrave la situation des sols salés. La texture du sol agit sur le processus de salinisation selon son pouvoir drainant.

L'observation des profils salins révèle que le profil 1 se caractérise par un maximum de salinité dans sa partie inférieure (54,4 dS/m). La valeur extrême de la salinité pour le profil 2 est observée au niveau de l'horizon de surface (32,7 dS/m). La réaction du sol des deux profils est relativement alcaline.

Cependant, l'analyse de la solution du sol des deux profils a montré que les chlorures et le  $\text{Na}^+$  constituent une prédominance dans la composition chimique de la solution des sols étudiés. Le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour les deux profils.

De ce fait, les analyses des données ont révélé que les deux sols étudiés sont classés dans la classification WRB (2014) comme étant des Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

Par ailleurs, l'analyse en composante principale (ACP) a révélé que les éléments chimiques de la solution du sol ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ ) ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité.

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

Les deux profils étudiés se caractérisent surtout par des niveaux de salinité très élevés. Cette salinité affecte significativement les propriétés chimiques et physiques de ces sols, d'où l'apparition d'une dégradation de la structure du sol.

Enfin, nous suggérons que la classification WRB soit élargie pour les autres types de sols existants en Algérie, au moment où la WRB est adopté par l'union internationale de la science du sol.

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

## 1. Introduction

La salinisation est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels solubles dans les sols sous l'influence d'apport d'eau d'irrigation salée, de l'aridité du climat ou de conditions hydrologiques Particulières (lessivage insuffisant, proximité de la nappe. Marlet et Job (2006).

La salinisation est un processus pédogénétique fréquent dans les sols d'Algérie (Daoud, 1993 ; Halitim, 1988).

Les sols salés constituent un trait caractéristique des paysages de la zone aride. Par les mécanismes de leur formation très divers. En Afrique de Nord, la combinaison entre un passé géologique favorable au stockage des sels, l'aridité du climat, l'hydrographie, l'hydrogéologie et l'irrigation mal contrôlée font de la salinisation des sols une menace permanente (AUBERT, 1976 ; HULIN, 1983).

La salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels. L'origine responsable de cette salinisation est diverse, elle peut être marine actuelle ou ancienne, pétrographique due aux ions libérés par l'altération de certaines roches, éoliennes apportées par des embruns, anthropiques induite par la mise en irrigation à l'aide d'eau salés ou par la remontée des nappes salées (CHERBUY, 1991 ; LOYER, 1991).

## 2. Origine de la salinisation

### 2. 1. Salinisation primaire

Actuellement près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, les sels solubles ont diverses origines. Ainsi l'altération des roches contenant des minéraux sodique, potassique ou magnésique donne des sels souvent solubles, en particulier les chlorures sulfates, les carbonates et parfois les silicates. Donc la salinité primaire ont diverse

- Origine marine : les sels solubles provoquent par un contact direct du sol avec les eaux de mer, il consiste dans une submersion de terrains par la mer au cours des tempêtes des marées exceptionnelle et des raz marées.
- Origine continentale : les sels solubles proviennent des couches sédimentaires salifères, la formation gypso-Saline placée en relief par la tectonique contribuent a salinisation les terrains situés en contrebas par les sédiments salés chlorure sodique, chlorure calcique.

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

- Origine volcanique : les sels solubles proviennent de certaine manifestation posthume du volcanisme qui l'altération des roches volcaniques fournit fréquemment du carbonate de sodium qui conduit à des phénomènes pédologique d'alcalinisation.

## 2. 2. Salinisation secondaire

- Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaire». C'est un processus ultérieur à la formation du sol, le caractère salin du sol est induit par plusieurs mécanismes.
- La salinisation est due à la remontée d'une nappe phréatique peu profonde formée par des eaux salines.
- L'halomorphe peut provenir des eaux d'irrigation salines en milieu drainé.
- La salinisation se produit lorsque l'eau d'irrigation est distribuée en quantité trop faible qu'il y ait percolation chlorure sodique, chlorure calcique.

## 3. Caractéristique des sols salés

### 3. 1. Caractéristique chimique

- La salinité du sol est décrite et caractérisée en termes de concentration des différents types des sels solubles. Il existe trois grandes facies salins dans l'Algérie chlorure sodique, chlorure calcique et le sulfate sodique Par ailleurs, les facies chimiques les plus répandus en Algérie sont : les chlorure sodique, chlorure calcique (Maillard, 2001).
- Chlorure sodique : le pourcentage du sodium échangeable est supérieur à 15% et une conductivité électrique à 4 dS/m à 25C° et pH a compris 8,5 et 10. Ce sol dispersion et dissolution de la matière organique présente dans la solution du sol peut être déposée à la surface du sol par évaporation, ceci donne naissance au salant noir (black al kali).
- Le sol échangeable présent dans les sols non salins et alcalins a une influence néfaste sur les propriétés physico-chimique, la dispersion des colloïdes apigmentés proportionnellement au pourcentage du sodium échangeable. Le Ph peut atteindre des valeurs supérieures à 10 à ce stade d'alcalinisation, avec la présence d'une quantité importante de carbonate, le calcium ainsi que le magnésium peuvent être précipité.
- Chlorure calcique : caractérisé dans la solution de sol et dans le complexe adsorbant par une dominante du calcium et magnésium sur le sodium ainsi que la conductivité

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

électrique elle est supérieure à 4 dS/m et pH ne dépasse pas 8. Ce sol a été affecté par les processus de salinisation et d'alcalinisation.

- Sulfate sodique : caractérisé dans le sol sous forme sulfate acide ou neutre, cette sol peuvent reseter humide même saison sèche. Le Sulfate de c'est un composant typique des sols salés, on le trouve souvent dans les eaux souterraines, sa solubilité est très élevée, ce qui le rend un sel toxique.

## 3. 2. Caractéristique physique

Constituent des contraintes à leur utilisation agricole, a cause de l'influence des sels solubles et des sodiums échangeables. La propriété physique des sols salés présente une faible porosité et même perméabilité est relativement faible et leur stabilité structurale, le sodium échangeable provoque le gonflement et la dispersion des minéraux argileux ce qui réduit la macroporosité et provoque une diminution de la perméabilité et de stabilité structurale.

- Les sels solubles neutres en excès dans un sol argileux, présentent une structure du sol stable. Cependant, les sols salés sont plus fragiles et souvent sujet à dégradation car la salinité réduire la couverture végétale laissant le sol sensible a l'érosion éolienne ou hydrique.

-La perméabilité des sols salés (voie saline neutre) est généralement comparable à celles des sols non salés.

## 4. Classification de sol salé

### 4. 1. Classification Américaine (soil taxonomy, 2006)

La classification américaine est une classification hiérarchisée basée sur la morphologie et certaines analyses de laboratoire : c'est une classification morpho-analytique.

Les critères diagnostiques sont représentés par les horizons diagnostiques (épipedon), le pédoclimat, et par des critères secondaire (propriétés pédologique bien distinctes).

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

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

## - Caractéristiques de l'horizon salique selon soil taxonomy

- 1- L'horizon salique est de 15cm d'épaisseur ou plus
- 2- La CE supérieure ou égale à 30dS/m pour un extrait de pâte saturée, pendant 90 jours consécutifs ou plus au cours des années normales

### 4. 2. Classification française (CPSC. 1967)

La classification française insiste sur l'importance des modifications morphologiques et écologiques, même si elles sont variables dans le temps, subies par les sols dont l'évolution est soumise à l'influence d'un excès de sels solubles ou d'ions provenant de leur dissociation et susceptibles de provoquer la modification de leurs caractéristiques physiques. De ces sols elle fait une classe. Celle-ci est définie soit par la présence de sels solubles en quantité suffisante dans un horizon d'au moins 20 cm pour y élever la conductivité de l'extrait de pâte saturée jusqu'à au moins 8 millimhos par centimètre, à 25°C, soit par la dégradation de la structure d'un horizon d'au moins 20 cm sous l'influence d'un excès d'ions échangeables alcalins (Na/T variable suivant les sols mais toujours supérieur à 10%). Plusieurs noms lui ont été donnés Sols salés, Sols halomorphes, Sols sodiques; aucun ne recouvre l'ensemble des sols concernés.

### 4. 3. Classification WRB (solonchak)

La classification de la FAO (WRB, 2014) cite deux groupes aux sols affectés par la salinité, le groupe des Solonchaks et celui des Solonetz. Les Solonchaks sont des sols ayant un horizon salic débutant dans les 50 premiers cm de la surface du sol et n'ayant pas d'horizon thionic dans la même profondeur. Les Solonetz sont d'autres sols ayant un horizon natric débutant dans les 100 premiers cm de la surface du sol. Ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl chlorure de Sodium, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi-arides, ces sols sont caractérisé par une conductivité électrique et de pate saturé supérieur a 4ds/m a 25c°, le pH généralement inférieur a 8,5. Les saisons chaudes et sèches favorisent l'ascension capillaire des sels à la surface des sols. En Algérie ils sont abondants dans les basses plaines et vallées d'Oranais, vallée de Mina, près de Relizane sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine aux bords de certaines Chotts comme le chott Melrhir Ils ont

## Chapitre I : synthèse bibliographique

aussi une grande existence dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla. Selon Boulaine (1957), la région de Relizane serait creusée par un phénomène de déflation éolienne. Le bourrelet serait constitué d'accumulation par le vent des matériaux arrachés aux fonds de la région.

La correspondance des sols salés selon les différents systèmes de classifications est donnée par le tableau I.

**Tableau I. Classement des sols salés et correspondances approximatives (Degros 2007)**

CPCS (1967)	WRB (2006)	RP (1998)
Sols salins	Solonchak (Hz salic)	Sali sols
Sols salins à alcalins	Solonchak- solonetz	Sodisols indifférenciés
Sols sodiques	Solonchak (Hz natric)	Sodisols solonetzique
Sols sodiques dégradés	Solonetz glossablic	Spodosols sodique

La version de WRB (2014) 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. (2014) , 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.

### - 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 :

## Chapitre I : synthèse bibliographique

---

1. Une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieur à 15dS /m à 25C° à un moment de la l'année ; ou une CE de plus de 8 dS/m à 25 C° si le pH (H<sub>2</sub>O) 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).

### - 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 sp. 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 détrempe, 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.

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

- **Horizon sulfurique ou thionic** : c'est un horizon sub-superficiel 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
  - Une suspension sur des matériaux sulfuriques.
  - Au moins 0.05 % (en poids) de sulfates solubles dans l'eau.
- 2- Une épaisseur d'au moins 15cm.
- **Suffixes et préfixes des solonchaks préconisé par la WRB :**

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

La WRB (2014) 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,

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

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.

## 5. Répartition des sols salés

### 5. 1. Dans le monde

La salinité est un phénomène mondial qui affecte un billion d'hectare, soit 7% de surface terrestre (Ghassemu and al, 1995). D'après FAO les sols déjà salés représentent 2% des terres cultivables soit environ 300 millions d'hectare. Ces sols enrichis en sels (chlorure, sulfate, carbonate) sont rencontrés principalement sous climat arides (Duchauffour, 1992)

- Le long des cotes à marées basses des cinq continents sols sulfates qui peuvent être acide ou non

- Dans les zones bordant les régions volcaniques d'où viennent les eaux alcalines (plaines de l'axe en Arménie)

- Dans les parties mal drainées des régions méditerranéennes et arides, alimentées par des eaux ayant traversé des sédiments anciens salé riche en évaporites, le plus souvent gypso-salines.

### 5. 2. En Algérie

Les sols sodiques sont très répandus dans les régions arides d'Algérie, ils représentent 25% environ de la surface cartographie ils occupent de grandes étendus 15% de surface dans différentes régions.

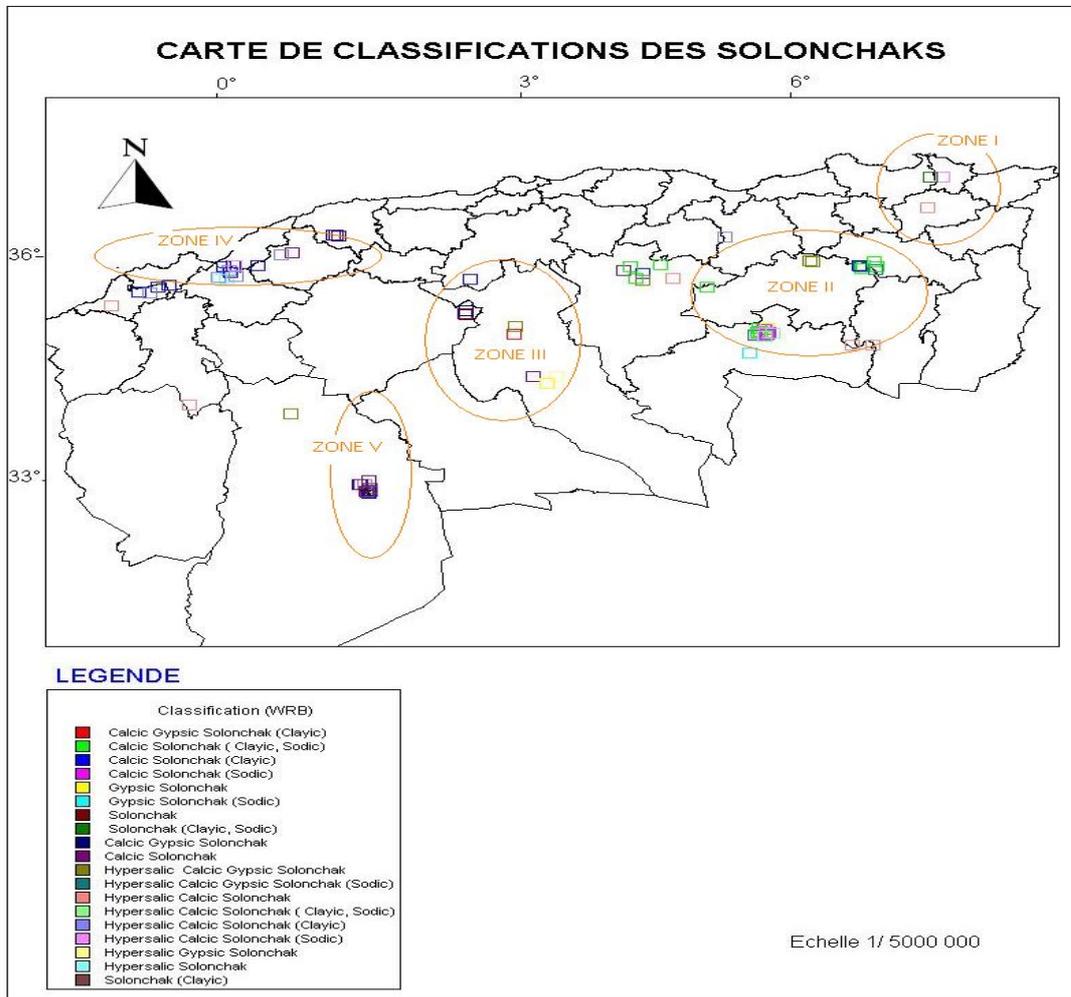
Les sols salés en Algérie trois types de bassins salifères

- La lagunaire mésozoïque 1.800.000 Km<sup>2</sup> pour les bassins du trais supérieur (mole Oranais, Kabylie, et nord d'une ligne passant par el-Goléa et Rhoude)
- Côtiers intra montagneux cénozoïque (tertiaire) d'environ 600 à 700 Km<sup>2</sup> entre le bassin d'évaporites de Chélif et de Constantine
- Fermés continentaux Plio-Quaternaire d'environ 40 a 300 Km<sup>2</sup> (chott de Constantinois, chott Melkghir, chott Djerid, sebka d'Oron, salin d'Arzew). Ils proviennent de

# Chapitre I : synthèse bibliographique

lessivage des dépôts salifères antérieurs s'effectuant sous un climat aride à semi aride et cela jusqu'à l'époque actuelle.

La répartition des solonchaks dans le nord d'Algérie est présentée par la figure 1.



**Figure 1. Carte de classification des solonchaks dans la région nord d'Algérie (Hadj miloud, 2010)**

## 6. Problème de la salinité

En Algérie la salinité est un problème majeur qui affecte les terres agricoles en diminuant leur potentiel productif. Plusieurs études ont été réalisées notamment dans le bassin du Chélif La zone d'étude de Relizane, appartient au bas Chélif qui est le siège de processus importants de salinisation; ce qui génère des problèmes de mise en valeur et de gestion dans ce type de milieu. Les sols affecté par les sels, présentent des caractéristiques bien particulières du point de vue morphologique et physico-chimique .Ces sels sont en relation directe avec la texture du sol, les sols salés occupent de vaste superficies 3,2 millions d'hectares de la superficie

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

totale. Ils sont localisés au Nord qu'au Sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques. En distingue trois problèmes majeurs.

- Une difficulté d'absorption de l'eau qui est liée à la pression osmotique des solutions riche en sels dissous, il peut y avoir aussi dégradation des propriétés physique du sol due à la fixation du sodium sur complexe.
- Intensité et la nature de la salure, type de profile salin, degré de dégradation de la structure et des autres propriétés physique tels que la perméabilité.
- La disponibilité de l'eau dans le sol.

## **7. Variation temporelle de la salinité**

### **7. 1. Rôle de saison**

Des études de terrain réalisé en milieu méditerranéen sur des sols naturelles couvertes d'une végétation de la clairsemée ont montré une variation de la salinité, dans ce cas les sels ont pour origine marine. La distribution dans les sels à croûtes et encroûtement calcaire et dans les sols encroûtements gypseux, il correspond aux sols influencés par une nappe salée peu profond et qui sont en générale localisé dans les zones basses et déprimées des séquences. Quand la concentration en sel est très forte nous observons a la surface du sol une texture en pseudo-sable et des efflorescences saline, il s'agit et caractérisé par une remontée capillaire et une lixiviation des sels.

### **7. 2. Rôle de climat**

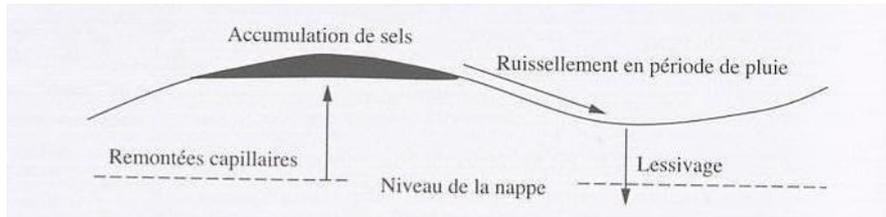
La salinité s'accroît avec le profond en relation avec lixiviation du sodium par les pluies, même si les sels peuvent remonter en période sèche, les profils saline acquièrent une certaine importance à cause de la pluviométrie annuelle.

### **7. 3. Rôle de la nappe**

Dans le cas d'une nappe salée, le processus d'accumulation des sels est d'autant plus marqué dans les sols très légèrement ondulé et la texture fine et remonté capillaire sont limitée

- la nappe est proche de surface ;
- elle est fortement minéralisée ;
- le bilan hydrique est en faveur de l'évapotranspiration potentielle ;

- Si le terrain est très légèrement ondulé et la texture fine, les sels s'accumulent dans les points hauts comme le montre la figure 2 (Franzeb, 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.



**Figure 2.** Accumulation des sels sur les points hauts lorsque la texture est fine (Franzeb, 2005).

### 8. Propriétés des sols salés

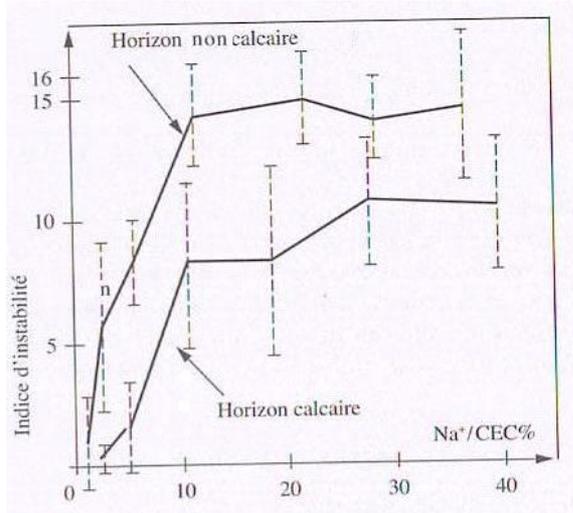
La salinisation des sols, qui est un problème agricole environnemental, a des conséquences parfois irréversibles sur les propriétés physico-chimiques des sols.

#### 8. 1. Faible stabilité structurale

Le test Emerson est une méthode qualitative qui permet de classer un échantillon parmi cinq classes de comportement.

Ce test permet d'apprécier facilement en 16 classes la tendance à la dispersion d'agrégats terreux. Il a été utilisé sur des sols des marais (Pons et Gerbaud, 2005), il est illustré par la figure 3.

Nous observons que l'instabilité de la structure, appréciée par le test d'Emerson, augmente avec la proportion de sodium sur le complexe adsorbant. L'augmentation est plus rapide et l'instabilité plus grande quand le sol n'est pas calcaire (moins de  $\text{Ca}^{++}$  sur le complexe).



**Figure 3.** Liaison entre dispersion et teneur relative du complexe adsorbant en sodium (Pons et Gerbaud, 2005).

## 8. 2. Faible perméabilité hydraulique

Servant (1970) a réalisé l'expérience simple et spectaculaire suivante :

- Il fait percoler une eau salée sur un échantillon d'une terre argileuse. La quantité d'eau qui filtre est constante par unité de temps et s'accroît donc linéairement avec le temps (On note que la perméabilité est plus forte que si l'on emploie une eau distillée.
- Après une heure, l'eau salée est remplacée par l'eau distillée. L'échantillon s'imperméabilise aussitôt et l'eau ne passe pratiquement plus. La courbe devient subhorizontale.

Les mécanismes impliqués sont les suivants :

1. Rôle direct de la concentration saline : Plus la concentration saline est élevée, plus l'argile a tendance à flocculer (écrasement de la double couche diffuse). La perméabilité est donc plus grande qu'avec une eau non salée. Mais, dans l'échantillon, cette percolation avec une eau saline a pour corollaire le remplacement des cations  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  par  $\text{Na}^+$ .
2. Gonflement : Les argiles sodiques de type 2/1, même peu gonflantes, accroissent leur volume lorsqu'elles sont saturées par l'eau. Dans l'échantillon soumis, en deuxième lieu, à l'essai de percolation avec l'eau pure, il y a expansion généralisée des argiles sodiques et donc diminution de la porosité.
3. Dispersion et explosion osmotique : Dans l'échantillon, et au moment où on introduit l'eau pure, les agrégats sont riches en sel. Il y a osmose. L'eau pure

# Chapitre I : synthèse bibliographique

pénètre rapidement ces agrégats et les fait exploser, ce qui détruit la porosité intersticielle résiduelle (Amezketta et al. 1995).

## 9. Méthode utilisée pour l'étude de salinité

### 9. 1. Analyse au laboratoire

Au laboratoire pour évaluer la quantité de sels contenue dans un échantillon de sol, il faut extraire ces sels de l'échantillon. Pour cela différentes méthodes sont utilisées mesure de la conductivité électrique sur les extraits de pâte saturée et mesure de la conductivité électrique sur les extraits dilués Le rapport sol/ eau est en général de 1/5

### 9. 2. Conductivité électromagnétique

Les mesures de conductivité électromagnétique ont été réalisées avec un conductimètre portable EM38 (Geonics), dont les bobines émettrice et réceptrice sont séparées de 1 m. La fréquence d'excitation est de 14,6 kHz. L'appareil mesure la conductivité électrique apparente du sol en mS/m. Quatre transects ont été positionnés de manière à obtenir une large gamme dans la réponse du conductimètre électromagnétique, sur une faible distance. Les mesures EM ont été réalisées à la surface du sol en mode vertical et horizontal, après avoir laissé chauffer les composants électroniques de l'appareil, et l'avoir étalonné dans l'air à une hauteur de 1,5 m (McNeil, 1980).



Figure 4 : Le Géonics EM38

### 9. 3. Conductivité électrique

En La conductivité électrique apparente (CEa) mesurée correspond à un volume de sol donné qui dépend des caractéristiques de l'appareil de mesure (longueur, fréquence de l'onde

## Chapitre I : synthèse bibliographique

---

électromagnétique émise), de son mode d'utilisation, et des caractéristiques physico-chimiques du sol (teneurs en eau et en argile, minéralisation de la solution du sol, compacité...) Généralement utilisées en valeurs relatives, les mesures de CE a peuvent être calibrées par rapport à une méthode d'extraction de la solution du sol et de mesure de la CE au laboratoire.

### **9. 4. Résistivité électrique**

Les chercheurs de Riverside (U.S.A) ont proposé avec succès l'installation en surface d'un quadripôle d'électrode de configuration Werner pour mesurer la conductivité électrique apparente du sol à la capacité au champ (Midorot, 2003). Il s'agit de déterminer in-situ la salinité d'une épaisseur de sol correspondent approximativement à la distance inter-électrode. La calibration des valeurs de la conductivité apparente du sol était assurée par des mesures de la conductivité électrique d'extrait de pate saturé d'échantillons de sol prélève sous le dispositif d'électrode. L'inconvénient de cette méthode est que les mesures doivent être réalisées à de fortes teneurs en eau à la capacité au champ (Rieu et Cheverry, 1976) et qu'elles sont influencées par les cations échangeables du sol ainsi que l'épaisseur concernée du sol est de même ordre que l'écartement entre les électrons d'où la difficulté de réaliser les mesures en profondeur.

### **10. Effet de salinité sur les plantes**

L'eau est une ressource indispensable toute les végétaux pour assurer les fonctions physiologiques vitales. Cependant suivant le milieu naturel, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches et salée vont se retrouver exposée un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre. Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétale d'un coté et la présence de sel en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante et de l'eau, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales, certaines nommées glycophyte ne sont pas capables de supporter la présence de sel les halophytes au contraire développent des réponses physiologique pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (Calu, 2006).

Enfin, La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes.

## **Référence bibliographique**

**AUBERT G., 1975.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales I.N.A. Alger, n°6 pp. 185-195.

**AUBERT G., 1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales INA, Alger 6 (1), 185-195.

**AUBERT, G.1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp. 185-196.

**C.P.C.S., 1967.** Classification des sols. ENSA Grignon, 87 p.

**CHEVERRY C., 1974.** Contribution à l'étude pédologique des polders du lac Tchad. Dynamique des sels en milieu continental subaride. Dans des sédiments argileux et organiques. Thèse Doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg, 175 p.

**CORWIN D.L., RHOADES J.D, 1990:** Establishing soil electrical conductivity-depth relations from electromagnetic induction measurements. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 21, 871-901.

**C.P.C.S., 1967.** Classification des sols. ENSA Grignon, 87 p.

**DABIN B., 1968.** Problème de la fixation du sodium sur le complexe adsorbant des sols. Réunion annuelle des pédologues, ORSTOM, Bondy, 26p.

**DAOUD Y., 1993.** Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèse Doctorat d'Etat, INA Alger, 233 p.

**DAOUD Y., 1983.** Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué du périmètre de Haut Cheliff (Algérie). Thèse doc. ING., RENNE, 194p.

**DAOUD Y., et HALITIM A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sècheresse, vol. 31, 4, pp. 281-299.

**DE JONC E., BALLANTYNE A.K., CAMERON D.R ET READ D.W., 1979.** Measurement, of apparent electrical conductivity of soil s by an electromagnetic probe to aid salinity surveys. Soil S c i. Soc. Am. J. 43: 819-812.

**Dekkiche B., 1974.** Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de nappe. Thèse Univ. Gant. Belgique, 210 p.

**Djamal R., 1993.** Contribution a l'étude de la salinité des sols et des eaux du lac Fatzara (Annaba). Mémoire de magister, I.N.A., Alger p78.

**Djili K., 2000.** Contribution a 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., GAOUAR A., BELDJOUDI Z., 2003.** La salinisation secondaire des sols au Sahara. Conséquences sur la durabilité de l'agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. Sécheresse, 14(4), 241-246.

**Droubi A., 1976.** Géochimie des sols et des solutions concentrées par évaporation. Modèle thermodynamique de simulation. Application aux sols salés du Tchad. Mémoire des Sciences Géologiques, n° 46, 177 p.

**Dubost D., 1992.** Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algériennes. Sécheresse, 3, pp.85-96.

**Durand J.H., 1954.** Les sols d'Algérie (pédologie n°2). Dir Hyd. Alger., 244p.

**Durand J.H., 1958.** Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais.

**Durand D., 1983.** Les sols irrigables : étude pédologiques. Ed. Presses universitaire de France, 339p.

**El-Iklil Y., Karrou M. and Benichou M., 2000.** Effet de stress salin sur épinasty par rapport à la production d'éthylène et à la relation eau dans la tomate. *Agronomie*, **20**, pp 399-406.

**FAO., 1990.** Water, soil and crop management relating to the use of saline water. Doc. F.A.O., Rome, 193p.

**Faustino C. F. and Agtarap M. L., 1996.** Résultats préliminaires sur l'amélioration des effets salins par la gestion de l'azote dans la tomate. *Philippine-Journal-of-Crop-Science*, volume 21 (N° 1), 72 p.

**Gaucher G., 1947.** Méthodes actuelles d'étude des terrains salés en Afrique du Nord. Conférence de pédologie Méditerranéenne, Bull, AFES, Paris.

**Gaucher G., Burdin., 1974.** Géologie et géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Ed presses universitaires de France, Paris. p 230.

**Ghassemi F, Jakerman AJ, Nix HA., 1995.** Salinization of land water resources, Wallingford

CAB International

**Gregory B., 2005.** Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizes en milieu Salin et sodique. Thèse de Doc, en science forestières 190p.

**Hadj Miloud S., 2010.** Morphologie et propriétés des Solonchaks références de la Mina. Mémoire de Magister, ENSA, 112p.

**Halitm A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

**Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, 384 p.

**Hamdi-Aïssa B., 2001** – Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doc. INA Paris-Grignon, 310 p.

**Hulin M., 1983.** Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés .Cours photocopié, vol 3, I.N.A.Alger, 139 p.

**Iddir A., 2006.** Évaluation de la salinité par induction électromagnétique. Memoires de magister, INA, Alger, 120 p.

**IUSS Working Group WRB. 2014.** World reference base for soil resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

**Johnston M.A., Savage M.J., Moolman J.H., Du Plessis H.M., 1997.** Evaluation of calibration methods for interpreting soil salinity from electromagnetic induction measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 1627-1633.

**Katerji N., 1995.** Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline: approches empiriques et mécanistes. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, **81** (2), pp 73-86.

**Levigneron E., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P. et Casse-Delbart F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier Agricultures*, 4, pp.263-273.

**Mc Neill J.D, 1980:** Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction Tec et Doc, 275p.

**Mckenzie R.C., Chomistec W et Clark N.F, 1989:** Conversion of electromagnetic inductance readings to saturated paste extract values in soils for different temperature, texture, and moisture conditions. *Can. J. Soil Sci.*, 69, 25-32.

**Montoroi J.P., 1997.** Conductivité électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol. Application à un sol sulfaté acide salé de Basse-Casamance (Sénégal). *Etude et Gestion des Sols*, 4 (4), 279-298.

**Montoroi J.P., 2005.** Sols et environnement. Dunod, Paris, 816 p.

**Sonmez S., Buyuktas D., Okturen F., Citak S., 2008.** Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma* 144: 361-369.

**Servant J0, 1976.** La salinité dans les sols et les eaux. Caractérisation et problème d'irrigation-drainage. I.N.R.A., Service d'Etude des Sols. N°310. Montpellier, 28p.

**Turner N., 1997.** Autres progrès dans la culture. Relations de l'eau. *Avances en agronomie*, **58**, pp 293-338.

**WADE Mohamed El Abass., 1998 :** Cartographie de la salinité dans la zone de Ngnith (Delta de fleuve Sénégal) Utilisation de la conductivité électromagnétique EM.38, Rapport de stage, I.ST DAKAR, p21.

**Wincov I., 1998.** Nouvelles approches moléculaires pour améliorer la tolérance au sel dans les plantes cultivées. *Annales de botanique*, 82, pp 703-710.

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Blida1**



Faculté des Sciences de le Nature et de la Vie

Département de biotechnologie

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

**Domaine** : Sciences de le Nature et de la Vie

**Filière** : Science Agronomique

**Spécialité** : Eau et environnement

**Thème**

**Contribution à la classification des Solonchaks de la  
région de Relizane.**

Présenté par :

**BOUKALMOUNE Hamza**

Devant le Jury composé de :

Président : Mm. **YAHIA N**

MCB Blida 1

Promoteur : Mr. **HADJ MILOUD S**

MAA Blida 1

Examineurs: Mr. **MIMOUNI N**

MAA Blida 1

Année Universitaire : **2016 /2017**

## **REMERCIEMENTS**

*Je remercie d'abord **Dieu** tout puissant de m'avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour accomplir ce travail.*

*Je tiens à adresser mes vifs remerciements à Mr **HADJ MILOUD**.*

*Professeure à l'Université de Blida 1, d'avoir proposé et diriger ce travail. Je lui suis reconnaissante pour ses conseils judicieux, pour sa patience et sa disponibilité qui nous a permit de travailler dans un cadre agréable.*

*Je remercie vivement Madame **YAHYIA N.** Professeure à l'Université de Blida 1, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury et de m'avoir aidé et conseiller.*

*Je remercie Monsieur **MIMOUNI N.** Maître Conférence A à l'Université de Saad Dahleb de Blida, d'avoir accordé un intérêt à ce travail et accepter d'examiner ce travail, qu'elle trouve ici le témoignage de mon profond respect.*

*Je tiens à remercier tous les enseignants du Spécialité Eau et Environnement, Blida pour la qualité des cours qu'ils nous ont assurés au cours de notre formation au département.*

## ***DEDICACES***

*Je dédie ce travail*

*A mes parents, les deux personnes qui n'ont jamais cessé de sacrifier rien que*

*Pour mon devenir.*

*A tous mes Frères : Mohamed, Billal*

*A mes sœurs : Naila, et Aicha*

*A tous mes amis et toute la promotion eau et environnement 2017*

*A toute personne que j'aime, et qui m'aime.....*

## Contribution à la classification des Solonchak de région de Relizane

### Résumé

L'objectif du présent travail est de caractériser et de classer les Solonchaks de la région de Relizane dans le système WRB (2014) (World Reference Base for Soil Resources). A cet effet nous avons exploité une base de données pédologique permettant de déterminer les solonchaks de la région en question.

L'analyse des données a révélé que les deux profils étudiés se caractérisent surtout par des niveaux de salinité très élevés, une texture Argilo-limoneuse et une teneur moyenne en calcaire. La composition chimique de la solution des sols est prédominée par les chlorures et le sodium. Le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour les deux profils.

Les deux sols étudiés sont classés comme étant des Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

L'analyse statistique a révélé que les éléments chimiques de la solution du sol ( $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$  et le  $Ca^{++}$ ) ont le plus de poids sur la variation de la salinité.

المساهمة في تصنيف منطقة سولونشاك في غليزان

### ملخص

الهدف من هذا العمل هو وصف وتصنيف سولونشاكس في منطقة غليزان في النظام العالمي المرجعي للموارد من أجل التربة. تحقيقا لهذه الغاية، لقد استخدمنا قاعدة بيانات علم التربة لتحديد سولونشاكس للمنطقة المعنية.

وكشفت تحليل البيانات أن الملامح التي تمت دراستها تتميز بمستويات عالية من الملوحة، وهي نسيج أرجيلو سيلتي ومحتوى من الحجر الجيري المتوسط. ويهيمن التركيب الكيميائي لمحلول التربة على الكلوريدات والصوديوم. السمات الكيميائية المهيمنة هي من نوع كلوريد الصوديوم لكل من التشكيلات الجانبية.

تصنف التربة اثنتين دراس كما سولونشاك (كلايك، كلوريديك، هايبرزاليك).

كشفت التحليل الإحصائي أن العناصر الكيميائية لمحلول التربة أن الأيونات التي لها الوزن الأكبر على التباين في الملوحة ( $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $Ca^{++}$ ).

## **Contribution to the classification of Solonchak of Relizane region**

### **Summary**

The objective of this work is to characterize and classify Solonchaks in the Relizane region in the WRB (World Reference Base for Soil Resources) system. To this end, we have used a pedological database to determine the solonchaks of the region in question.

Analysis of the data revealed that the two profiles studied were characterized by very high salinity levels, an Argilo-silty texture and medium limestone content. The chemical composition of the soil solution is predominated by chlorides and sodium. The dominant chemical facies is of the sodium chloride type for both profiles.

The two soils studied are classified as Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

Statistical analysis revealed that the chemical elements of the soil solution ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^-$  and  $\text{Ca}^{++}$ ) have the most weight on the variation in salinity.

## SOMMAIRE

<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE I. synthèse bibliographique</b>	
1. Introduction .....	4
2. Origine de la salinité .....	4
2.1. Salinisation primaire .....	4
2.2. Salinisation secondaire .....	4
3. Caractéristique des sols salés .....	5
3.1. Caractéristique chimique .....	5
3.2. Caractéristique physique .....	6
4. Classification de sol salé .....	6
4.1. Classification Américaine (soil Taxonomy, 2006) .....	6
4.2. Classification Française .....	7
4.3. Classification WRB (solonchak) .....	7
5. Répartition des sols salés .....	11
5.1. Dans le monde .....	11
5.2. En Algérie .....	11
6. Problème de salinité .....	12
7. Variation temporelle de la salinité .....	13
7.1. Rôle de saison .....	13
7.2. Rôle de climat .....	13
7.3. Rôle de la nappe .....	13
8. Propriétés des sols salés .....	14
8.1. Faible stabilité structurale .....	14
8.2. Faible perméabilité hydraulique .....	15

9. Méthode utilisé pour l'étude de salinité .....	16
9. 1. Analyse au laboratoire .....	16
9. 2. Conductivité électromagnétique .....	16
9. 3. Conductivité électrique .....	16
9. 4. Résistivité électrique .....	17
10. Effet de salinité sur les plantes .....	17

## **Chapitre II. Matériel et Méthode**

1. Présentation de la région d'étude .....	19
1. 1. La zone d'étude .....	19
2. Climat .....	19
2. 1. Précipitation .....	20
2. 2. Température .....	21
2. 3. L'évapotranspiration (ETP) .....	22
3. Pédologie .....	23
3. 1. Les sols des bordures de la plaine .....	23
3. 2. Les sols de la plaine proprement dite .....	23
4. Type de sol .....	24
4. 1. Les sols peu évalué .....	24
4. 2. Les vertisols .....	24
4. 3. Les sols calcimagnésiques .....	24
4. 4. Les sols hydromorphe .....	24
4. 5. Les sols salsodiques .....	24
5. Méthodologie .....	25
5. 1. Analyse du sol .....	26

5. 2. Analyse de la solution du sol .....	27
---	----

### **Chapitre III. Résultats et discussion**

1. Résultat des analyses des profils .....	29
1. 1. Les constituants du profil 1 .....	29
1. 2. Résultat analytique de la solution du sol .....	30
1. 2. 1. Le faciès chimique .....	33
2. Résultat des analyses des profils .....	33
2. 1. Les constituants du profil 2 .....	33
2. 2. Résultat analytique de la solution du sol .....	35
2. 3. Le faciès chimique .....	38
3. Statistique descriptive multidimensionnelles de la composition chimique de la solution du sol .....	39
4. La classification .....	40
5. Discussion générale .....	41
<b>Conclusion</b> .....	42

### **Référence bibliographique**

## Liste des figures

N° de Figure	Titre de figure	Page
Figure 1	Carte de classification des solonchaks dans la région nord d'Algérie (Hadj Miloud, 2010)	12
Figure 2	Accumulation des sels sur les points hauts lorsque la texture est fine (Franzab 2005)	14
Figure 3	Liaison entre dispersion et teneur relative du complexe adsorbant en sodium (Pons et Gerbaud, 2005)	15
Figure 4	Le Géonics EM 38	16
Figure 5	Situation géographique de la zone d'étude	19
Figure 6	Diagramme Ombrothermique de Gaussem de la région de Relizane (2000-2008)	22
Figure 7	Localisation des profils	26
Figure 8	Répartition des fractions granulométrique dans profil 1	30
Figure 9	Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 1	32
Figure 10	Faciès chimique des solutions du sol (diagramme piper)	33
Figure 11	Répartition des fractions granulométrique du profil 2	35
Figure 12	Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 2	37
Figure 13	Faciès chimique des solutions du sol (diagramme de piper)	38
Figure 14	Plan 1,2 de l'ACP. Axe horizontale (1), axe verticale (2)	39

### Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
Tableau I	Classement des sols salés et correspondances approximatives (Degros 2007)	8
Tableau II	Précipitation en (mm) période 2000-2008 (ONM)	20
Tableau III	Température en C° de période 2000-2008 (ONM)	21
Tableau IV	Température moyenne mensuelle 2000-2008 (ONM)	21
Tableau V	Résultat analytique de profil 1	29
Tableau VI	Résultat statistique descriptive du profil 1	29
Tableau VII	Caractéristique analytique de la solution de sol	31
Tableau VIII	Statistique descriptive de pH et de CE	31
Tableau IX	Résultat analytique de profil 2	34
Tableau X	Analyse statistique descriptive de profil 2	34
Tableau XI	Caractéristique analytique de la solution du sol du profil 2	36
Tableau XII	Statistique descriptive du pH et de CE de profil 2	36
Tableau XIII	Corrélation entre les différents paramètres chimiques et les facteurs	40

## **Liste des abréviations**

**A.N.R.H:** Agence National des Ressources Hydriques.

**C.E :** Conductivité électrique.

**C.E.M :** Conductivité électromagnétique.

**O.N.M :** Office National des Météorologie.

**S.A.R :** Sodium adsorption ratio.

**pH :** Potentiel Hydrogène.

**C.E.C:** Capacité d'échange cationique.

**U.S.S.L :** U.S Salinity Laboratory.

**F.A.O :** Food and Agriculture Organization.

**E.S.P :** taux de sodium échangeable.

**CV :** coefficient de variation.

**dS/m :** décisiemens par mètre.

**méq/l :** milli équivalent par litre.

**WRB :** IUSS Working Group, 2014.

**CPCS :** Commuté Pédologique pour la Classification du Sol.

# Introduction Générale

---

## INTRODUCTION

Les sols salés couvrent environ un milliard d'hectares dans le monde, ils sont situés principalement dans les régions arides et semi-arides (Hamdy, 1995).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà plus de 400 millions d'hectares (Houchi et Coudret, 1992).

Par ailleurs, dans les régions sèches où l'eau d'irrigation est souvent minéralisée, les risques de salinisation secondaire sont plus importants (FAO, 1972).

Cependant, la salinité est une contrainte qui affecte le comportement des végétaux, elle provoque des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (Munns, 2002).

De même, le processus de salinisation est très complexe. De ce fait, il faut souligner que les systèmes de classification des sols, classent les sols salés d'une manière différente. La classification française (CPCS, 1967) classe ces sols comme des sols halomorphe, concernant la WRB (IUSS Working Group WRB, 2014) ce sont des Solonchaks.

En Algérie, la salinité a fait l'objet de plusieurs recherches (Durand, 1954 ; Halitim, 1973 ; Daoud, 1983 ; Daoud et al, 1993 ; Djili, 2000 ; Douaoui, 2005 ; Hadj miloud, 2010; Ait mechedal, 2014). Il ressort de ces recherches que ce phénomène constitue un problème majeur qui affecte les terres agricoles, elle est d'origine primaire et que la salinisation secondaire contribue à l'extension spatio-temporelle de la salinité. La plupart des travaux ont relégué au second plan les aspects de classification de ces solonchaks.

L'objectif de cette étude est de classer ces sols salés de la région de Relizane dans la classification WRB (IUSS Working Group WRB, 2014) qui a été privilégié par l'union internationale de la science du sol et l'union européenne en tant que système de corrélation entre les sols (Jones et al, 2005). De même, nous avons réalisé une caractérisation de l'état de salinité des sols salés de la région de Relizane.

Enfin, pour présenter les résultats de cette étude, nous avons organisé ce document en trois chapitres :

# Introduction Générale

---

- Le premier chapitre porte sur une étude bibliographique.
- Le deuxième chapitre porte sur la présentation de la région d'étude, méthodologie adoptée et le matériel utilisé pour réaliser cette étude.
- Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième chapitre.

**CHAPITRE I**  
**SYNTHÈSE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE II**

## **MATERIEL ET METHODE**

# **CHAPITRE III**

## **RESULTATS ET**

## **DESCUSSIONS**



## Chapitre II : Matériel et Méthode

### 2. 1. Précipitation

Le tableau II révèle une grande irrégularité des précipitations mensuelles moyennes. Elles varient de 2,4 mm en Juillet à 59,3 en Novembre pour la période 2000-2008. En 2004, ces précipitations variaient entre 2mm en Août et 83 mm en Décembre. On remarque aussi qu'environ 39% et 32% des pluies tombent respectivement en automne et en hiver par ailleurs, le totale annuel de l'Am 2002 s'avère moins important que celui enregistré durant la période 2000-2008 pour les deux premier mois de l'année 2005, les précipitations sont comparable à celles de l'année 2002.

**Tableau II. Précipitation en (mm) période 2000-2008**

Mois Ans	Jan	Fév	Mas	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
<b>2000</b>	5,2	0	13,0	14,6	7,4	0	8	1	34,3	114,5	80,1	39,9	318
<b>2001</b>	60,5	21,0	3,3	42,8	12,2	2	2	0	23,1	11,9	99,4	29,3	307,5
<b>2002</b>	18,6	14,5	46,2	48,3	30,1	0	4	11	0	19,3	60,4	48,3	301
<b>2003</b>	70,5	55,9	12,7	43	33,4	3	1,5	10,9	2,1	49,9	77,9	56,2	417,2
<b>2004</b>	29,9	45,4	16,1	29,1	79,6	7,8	0	2,9	7	38,1	28,6	83,5	367,7
<b>2005</b>	28,6	87,6	35,9	5	1,1	0	0	6	14,5	36,6	73	58,8	347,1
<b>2006</b>	41,2	69,5	20	8,9	88,2	9	2	2,3	14,4	5	2	123,1	385,6
<b>2007</b>	33,1	59,2	67,1	86,6	31,6	0	1,1	4	30,2	48,1	57,1	16,7	434,8
<b>2008</b>	29,7	24	46,7	13,6	55,3	13,1	14	1	6,5	25,9	77,1	105,5	412,4
<b>Moy</b>	35,2	41,9	29	29,1	37,6	3,9	3,6	4,3	14,6	38,8	61,7	62,3	362

## Chapitre II : Matériel et Méthode

### 2. 2. Température

Le tableau III montre que la température (moyenne-mensuelle) la plus faible (8,3 C°) est enregistrer en Janvier et plus élevée (31,5 C°) en Août et que la moyenne annuelle est égale à 17,1 C° de même, il indique que les températures mensuelle augmentent de Janvier jusqu'en Août à partir duquel elles amorcent une décroissance régulière.

**Tableau III. Température en C° de période 2000-2008**

Mois Ans	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2000	9,6	12,9	15,3	17,4	23,2	27,0	30,5	31,1	25,5	19,2	14,7	13,4	248,8
2001	11,4	11,6	17,3	16,9	20,2	28,4	29,8	31,1	26,6	24,7	14,2	10,5	242,7
2002	11,3	12,5	15,1	16,1	21,1	28,1	28,2	28,0	25,4	21,5	15,5	13,6	236,4
2003	10,3	10,9	15,0	16,9	21,1	29,7	32,0	31,5	26,4	21,5	15,8	11,2	242,3
2004	11,2	13,2	13,8	16,3	18,2	26,9	30,1	31,2	27,8	23,0	14,3	11,8	237,8
2005	8,3	8,5	14,3	17,0	23,4	27,5	31,3	29,4	25,0	22,3	14,5	11,2	232,7
2006	9,6	10,7	15,0	19,4	24,5	26,8	31,5	29,5	26,2	24,4	18,9	12,8	249,3
2007	12,4	14,0	13,2	16,5	21,2	25,5	30,3	30,2	26,5	20,7	14,6	11,7	236,7
2008	12,1	14,1	14,6	18,4	20,7	25,8	30,4	30,7	26,3	21,6	13,8	10,8	239,3
Moy	11,9	11,9	14,7	17,1	21,4	27,0	30,0	30,0	26,0	21,7	15,1	11,9	238,7

**Tableau IV. Températures moyennes mensuelles (2000-2008) ONM**

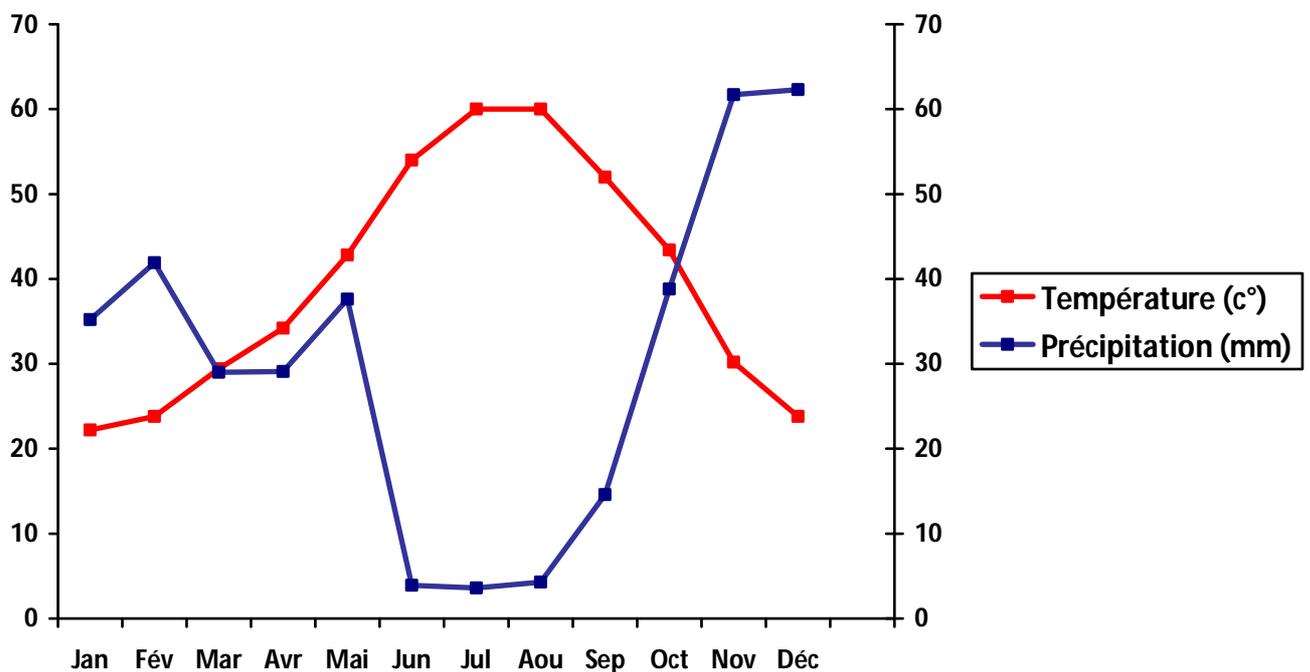
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmin	6,2	6,6	8,6	10,5	14,5	19,2	22,1	22,5	19,5	15,8	10,2	7,4	13,7
Tmax	16,0	17,2	20,9	23,7	28,2	34,8	37,9	37,5	32,6	27,7	20,0	16,3	16,0
Tmoy	11,1	11,9	14,7	17,1	21,4	27,0	30,0	30,0	26,0	21,7	15,1	11,9	19,9

Le tableau IV montré que le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. La température minimale

## Chapitre II : Matériel et Méthode

enregistrée est 6,2 C° en Janvier et la température maximale est de 37,9 C° en Juillet. Les températures moyennes les plus élevés sont enregistrée durant les mois de Juillet et Août, ou elles atteignent un maximum de 30C°, ce que correspond à une forte évapotranspiration et une remonté capillaire de la nappe. Les basses températures se manifestent aux mois de Janvier avec une température moyenne de 11,1C°.

Le diagramme ombrothermique de la région pendant la période 2000-2008 indique que la période sèche ( $P=2T$ ) s'étale sur toute l'année avec un maximum en été (Figure 6). Montre que la période de sécheresse est très longue. Elle s'étale sur huit mois. Allant de Mars à Octobre.



**Figure 6. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Relizane (2000-2008)**

### 2. 3. L'évapotranspiration (ETP)

L'évapotranspiration potentielle dans la région de Relizane estimée selon la formule de Penman de 1600 mm/an.

Le climat de cette région est très rude et très contrasté, dans la mesure où les précipitations annuelles moyennes sont faibles (238 mm) et l'ETP est de 1600 mm/an combinés à des températures très élevées en été (30 C°), d'où l'importance du déficit hydrique annuel. Par ailleurs, ces conditions sont très favorables à une remontée capillaire de la nappe qui peut

accentuer le phénomène de la salinisation. Le phénomène de salinisation est plus intense pendant les périodes sèches (FAO, 2002).

### **3. Pédologie**

Les sols de la région ont été divisés par Boulaine (1956) en deux catégories : les sols des bordures de la plaine et les sols de la plaine proprement dite.

#### **3. 1. Les sols des bordures de la plaine**

Ces sols sont formés par des associations de sol plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques, le plus souvent rendziniformes avec parfois la présence d'une croûte calcaire. Ils sont toutefois bien représentés dans la partie sud de la région avec une texture équilibrée et une bonne structure et présentent de ce fait une bonne perméabilité. Ces sols sont caractérisés par des teneurs moyennes en calcaire total et par l'absence de la salinité, toutefois leur irrigation par des eaux chargées en sels peut être responsable d'une salinisation secondaire qui se manifeste localement comme c'est le cas de certaines parcelles de périmètre d'Ouarizane.

#### **3. 2. Les sols de la plaine proprement dite**

Cinq classes ont été décrites : les sols salés, les sols hydro morphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques. Dans la classe des sols salés Boulaine (1957) distingue les solonchaks inertes avec accumulation des sels en surface ou en profondeur, les solonchaks vifs (horizon de surface à structure micro polyédrique en pseudo-sable durant l'été) pouvant être parfois hydro morphe, les solonchaks vifs défloculés (dispersés en surface), les hyposolonchaks et les eosolonetz des lunettes érodées. Ces derniers, se trouvant uniquement sur les collines qui entourent la sebkha de Benziane, se sont formés à partir des formations d'origine éoliennes. Les solonchaks vifs défloculés étaient localisés, la rupture de pente qui borde l'auréole de la sebkha de Benziane. Actuellement, ils apparaissent également dans d'autres zones telles qu'au niveau de la partie Nord-Ouest du Hmadna.

### **4. Type de sol**

#### **4. 1. Les sols peu évolués**

- Les sols peu évolués d'apport alluvial : ce sont des sols dont les caractéristiques physico-chimiques sont très variées au vu des conditions différentes de leurs dépôts et de leur migration. Leur granulométrie peut être argileuse limoneuse ou sableuse, on les rencontre le plus souvent sur les terrasses des lits de l'Oued. Ils sont généralement profonds.

- Les sols peu évolués d'apport colluvial, ces sols se localisent sur les bordures de la plaine à la rupture de pentes entre les piémonts et les glacis. On les retrouve aussi au niveau des cônes de déjection des Oueds tels qu'Oued Rhiou et Oued Djedouia. Ils sont caractérisés le plus souvent par des dépôts de cailloux et de graviers à la surface et en profondeur du profil, leurs textures peuvent être très variées.

#### **4. 2. Les vertisols**

Les vertisols sont riches en argiles gonflantes (smectites), il se définit comme des sols à profil homogène ou irrégulièrement différencié, par suite aux mouvements verticaux par gonflement et rétraction respectivement en période humides et sèche, ils représentent souvent le caractère salin.

#### **4. 3. Les sols calcimagnésiques**

Ces sols sont présents le long des limites Nord et Sud de l'aire d'étude. Ce sont des sols d'apport alluvial et colluvial, ils sont plus ou moins différenciés et présentent parfois d'encroutement et de croûte.

#### **4. 4. Les sols hydro morphes**

Ce sont des sols profonds avec un drainage imparfait dû à la position basse qu'ils occupent formant généralement des dépressions fermées telles que les sols de la Gaâ, on les rencontre un peu partout dans la région de Relizane.

#### **4. 5. Les sols salsodiques**

Les sols salsodiques appelés auparavant halomorphes sont définis comme étant des sols dont l'évolution est influencée par la présence des sels solubles et du pourcentage du sodium échangeable, lorsque la conductivité électrique dépasse les 4ds/m par la méthode de la pâte

## Chapitre II : Matériel et Méthode

---

saturée ils sont appelés sols salés. Selon le degré de salinisation les sols de Relizane se distinguent en deux catégories :

- Les sols légers et non salés : caractérisé par une structure moyenne à grossière et présentent des caractéristique hydrodynamique (perméabilité et infiltration) assez élevées.ils se localisent aux bordures des Oueds et aux pieds des collines, ce type de sol est également peu confronté au risque de salinisation.
- Les sols lourds salés : caractérisé par une texture fine, une faible perméabilité et des problèmes de drainage sous irrigation.

### 5. Méthodologie

L'objectif de cette étude est de caractérisé les solonchaks de la région de Relizane qui se localise dans le périmètre irrigué du Bas-Chélif. Par ailleurs, connaissant la forte salinité qui caractérise les sols de cette région d'Algérie, il s'agira surtout de voir dans quelle mesure les propriétés analytiques de ces sols concordent avec les critères diagnostiques du groupe solonchak tel qu'il est défini par la classification WRB (2014).

Pour rappel, d'après la WRB (2014) un solonchak doit se caractériser, par la présence d'un horizon salique. Celui-ci doit avoir sur toute sa profondeur :

- Une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieure à 15dS /m à 25C° à un moment de la l'année.
- Une CE de plus de 8 dS/m à 25C° si le pH (H<sub>2</sub>O) de l'extrait de pâte saturée dépasse 8.5 (pour les sols carbonatés alcalins) ou est inférieur à 3.5 (pour les sols sulfatés acides).
- Une épaisseur d'au moins 15 cm.
- Un produit de l'épaisseur en (cm) et de la CE en (dS/m) supérieur ou égal à 450 ou plus
- Absence d'un horizon sulfurique (thionic).

Les deux profils étudiés se localisent dans les endroits suivants (figure 7) :

- Le profil P1 se trouve dans la plaine de la Mina qui constitue la limite ouest du Bas Chélif ;  
Cordonnées géographiques : Longitude 0° 29' 31.2'' E

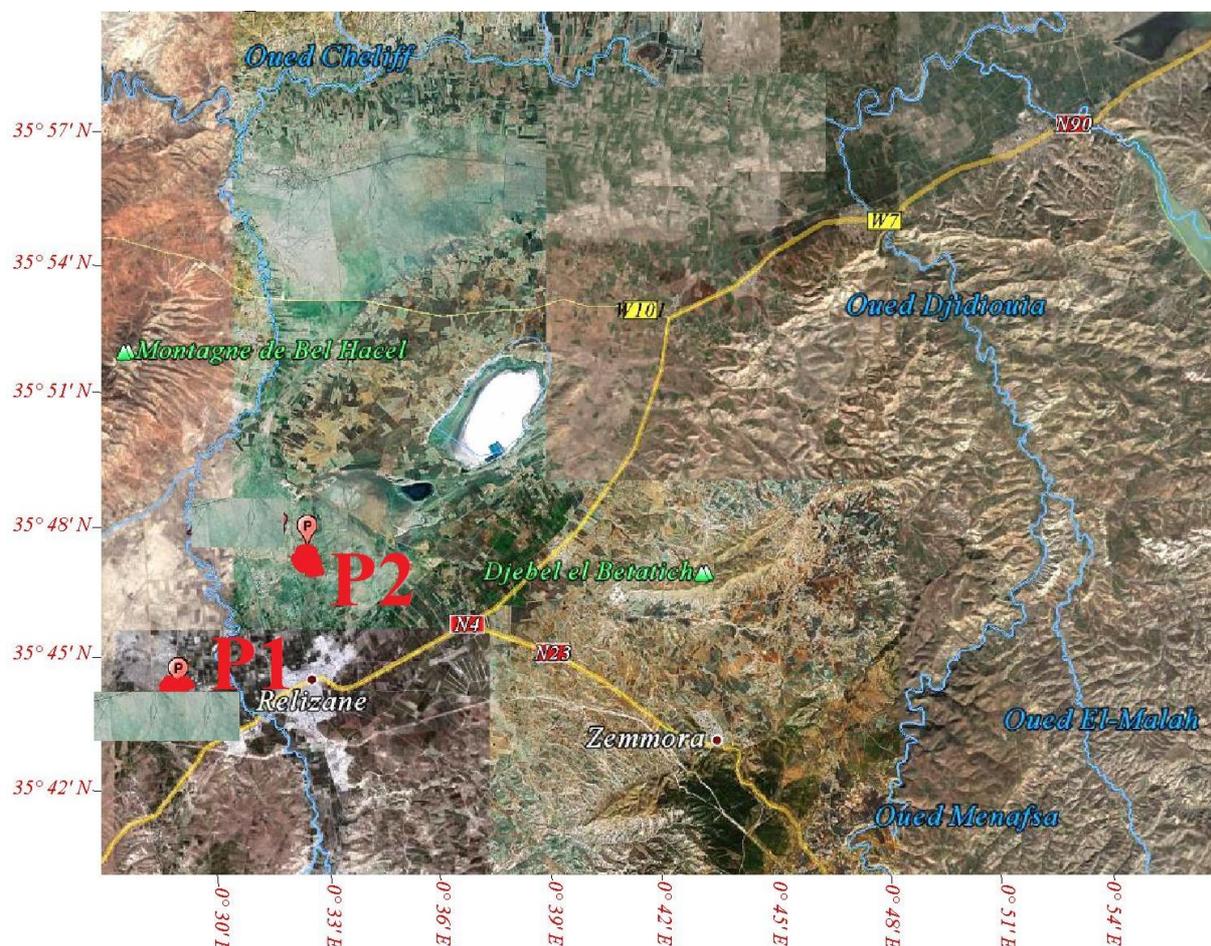
Latitude 35° 44' 17.0'' N

## Chapitre II : Matériel et Méthode

- Le profil P2 se trouve à Gaâ c'est une dépression fermé qui se trouve sur la rive droite de l'oued Mina ;

Cordonnées géographiques : Longitude 0° 33' 22.0'' E

Latitude 35° 47' 44.33'' N



**Figure 7. Localisation des profils.**

Les données utilisées sont été extraits d'une base de données pédologique englobant des études d'inventaire pédologique réalisées dans la région Nord de l'Algérie. Cependant, nous avons extraire les données deux profils pédologique correspondant aux critères diagnostiques des solonchaks WRB (2014). Les deux solonchaks étudiés se localisent dans la région de Relizane.

### 5. 1. Analyses du sol

Pour le sol nous avons utilisé les données obtenus par les méthodes suivantes :

- L'analyse granulométrique : méthode internationale à la pipette de Robinson.

## Chapitre II : Matériel et Méthode

---

- La conductivité électrique (pâte saturée) : méthode électrique.
- Le pH : réalisé sur l'extrait de la pâte saturée.
- Calcaire total : méthode volumétrique au calcimètre de Bernard.
- Le gypse : dosage par attaque puis précipitation, par le chlorure de baryum.

### 5. 2. Analyses de la solution du sol

- La conductivité électrique : méthode électrique.
- Les sulfates : méthode gravimétrique par précipitation (chlorure de baryum).
- Les carbonates et les bicarbonates : méthode volumétrique, dosage par une solution acide.
- Les chlorures : méthode volumétrique au nitrate d'argent.
- Le sodium et le potassium : par photométrie de flamme.
- Le calcium et le magnésium : par photométrie d'absorption atomique.

Afin de mieux interpréter les résultats, nous avons adopté une méthode statistique qui est L'ACP (analyse en composante principale), entre la conductivité électrique et les différents paramètres chimiques de la solution du sol ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{SO}_4^-$ ) à l'aide du logiciel Excel-stat. Cette analyse nous permet de voir quelles sont les éléments de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variation de la salinité.

## Chapitre III : Résultats et discussions

Ce chapitre est réservé à la présentation et la discussion des résultats analytiques des solonchaks de Relizane.

### 1. Résultats des analyses des profils

#### 1.1. Les constituants du profil 1

Les résultats analytiques des profils étudiés sont présentés dans le tableau V et les résultats statistique de la granulométrie sont présentés dans le tableau VI

**Tableau V: Résultats analytiques du profil 1.**

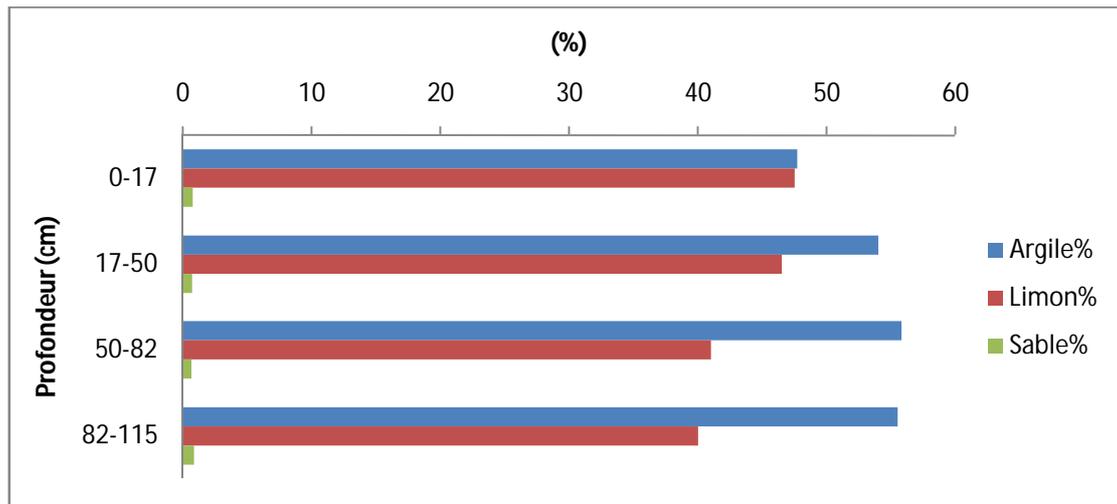
Profil 1	Horizons	Profondeur (cm)	Gypse (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)
	H1	0-17	0.71	23.51	52.1	42.4	1.3
H2	17-33	0.81	20.27	57.9	35.3	1.7	
H3	33-45	2.67	21.89	48.1	42.3	5.4	
H4	45-110	0.88	20.27	30.6	58.4	5.9	

**Tableau VI: résultats statistiques descriptives du profil 1.**

Profil 1	Argile	Limon	Sable
Max (%)	57,9	58,4	5,9
Min (%)	30,6	35,3	1,3
Moy (%)	44,25	46,85	3,6
Ecartype	13,65	11,55	2,3
C.V (%)	30.84	24,65	63,88

#### - La granulométrie

Nous observons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions argileuses et limoneuses, dans les horizons de la surface comme pour les horizons médianes, les taux d'argiles et de limons sont pratiquement les mêmes 57%, la fraction sableuse est très peu représentée, elle varie de 1,3 à 5,9 % (tableau V et figure 8) De ce fait la texture est Argilo-limoneuse. La distribution des fractions granulométriques dans le sol est hétérogènes, au regard des coefficients de variations (tableau VI).



**Figure 8 : Répartition des fractions granulométrique dans profil 1.**

### - Le calcaire

Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  oscillant entre 23,51 et 20,27% donc le profil est moyennement calcaire (tableau V). La distribution des carbonates de calcium dans le profil est homogène.

### - Le gypse

Les teneurs en gypse sont faibles dans l'ensemble du profil 1. Elles varient entre 0,71 et 2,67% avec une moyenne de 1,27 % (tableau V), nous remarquons que de profil 1 est très pauvre en gypse.

## 1. 2. Résultats analytique de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques de la solution du sol sont présentés dans les tableaux VII et VIII.

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau VII : Caractéristiques analytiques de la solution du sol.**

Horizons	pH	CE	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
		(dS/m)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)
H1	7,63	23,5	135,6	10,16	30,64	50,25	200	2	30
H2	7,45	27,1	200,65	3,82	26,67	50,25	240	2	30
H3	7,18	41,5	208,27	4,00	78,82	135,63	373,91	8	94,2
H4	7,3	57,4	322,04	4,94	36,92	215,08	539,13	9	80,6

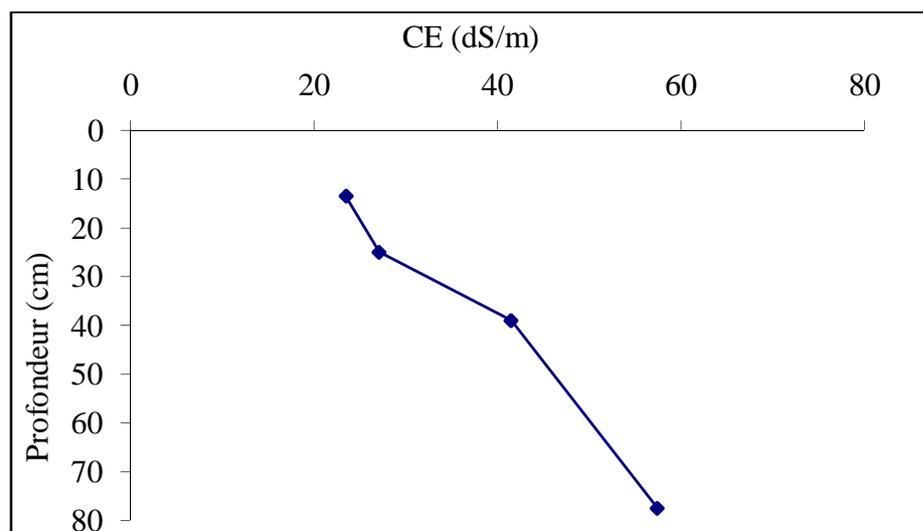
**Tableau VIII : Statistique descriptive du pH et de la CE.**

Paramètres	pH	C E
maximum	7,63	57,4
minimum	7,18	23,5
moyenne	7,39	37,37
CV%	2	38

- **La salinité**
- **La conductivité électrique**

La distribution des sels en fonction de la profondeur (tableau VII, figure 9) montre une forte salinité au niveau de l'horizon de profondeur (57,7 dS/m). La salinité est relativement faible au niveau de l'horizon de surface (CE = 23,5 dS/m). A partir de cet horizon nous notons un accroissement de la salinité.

La distribution des sels dans les profils est hétérogène (CV= 38%) (Tableau VII). Ces résultats indiquent que le profil salin du profil 1 est de type descendant.



**Figure 9. Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 1.**

### - Les cations

Parmi tous les cations de la solution du sol (tableau VII) le  $\text{Na}^+$  est le cation le plus abondant dans tous les profils avec des concentrations oscillent entre 135 meq/l et 322 meq/l. Le  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{Ca}^{++}$  se situent respectivement en deuxième et troisième positions. Cette tendance entre le  $\text{Mg}^{++}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ , le  $\text{K}^+$  se situe en dernière position avec une concentration qui varie entre 10 et 4 meq/l.

Ainsi, le classement des cations selon la prédominance est de type  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$ .

### - Les anions

Le  $\text{Cl}^-$  est l'anion prédominant dans la solution du sol (tableau VII) avec des concentrations qui sont compris entre, 539 et 200 meq/l et des teneurs qui varient. Les ions  $\text{SO}_4^{--}$  se situent en deuxième position et les ions bicarbonates en troisième position avec une teneur inférieure à 9 meq/l. En fin, l'ordre de classement des anions selon leur prédominance devient le suivant pour tous les horizons :



### - pH

Les valeurs du pH varient entre 7,18 et 7,63 avec une moyenne de 7,39 (tableau VIII). Ces valeurs démontrent une réaction du sol est relativement alcaline.

# Chapitre III : Résultats et discussions

## 1. 2. 1. Le faciès chimique

Le diagramme de Piper (figure 10) montre que le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour le profil1. Ce sol évolue donc selon la voie saline neutre à dominante chlorurée (Marlet et Job, 2006).

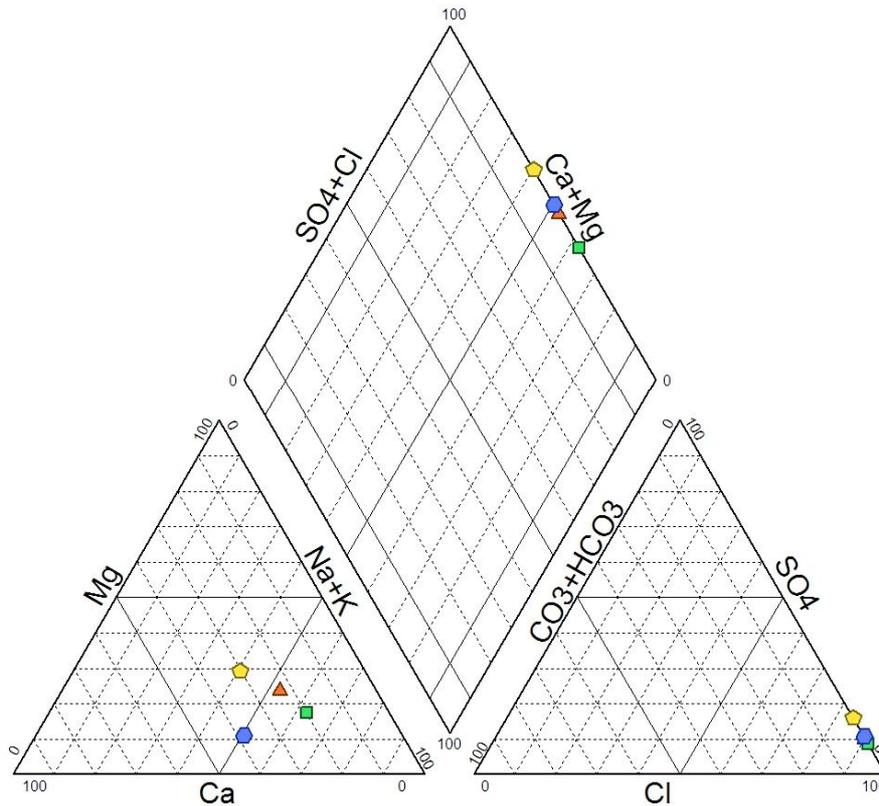


Figure 10. Faciès chimique des solutions du sol (diagramme de Piper).

## 2. Résultats des analyses des profils

### 2. 1. Les constituants du profil 2

Les résultats obtenus des différents éléments du sol du profil 2 sont présentés dans le tableau IX

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau IX : Résultats analytiques du profil 2.**

	Horizons	Profondeur	Gypse	CaCO <sub>3</sub>	Argile	Limons	Sable
		(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Profil2	H1	0-10	0.34	18.09	38.8	42.0	13.5
	H2	0-19	0.65	22.29	42.0	51.2	2.7
	H3	19-28	0.66	19.0	30.0	63.2	3.7
	H4	28-38	0.79	21.48	32.9	54.6	8.3

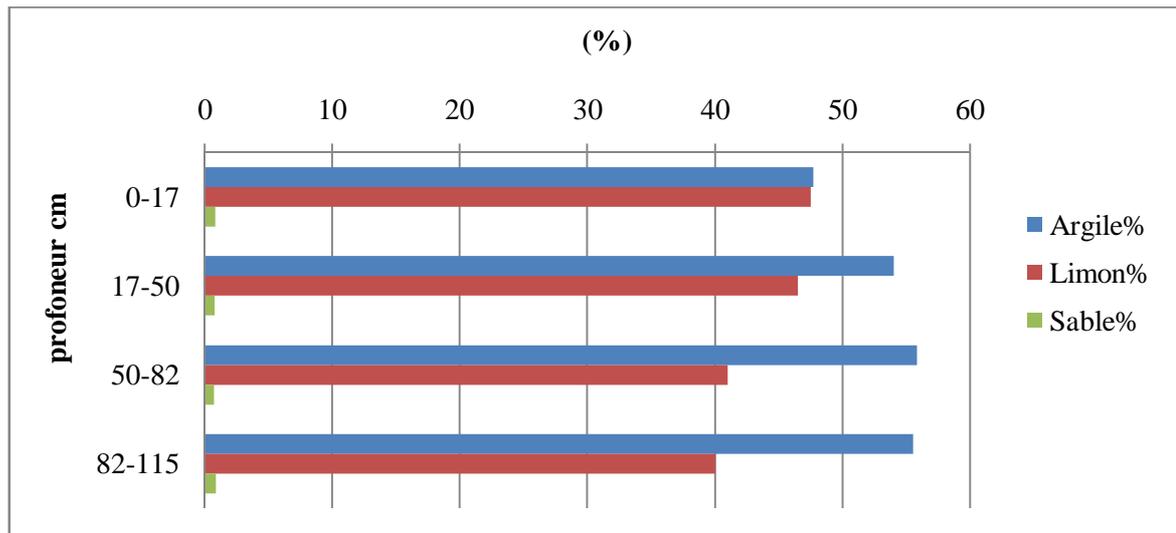
Les résultats des analyses statistiques du profil 2 sont indiqués dans le tableau X :

**Tableau X : Analyse statistique descriptive de profile 2.**

Profile2	Argile	Limon	Sable
Max (%)	42	63,2	13,5
Min (%)	30	42	2,7
Moy (%)	36	52,6	8,1
Ecartype	6	10,6	5,4
C.V (%)	16,66	20,16	66,66

### - La granulométrie

Nous observons que les fractions granulométriques prédominantes sont les fractions limoneuse (63,2%) et argileuse (42%). La fraction sableuse est très peu représenté, elle varie 2,7 à 13,5% (tableau IX et figure 11). De ce fait la texture est Limono-argileuse. Au regard des coefficients de variation nous observons une hétérogénéité dans la distribution des fractions granulométriques dans le sol (tableau X). Cette hétérogénéité puerait affectée la distribution des sels dans le sol.



**Figure 11 : Répartition des fractions granulométriques du profil 2.**

### - Le calcaire

Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  varient entre 18,09 et 22,29%. Par conséquent le sol est moyennement calcaire (tableau IX).

### - Gypse

Les teneurs en gypse sont faible dans l'ensemble du profil 2 elles variaient entre 0,34 et 0,75% avec une moyenne de 0,54% (tableau IX) .De ce fait, le sol est non gypseux.

## 2. 2. Résultats analytique de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques de la solution du sol sont présentés dans les tableaux XI et XII.

## Chapitre III : Résultats et discussions

**Tableau XI : Caractéristiques analytiques de la solution du sol du profil 2.**

Horizons	pH	CE (dS/m)	Na <sup>+</sup> (meq/l)	K (meq/l)	Ca <sup>++</sup> (meq/l)	Mg <sup>++</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>*</sup> (meq/l)	SO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (meq/l)
H1	7,5	32,7	248,65	6,24	24,67	101,25	395	1	8,56
H2	7,1	22,29	16,6	9,23	1,25	5,58	20	6	8,56
H3	6,8	19	70,65	14,45	10,67	25,25	120	3	8
H4	7,1	21,48	335,8	5,50	38,92	215,08	539	7	8,1

**Tableau XII : Statistique descriptive du pH et de la CE du profil 2.**

	Paramètres	p H	C E
Profil2	Max	7,5	32,7
	Min	6,8	19
	Moy	7,12	23,86
	CV %	4	25,35

### - pH

Les valeurs du pH varient entre 6,8 et 7,5 avec une moyenne de 7,12. D'une manière générale la réaction du sol est relativement alcaline.

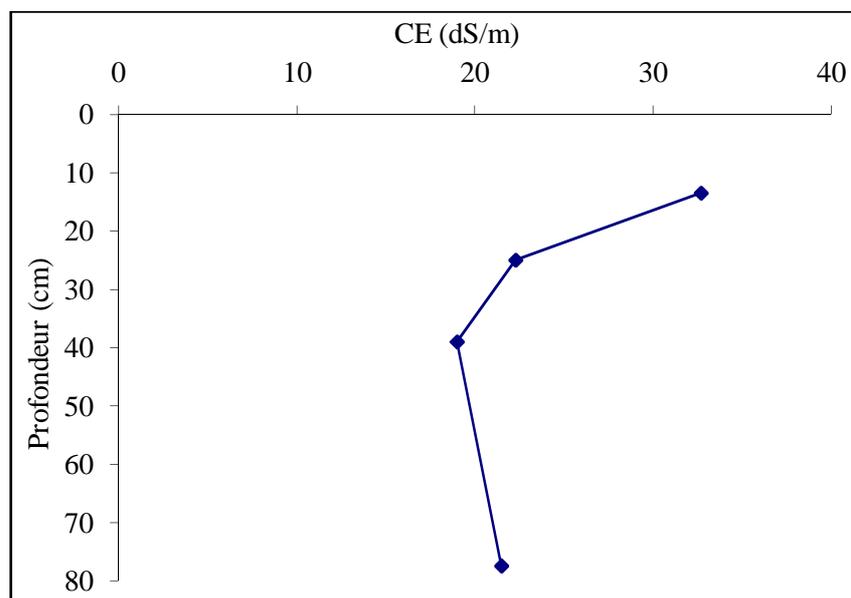
### - La salinité

Les valeurs extrêmes de la salinité varient entre 19 dS/m et 32,7 dS/m (tableau XI et XII). La figure 12 révèlent que le profil étudié est marqué par une très forte salinité au niveau de l'horizon de surface (CE= 32,7 dS/m). Par ailleurs, la partie médiane du profil présente une salinité relativement faible (CE= 19 dS/m). De ce fait, le profil salin est de type convexe pour le profil 2.

Cette dynamique des sels caractérise les sols influencés par une nappe salée peu profonde (Franzen, 2005) qui est localisée dans les zones basses. Le profil 2 se situe dans une

## Chapitre III : Résultats et discussions

dépression caractérisée par la présence d'une nappe salée ( $CE = 60 \text{ dS/m}$ ) qui se trouve à une profondeur de 1,6 m du sol.



**Figure 12. Distribution des sels en fonction de la profondeur du profil 2.**

### - Les cations

Le sodium est le cation dominant, sa concentration varie entre 16,6 et 335,8 méq/l (tableau XI). Il est suivi par le magnésium avec des teneurs qui oscillent entre 5,58 et 215,08. Le  $\text{Ca}^{++}$  se situe en troisième position avec des concentrations variant entre 38,92 meq/l et 1,25 meq/l. Le  $\text{K}^+$ , avec des teneurs qui varient entre 5,5 meq/l et 14,45 meq/l, c'est le cation le moins bien représenté dans les sols étudiés.

De ce fait, le classement des cations selon la prédominance est de type :  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$  pour le profil 2.

### - Les anions

L'ion prédominant dans la solution du sol pour l'ensemble du profil 2 est le  $\text{Cl}^-$  avec des teneurs variant entre 539 et 20 meq/l (tableau VI). Les  $\text{SO}_4^-$  se classent en deuxième position avec des concentrations qui varient entre 8 meq/l et 8,56 meq/l. Les ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  viennent en dernière position avec des valeurs oscillant entre 1 meq/l et 7 meq/l.

## Chapitre III : Résultats et discussions

De ce fait, l'ordre de classement des anions selon la prédominance pour le profil 2 est de type :



### 2. 3. Le faciès chimique

L'analyse du diagramme de Piper (figure 13) a permis de faire ressortir le faciès chimique de chaque solution étudiée. Le faciès de type chloruré sodique représente la majorité des horizons. Seul, l'horizon H4 a un faciès de type chloruré magnésien. Par ailleurs, le faciès de type chloruré sodique correspond aux plus fortes valeurs de salinité. Ces sols évoluent donc selon la voie saline neutre à dominante chlorurée (Vallès et al, 1997).

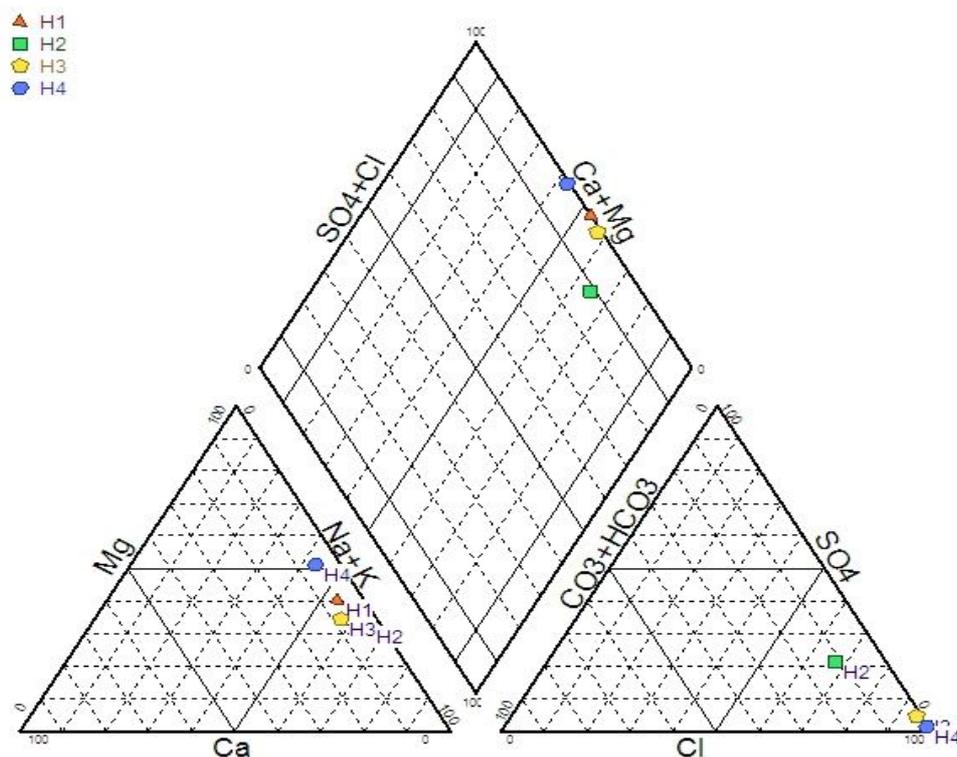


Figure 13. Faciès chimiques des solutions du sol (diagramme de Piper).

### 3. Statistique descriptive multidimensionnelle de la composition chimique de la solution du sol

## Chapitre III : Résultats et discussions

D'après la figure 14, l'axe F1 extrait 54,54% de l'inertie du nuage de points. Sur l'axe F2, l'inertie résiduelle qu'il extrait est de 45%. L'essentiel de l'information contenue dans les résultats sont représentés par l'axe F1 et F2.

Le premier axe est formé de la contribution des variables :  $\text{Cl}^-$  ( $r = 0,86$ ),  $\text{SO}_4^-$

( $r = 0,75$ ),  $\text{CE}$  ( $r = 0,98$ ),  $\text{Na}^+$  ( $r = 0,86$ ),  $\text{Ca}^{++}$  ( $r = 0,89$ ) et le  $\text{K}^+$  ( $r = -0,77$ ) (tableau XI).

Cependant, l'axe F2 est formé de la contribution des variables  $\text{HCO}_3^-$  ( $r = 0,69$ ),

$\text{Ca}^{++}$  ( $r = -0,36$ ),  $\text{SO}_4^-$  ( $r = -0,48$ ) et le  $\text{Na}^+$  ( $r = -0,47$ ).

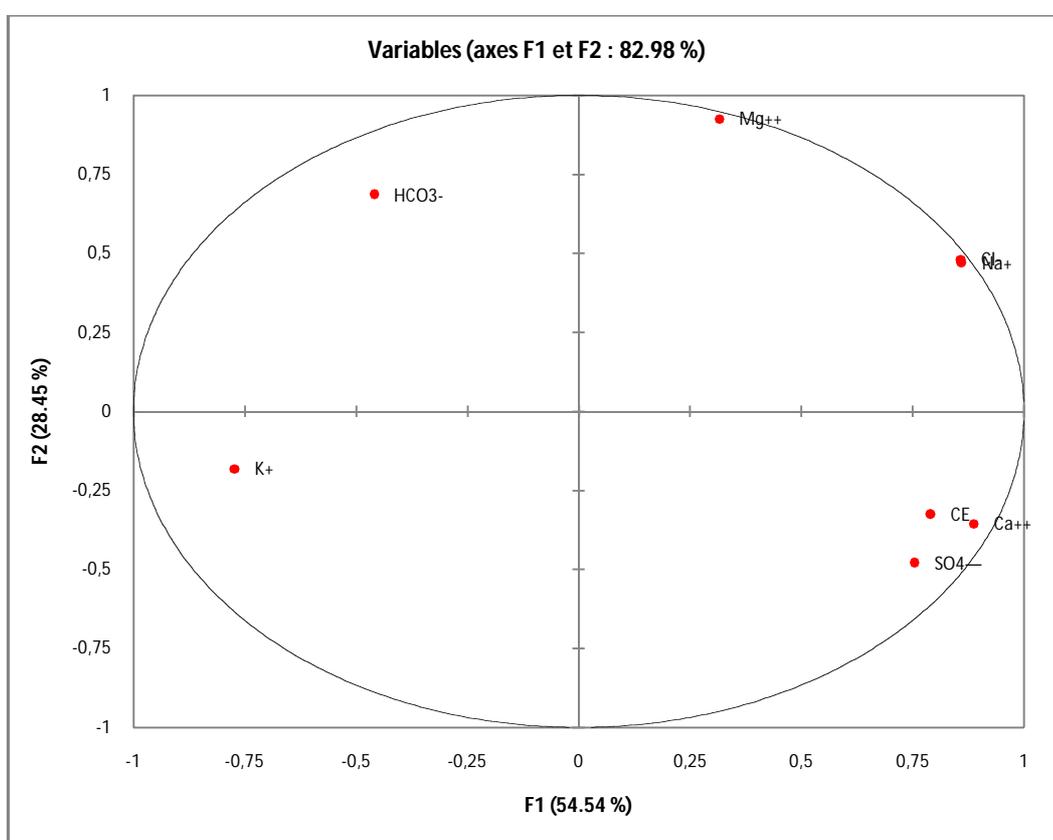


Figure 14. Plan 1, 2 de l'ACP. Axe horizontal (1), axe vertical (2)

**Tableau XIII : Corrélations entre les différents paramètres chimiques et les facteurs**

Paramètres	F1	F2	F3	F4	F5
CE	0.79	-0.33	0.43	-0.11	-0.26
Na <sup>+</sup>	0.86	0.47	0.08	-0.17	0.02
K <sup>+</sup>	-0.77	-0.18	0.44	-0.11	0.40
Ca <sup>++</sup>	0.89	-0.36	0.17	0.21	0.11
Mg <sup>++</sup>	0.32	0.93	-0.07	0.01	0.19
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.46	0.69	0.30	0.46	-0.16
Cl <sup>-</sup>	0.86	0.48	0.07	-0.11	0.12
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.75	-0.48	-0.16	0.35	0.23

Par ailleurs, nous pouvons dire que les éléments chimiques de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité sont : le Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> et le Ca<sup>++</sup>. Nous constatons que ces derniers sont proches du cercle de corrélation (figure 7) comparativement aux autres éléments.

#### 4. La classification

L'analyse des résultats analytiques suggère que les sols étudiés remplissent les conditions de critères diagnostiques du groupe solonchak tel que défini par la WRB (2014).

En effet, l'épaisseur de l'horizon salé est supérieure à 15cm (150cm) et la CE est supérieure à 15dS/m. Par ailleurs, le produit de la profondeur et la CE est supérieur à 450.

Pour situer notre sol à un niveau avancé dans cette classification, nous avons retenu les préfixes et suffixes suivants :

- Hypersalic : la conductivité électrique est supérieure à 30 dS/m dans au moins un sous-horizon situé dans les 100 premiers cm du sol, de ce fait les sols étudiés sont des hypersalic.
- Chloridic : les chlorures constituent l'ion prédominant dans la solution des sols étudiés, de ce fait le profil étudié est chloridic.

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

- Clayic : Présence d'une couche de texture argileuse de 30cm ou plus dans les 100 premiers cm des sols étudiés, de ce fait les sols étudiés sont clayic.

En conclusion, les sols étudiés c'est des Hypersalic Solonchak (Hypersalic, Chloridic, Clayic).

Cependant, selon la classification USDA (2006) ce sont des typic haplosalids.

### 5. Discussion générale

Les sols étudiés ont une texture lourde (argileuse à argilo-limoneuse) en alternance parfois avec des couches de texture plus grossière. Cette distribution granulométrique est due au caractère alluvionnaire de la région d'étude, car les deux profils se situent sur la rive de l'oued Mina. De même, ces profils sont partout calcaires avec des taux qui se situent autour de 20%.

Les sols étudiés se caractérisent également par la présence d'une nappe salée à faible profondeur (1.5m de profondeur ; CE=60 dS/m) (Hadj miloud, 2010). L'effet de cette nappe sur le sol se traduit par la présence de taches d'oxydoréduction, en particulier à la base des profils (Hadj miloud, 2010). Par ailleurs, le climat évaporant de cette région (ETP = 1500 mm/an) et la texture argileuse favorisent la remontée capillaire des eaux de la nappe salée. De ce fait, le profil salin est de type convexe pour le profil 2.

Par ailleurs, les analyses ont montré que les deux profils sont excessivement salés sur la totalité de son solum ( $19 \text{ dS/m} < \text{CE} < 57,4 \text{ dS/m}$ ). Ceci pourrait être expliqué par le faciès chimique correspondant à la voie saline neutre. Ainsi, le pH de ces sols se situe autour de 7,4 démontre une légère alcalinité de ces sols. La composition cationique de la solution du sol est dominée par le  $\text{Na}^+$  et celle des anions est dominée par les chlorures. Ceci explique également le faciès chimique chloruré-sodique des sols en question.

L'analyse en composante principale (ACP) a montré que les éléments chimiques de la solution du sol qui ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité sont : le  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ . Nous pouvons expliquer le résultat de cette analyse, par le fait que le  $\text{Na}^+$  ne rentre pas dans les phénomènes de précipitation des minéraux jusqu'à des valeurs de CE très élevées (Droubi et al, 1980). Concernant l'évolution du calcium et celui du magnésium sont peut être contrôlée par la précipitation de la calcite et de la magnésite. Cependant, le contrôle de l'évolution du  $\text{Mg}^{++}$  semble insuffisant pour limiter

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

sont évolution avec le niveau de salinité (Laoufi, 2010), parce que nous avons trouvé une faible corrélation ( $r = 0,38$ ). L'ion chlore, qui ne rentre pas dans les précipitations des minéraux jusqu'à des niveaux de salinité très élevés, présente un comportement semblable à celui du sodium est suit l'évolution de la CE (Ait Mechedal, 2014). L'évolution des sulfates pourrait être contrôlée par la précipitation des minéraux sulfatés (Daoud, 1993).

Enfin, les sols étudiés ont tous des horizons saliques qui se caractérisent par une épaisseur E supérieure à 15cm, une conductivité électrique supérieure à 15 dS/m, un pH compris entre 3.5 et 8.5 et par un produit  $E \times CE$  supérieur à 450. Ce résultat suggère donc que ces sols appartiennent au groupe de solonchaks de la WRB (2014).

### **Conclusion**

L'objectif de cette étude est de classer ces sols salés de la région de Relizane dans la classification WRB et également de caractériser l'état de salinité des sols en question.

Les analyses des résultats des deux profils montrent que les sols étudiés se caractérisent par une texture Argilo-limoneuse, des taux de calcaire qui se situent aux tours de 20% et de faible teneurs en gypse ( $>4\%$ ). Ces sols renferment des taux d'argiles relativement élevés ( $30\% > \text{Argile} > 57\%$ ) ce qui aggrave la situation des sols salés. La texture du sol agit sur le processus de salinisation selon son pouvoir drainant.

L'observation des profils salins révèle que le profil 1 se caractérise par un maximum de salinité dans sa partie inférieure (54,4 dS/m). La valeur extrême de la salinité pour le profil 2 est observée au niveau de l'horizon de surface (32,7 dS/m). La réaction du sol des deux profils est relativement alcaline.

Cependant, l'analyse de la solution du sol des deux profils a montré que les chlorures et le  $\text{Na}^+$  constituent une prédominance dans la composition chimique de la solution des sols étudiés. Le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique pour les deux profils.

De ce fait, les analyses des données ont révélé que les deux sols étudiés sont classés dans la classification WRB (2014) comme étant des Solonchak (Clayic, Chloridic, Hypersalic).

Par ailleurs, l'analyse en composante principale (ACP) a révélé que les éléments chimiques de la solution du sol ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  et le  $\text{Ca}^{++}$ ) ont le plus de poids sur la variabilité de la salinité.

## Chapitre III : Résultats et discussions

---

Les deux profils étudiés se caractérisent surtout par des niveaux de salinité très élevés. Cette salinité affecte significativement les propriétés chimiques et physiques de ces sols, d'où l'apparition d'une dégradation de la structure du sol.

Enfin, nous suggérons que la classification WRB soit élargie pour les autres types de sols existants en Algérie, au moment où la WRB est adopté par l'union internationale de la science du sol.

## **Référence bibliographique**

**AUBERT G., 1975.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales I.N.A. Alger, n°6 pp. 185-195.

**AUBERT G., 1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales INA, Alger 6 (1), 185-195.

**AUBERT, G.1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp. 185-196.

**C.P.C.S., 1967.** Classification des sols. ENSA Grignon, 87 p.

**CHEVERRY C., 1974.** Contribution à l'étude pédologique des polders du lac Tchad. Dynamique des sels en milieu continental subaride. Dans des sédiments argileux et organiques. Thèse Doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg, 175 p.

**CORWIN D.L., RHOADES J.D, 1990:** Establishing soil electrical conductivity-depth relations from electromagnetic induction measurements. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 21, 871-901.

**C.P.C.S., 1967.** Classification des sols. ENSA Grignon, 87 p.

**DABIN B., 1968.** Problème de la fixation du sodium sur le complexe adsorbant des sols. Réunion annuelle des pédologues, ORSTOM, Bondy, 26p.

**DAOUD Y., 1993.** Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèse Doctorat d'Etat, INA Alger, 233 p.

**DAOUD Y., 1983.** Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué du périmètre de Haut Cheliff (Algérie). Thèse doc. ING., RENNE, 194p.

**DAOUD Y., et HALITIM A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sècheresse, vol. 31, 4, pp. 281-299.

**DE JONC E., BALLANTYNE A.K., CAMERON D.R ET READ D.W., 1979.** Measurement, of apparent electrical conductivity of soil s by an electromagnetic probe to aid salinity surveys. Soil S c i. Soc. Am. J. 43: 819-812.

**Dekkiche B., 1974.** Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de nappe. Thèse Univ. Gant. Belgique, 210 p.

**Djamal R., 1993.** Contribution a l'étude de la salinité des sols et des eaux du lac Fatzara (Annaba). Mémoire de magister, I.N.A., Alger p78.

**Djili K., 2000.** Contribution a 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., GAOUAR A., BELDJOUDI Z., 2003.** La salinisation secondaire des sols au Sahara. Conséquences sur la durabilité de l'agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. *Sécheresse*, 14(4), 241-246.

**Droubi A., 1976.** Géochimie des sols et des solutions concentrées par évaporation. Modèle thermodynamique de simulation. Application aux sols salés du Tchad. *Mémoire des Sciences Géologiques*, n° 46, 177 p.

**Dubost D., 1992.** Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algériennes. *Sécheresse*, 3, pp.85-96.

**Durand J.H., 1954.** Les sols d'Algérie (pédologie n°2). Dir Hyd. Alger., 244p.

**Durand J.H., 1958.** Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais.

**Durand D., 1983.** Les sols irrigables : étude pédologiques. Ed. Presses universitaire de France, 339p.

**El-Iklil Y., Karrou M. and Benichou M., 2000.** Effet de stress salin sur épinasty par rapport à la production d'éthylène et à la relation eau dans la tomate. *Agronomie*, **20**, pp 399-406.

**FAO., 1990.** Water, soil and crop management relating to the use of saline water. Doc. F.A.O., Rome, 193p.

**Faustino C. F. and Agtarap M. L., 1996.** Résultats préliminaires sur l'amélioration des effets salins par la gestion de l'azote dans la tomate. *Philippine-Journal-of-Crop-Science*, volume 21 (N° 1), 72 p.

**Gaucher G., 1947.** Méthodes actuelles d'étude des terrains salés en Afrique du Nord. Conférence de pédologie Méditerranéenne, Bull, AFES, Paris.

**Gaucher G., Burdin., 1974.** Géologie et géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Ed presses universitaires de France, Paris. p 230.

**Ghassemi F, Jakerman AJ, Nix HA., 1995.** Salinization of land water resources, Wallingford

CAB International

**Gregory B., 2005.** Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizes en milieu Salin et sodique. Thèse de Doc, en science forestières 190p.

**Hadj Miloud S., 2010.** Morphologie et propriétés des Solonchaks références de la Mina. Mémoire de Magister, ENSA, 112p.

**Halitm A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

**Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, 384 p.

**Hamdi-Aïssa B., 2001** – Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doc. INA Paris-Grignon, 310 p.

**Hulin M., 1983.** Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés .Cours photocopié, vol 3, I.N.A.Alger, 139 p.

**Iddir A., 2006.** Évaluation de la salinité par induction électromagnétique. Memoires de magister, INA, Alger, 120 p.

**IUSS Working Group WRB. 2014.** World reference base for soil resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

**Johnston M.A., Savage M.J., Moolman J.H., Du Plessis H.M., 1997.** Evaluation of calibration methods for interpreting soil salinity from electromagnetic induction measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 1627-1633.

**Katerji N., 1995.** Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline: approches empiriques et mécanistes. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, **81** (2), pp 73-86.

**Levigneron E., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P. et Casse-Delbart F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier Agricultures*, 4, pp.263-273.

**Mc Neill J.D, 1980:** Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction Tec et Doc, 275p.

**Mckenzie R.C., Chomistec W et Clark N.F, 1989:** Conversion of electromagnetic inductance readings to saturated paste extract values in soils for different temperature, texture, and moisture conditions. *Can. J. Soil Sci.*, 69, 25-32.

**Montoroi J.P., 1997.** Conductivité électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol. Application à un sol sulfaté acide salé de Basse-Casamance (Sénégal). *Etude et Gestion des Sols*, 4 (4), 279-298.

**Montoroi J.P., 2005.** Sols et environnement. Dunod, Paris, 816 p.

**Sonmez S., Buyuktas D., Okturen F., Citak S., 2008.** Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma* 144: 361-369.

**Servant J0, 1976.** La salinité dans les sols et les eaux. Caractérisation et problème d'irrigation-drainage. I.N.R.A., Service d'Etude des Sols. N°310. Montpellier, 28p.

**Turner N., 1997.** Autres progrès dans la culture. Relations de l'eau. *Avances en agronomie*, **58**, pp 293-338.

**WADE Mohamed El Abass., 1998 :** Cartographie de la salinité dans la zone de Ngnith (Delta de fleuve Sénégal) Utilisation de la conductivité électromagnétique EM.38, Rapport de stage, I.ST DAKAR, p21.

**Wincov I., 1998.** Nouvelles approches moléculaires pour améliorer la tolérance au sel dans les plantes cultivées. *Annales de botanique*, 82, pp 703-710.

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

## 1. Introduction

La salinisation est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels solubles dans les sols sous l'influence d'apport d'eau d'irrigation salée, de l'aridité du climat ou de conditions hydrologiques Particulières (lessivage insuffisant, proximité de la nappe. Marlet et Job (2006).

La salinisation est un processus pédogénétique fréquent dans les sols d'Algérie (Daoud, 1993 ; Halitim, 1988).

Les sols salés constituent un trait caractéristique des paysages de la zone aride. Par les mécanismes de leur formation très divers. En Afrique de Nord, la combinaison entre un passé géologique favorable au stockage des sels, l'aridité du climat, l'hydrographie, l'hydrogéologie et l'irrigation mal contrôlée font de la salinisation des sols une menace permanente (AUBERT, 1976 ; HULIN, 1983).

La salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels. L'origine responsable de cette salinisation est diverse, elle peut être marine actuelle ou ancienne, pétrographique due aux ions libérés par l'altération de certaines roches, éoliennes apportées par des embruns, anthropiques induite par la mise en irrigation à l'aide d'eau salés ou par la remontée des nappes salées (CHERBUY ,1991 ; LOYER ,1991).

## 2. Origine de la salinisation

### 2. 1. Salinisation primaire

Actuellement près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, les sels solubles ont diverses origines. Ainsi l'altération des roches contenant des minéraux sodique, potassique ou magnésique donne des sels souvent solubles, en particulier les chlorures sulfates, les carbonates et parfois les silicates. Donc la salinité primaire ont diverse

- Origine marine : les sels solubles provoquent par un contact direct du sol avec les eaux de mer, il consiste dans une submersion de terrains par la mer au cours des tempêtes des marées exceptionnelle et des raz marées.
- Origine continentale : les sels solubles proviennent des couches sédimentaires salifères, la formation gypso-Saline placée en relief par la tectonique contribuent a salinisation les terrains situés en contrebas par les sédiments salés chlorure sodique, chlorure calcique.

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

- Origine volcanique : les sels solubles proviennent de certaine manifestation posthume du volcanisme qui l'altération des roches volcaniques fournit fréquemment du carbonate de sodium qui conduit à des phénomènes pédologique d'alcalinisation.

## 2. 2. Salinisation secondaire

- Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaire». C'est un processus ultérieur à la formation du sol, le caractère salin du sol est induit par plusieurs mécanismes.
- La salinisation est due à la remontée d'une nappe phréatique peu profonde formée par des eaux salines.
- L'halomorphe peut provenir des eaux d'irrigation salines en milieu drainé.
- La salinisation se produit lorsque l'eau d'irrigation est distribuée en quantité trop faible qu'il y ait percolation chlorure sodique, chlorure calcique.

## 3. Caractéristique des sols salés

### 3. 1. Caractéristique chimique

- La salinité du sol est décrite et caractérisée en termes de concentration des différents types des sels solubles. Il existe trois grandes facies salins dans l'Algérie chlorure sodique, chlorure calcique et le sulfate sodique Par ailleurs, les facies chimiques les plus répandus en Algérie sont : les chlorure sodique, chlorure calcique (Maillard, 2001).
- Chlorure sodique : le pourcentage du sodium échangeable est supérieur à 15% et une conductivité électrique à 4 dS/m à 25C° et pH a compris 8,5 et 10. Ce sol dispersion et dissolution de la matière organique présente dans la solution du sol peut être déposée à la surface du sol par évaporation, ceci donne naissance au salant noir (black al kali).
- Le sol échangeable présent dans les sols non salins et alcalins a une influence néfaste sur les propriétés physico-chimique, la dispersion des colloïdes apigmentés proportionnellement au pourcentage du sodium échangeable. Le Ph peut atteindre des valeurs supérieures à 10 à ce stade d'alcalinisation, avec la présence d'une quantité importante de carbonate, le calcium ainsi que le magnésium peuvent être précipité.
- Chlorure calcique : caractérisé dans la solution de sol et dans le complexe adsorbant par une dominante du calcium et magnésium sur le sodium ainsi que la conductivité

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

électrique elle est supérieure à 4 dS/m et pH ne dépasse pas 8. Ce sol a été affecté par les processus de salinisation et d'alcalinisation.

- Sulfate sodique : caractérisé dans le sol sous forme sulfate acide ou neutre, cette sol peuvent reseter humide même saison sèche. Le Sulfate de c'est un composant typique des sols salés, on le trouve souvent dans les eaux souterraines, sa solubilité est très élevée, ce qui le rend un sel toxique.

## 3. 2. Caractéristique physique

Constituent des contraintes à leur utilisation agricole, a cause de l'influence des sels solubles et des sodiums échangeables. La propriété physique des sols salés présente une faible porosité et même perméabilité est relativement faible et leur stabilité structurale, le sodium échangeable provoque le gonflement et la dispersion des minéraux argileux ce qui réduit la macroporosité et provoque une diminution de la perméabilité et de stabilité structurale.

- Les sels solubles neutres en excès dans un sol argileux, présentent une structure du sol stable. Cependant, les sols salés sont plus fragiles et souvent sujet à dégradation car la salinité réduire la couverture végétale laissant le sol sensible a l'érosion éolienne ou hydrique.

-La perméabilité des sols salés (voie saline neutre) est généralement comparable à celles des sols non salés.

## 4. Classification de sol salé

### 4. 1. Classification Américaine (soil taxonomy, 2006)

La classification américaine est une classification hiérarchisée basée sur la morphologie et certaines analyses de laboratoire : c'est une classification morpho-analytique.

Les critères diagnostiques sont représentés par les horizons diagnostiques (épipedon), le pédoclimat, et par des critères secondaire (propriétés pédologique bien distinctes).

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

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

## - Caractéristiques de l'horizon salique selon soil taxonomy

- 1- L'horizon salique est de 15cm d'épaisseur ou plus
- 2- La CE supérieure ou égale à 30dS/m pour un extrait de pâte saturée, pendant 90 jours consécutifs ou plus au cours des années normales

### 4. 2. Classification française (CPSC. 1967)

La classification française insiste sur l'importance des modifications morphologiques et écologiques, même si elles sont variables dans le temps, subies par les sols dont l'évolution est soumise à l'influence d'un excès de sels solubles ou d'ions provenant de leur dissociation et susceptibles de provoquer la modification de leurs caractéristiques physiques. De ces sols elle fait une classe. Celle-ci est définie soit par la présence de sels solubles en quantité suffisante dans un horizon d'au moins 20 cm pour y élever la conductivité de l'extrait de pâte saturée jusqu'à au moins 8 millimhos par centimètre, à 25°C, soit par la dégradation de la structure d'un horizon d'au moins 20 cm sous l'influence d'un excès d'ions échangeables alcalins (Na/T variable suivant les sols mais toujours supérieur à 10%). Plusieurs noms lui ont été donnés Sols salés, Sols halomorphes, Sols sodiques; aucun ne recouvre l'ensemble des sols concernés.

### 4. 3. Classification WRB (solonchak)

La classification de la FAO (WRB, 2014) cite deux groupes aux sols affectés par la salinité, le groupe des Solonchaks et celui des Solonetz. Les Solonchaks sont des sols ayant un horizon salic débutant dans les 50 premiers cm de la surface du sol et n'ayant pas d'horizon thionic dans la même profondeur. Les Solonetz sont d'autres sols ayant un horizon natric débutant dans les 100 premiers cm de la surface du sol. Ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl chlorure de Sodium, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi-arides, ces sols sont caractérisé par une conductivité électrique et de pate saturé supérieur a 4ds/m a 25c°, le pH généralement inférieur a 8,5. Les saisons chaudes et sèches favorisent l'ascension capillaire des sels à la surface des sols. En Algérie ils sont abondants dans les basses plaines et vallées d'Oranais, vallée de Mina, près de Relizane sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine aux bords de certaines Chotts comme le chott Melrhir Ils ont

## Chapitre I : synthèse bibliographique

aussi une grande existence dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla. Selon Boulaine (1957), la région de Relizane serait creusée par un phénomène de déflation éolienne. Le bourrelet serait constitué d'accumulation par le vent des matériaux arrachés aux fonds de la région.

La correspondance des sols salés selon les différents systèmes de classifications est donnée par le tableau I.

**Tableau I. Classement des sols salés et correspondances approximatives (Degros 2007)**

CPCS (1967)	WRB (2006)	RP (1998)
Sols salins	Solonchak (Hz salic)	Sali sols
Sols salins à alcalins	Solonchak- solonetz	Sodisols indifférenciés
Sols sodiques	Solonchak (Hz natric)	Sodisols solonetzique
Sols sodiques dégradés	Solonetz glossablic	Spodosols sodique

La version de WRB (2014) 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. (2014) , 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.

### - 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 :

## Chapitre I : synthèse bibliographique

---

1. Une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieur à 15dS /m à 25C° à un moment de la l'année ; ou une CE de plus de 8 dS/m à 25 C° si le pH (H<sub>2</sub>O) 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).

### - 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 sp. 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 détrempe, 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.

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

- **Horizon sulfurique ou thionic** : c'est un horizon sub-superficiel 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
  - Une suspension sur des matériaux sulfuriques.
  - Au moins 0.05 % (en poids) de sulfates solubles dans l'eau.
- 2- Une épaisseur d'au moins 15cm.
- **Suffixes et préfixes des solonchaks préconisé par la WRB :**

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

La WRB (2014) 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,

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

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.

## 5. Répartition des sols salés

### 5. 1. Dans le monde

La salinité est un phénomène mondial qui affecte un billion d'hectare, soit 7% de surface terrestre (Ghassemu and al, 1995). D'après FAO les sols déjà salés représentent 2% des terres cultivables soit environ 300 millions d'hectare. Ces sols enrichis en sels (chlorure, sulfate, carbonate) sont rencontrés principalement sous climat arides (Duchauffour, 1992)

- Le long des cotes à marées basses des cinq continents sols sulfates qui peuvent être acide ou non

- Dans les zones bordant les régions volcaniques d'où viennent les eaux alcalines (plaines de l'axe en Arménie)

- Dans les parties mal drainées des régions méditerranéennes et arides, alimentées par des eaux ayant traversé des sédiments anciens salé riche en évaporites, le plus souvent gypso-salines.

### 5. 2. En Algérie

Les sols sodiques sont très répandus dans les régions arides d'Algérie, ils représentent 25% environ de la surface cartographie ils occupent de grandes étendus 15% de surface dans différentes régions.

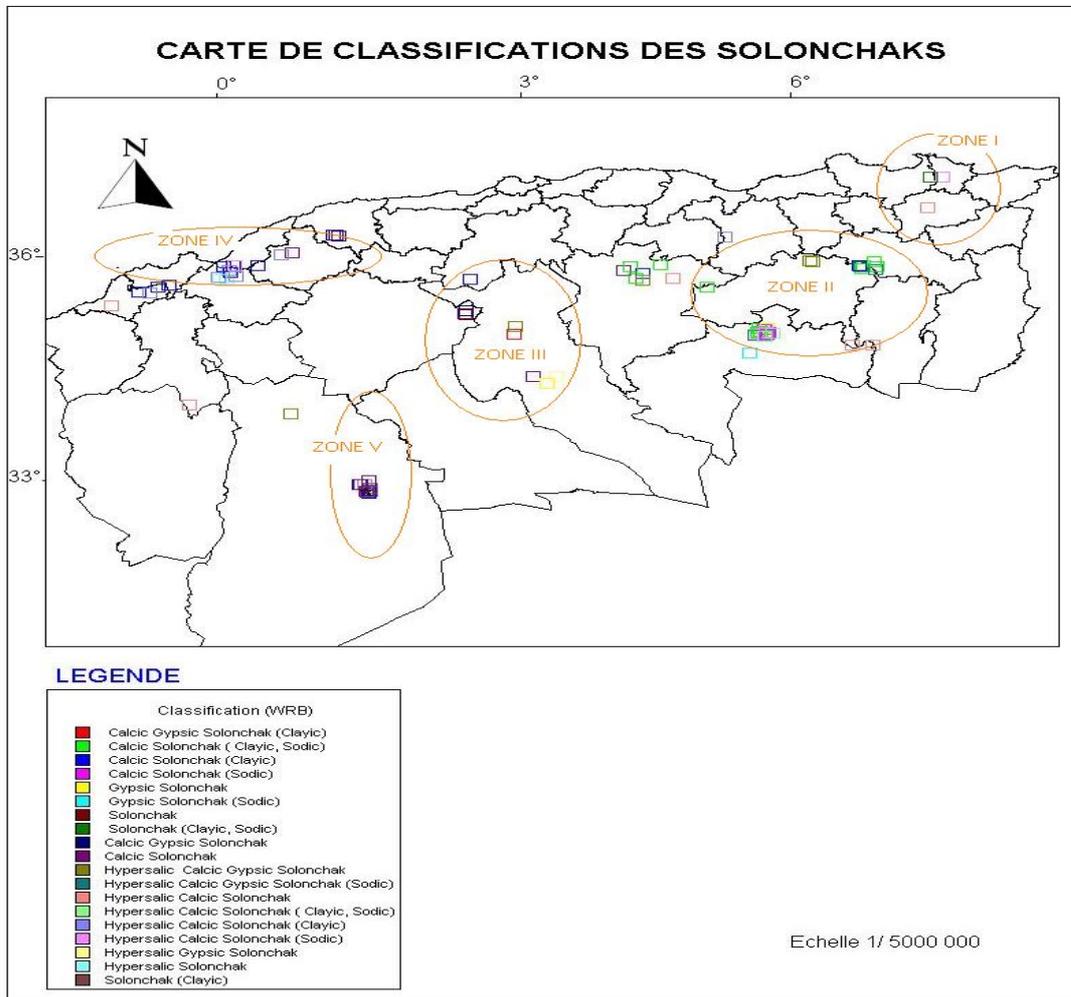
Les sols salés en Algérie trois types de bassins salifères

- La lagunaire mésozoïque 1.800.000 Km<sup>2</sup> pour les bassins du trais supérieur (mole Oranais, Kabylie, et nord d'une ligne passant par el-Goléa et Rhoude)
- Côtiers intra montagneux cénozoïque (tertiaire) d'environ 600 à 700 Km<sup>2</sup> entre le bassin d'évaporites de Chélif et de Constantine
- Fermés continentaux Plio-Quaternaire d'environ 40 a 300 Km<sup>2</sup> (chott de Constantinois, chott Melkghir, chott Djerid, sebka d'Oron, salin d'Arzew). Ils proviennent de

# Chapitre I : synthèse bibliographique

lessivage des dépôts salifères antérieurs s'effectuant sous un climat aride à semi aride et cela jusqu'à l'époque actuelle.

La répartition des solonchaks dans le nord d'Algérie est présentée par la figure 1.



**Figure 1. Carte de classification des solonchaks dans la région nord d'Algérie (Hadj miloud, 2010)**

## 6. Problème de la salinité

En Algérie la salinité est un problème majeur qui affecte les terres agricoles en diminuant leur potentiel productif. Plusieurs études ont été réalisées notamment dans le bassin du Chélif La zone d'étude de Relizane, appartient au bas Chélif qui est le siège de processus importants de salinisation; ce qui génère des problèmes de mise en valeur et de gestion dans ce type de milieu. Les sols affecté par les sels, présentent des caractéristiques bien particulières du point de vue morphologique et physico-chimique .Ces sels sont en relation directe avec la texture du sol, les sols salés occupent de vaste superficies 3,2 millions d'hectares de la superficie

# Chapitre I : synthèse bibliographique

---

totale. Ils sont localisés au Nord qu'au Sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques. En distingue trois problèmes majeurs.

- Une difficulté d'absorption de l'eau qui est liée à la pression osmotique des solutions riche en sels dissous, il peut y avoir aussi dégradation des propriétés physique du sol due à la fixation du sodium sur complexe.
- Intensité et la nature de la salure, type de profile salin, degré de dégradation de la structure et des autres propriétés physique tels que la perméabilité.
- La disponibilité de l'eau dans le sol.

## **7. Variation temporelle de la salinité**

### **7. 1. Rôle de saison**

Des études de terrain réalisé en milieu méditerranéen sur des sols naturelles couvertes d'une végétation de la clairsemée ont montré une variation de la salinité, dans ce cas les sels ont pour origine marine. La distribution dans les sels à croûtes et encroûtement calcaire et dans les sols encroûtements gypseux, il correspond aux sols influencés par une nappe salée peu profond et qui sont en générale localisé dans les zones basses et déprimées des séquences. Quand la concentration en sel est très forte nous observons a la surface du sol une texture en pseudo-sable et des efflorescences saline, il s'agit et caractérisé par une remontée capillaire et une lixiviation des sels.

### **7. 2. Rôle de climat**

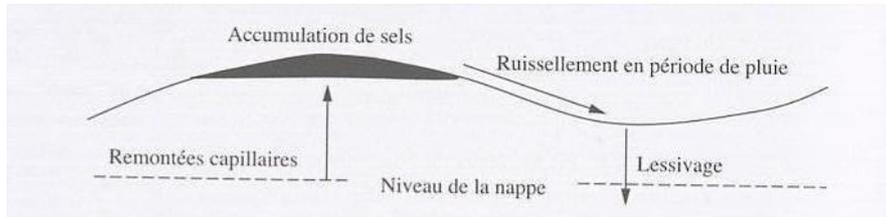
La salinité s'accroît avec le profond en relation avec lixiviation du sodium par les pluies, même si les sels peuvent remonter en période sèche, les profils saline acquièrent une certaine importance à cause de la pluviométrie annuelle.

### **7. 3. Rôle de la nappe**

Dans le cas d'une nappe salée, le processus d'accumulation des sels est d'autant plus marqué dans les sols très légèrement ondulé et la texture fine et remonté capillaire sont limitée

- la nappe est proche de surface ;
- elle est fortement minéralisée ;
- le bilan hydrique est en faveur de l'évapotranspiration potentielle ;

- Si le terrain est très légèrement ondulé et la texture fine, les sels s'accumulent dans les points hauts comme le montre la figure 2 (Franzeb, 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.



**Figure 2.** Accumulation des sels sur les points hauts lorsque la texture est fine (Franzeb, 2005).

### 8. Propriétés des sols salés

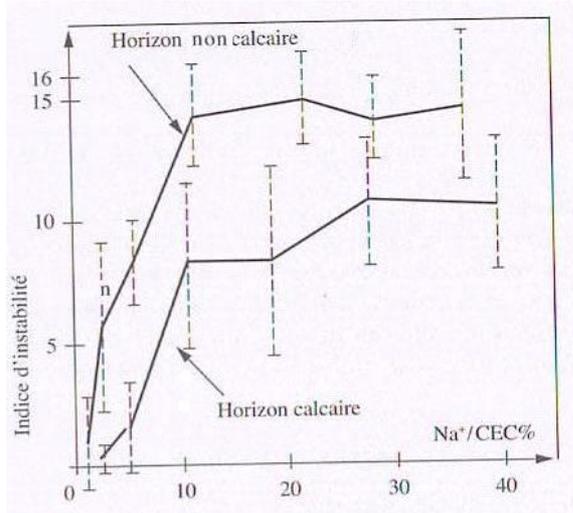
La salinisation des sols, qui est un problème agricole environnemental, a des conséquences parfois irréversibles sur les propriétés physico-chimiques des sols.

#### 8. 1. Faible stabilité structurale

Le test Emerson est une méthode qualitative qui permet de classer un échantillon parmi cinq classes de comportement.

Ce test permet d'apprécier facilement en 16 classes la tendance à la dispersion d'agrégats terreux. Il a été utilisé sur des sols des marais (Pons et Gerbaud, 2005), il est illustré par la figure 3.

Nous observons que l'instabilité de la structure, appréciée par le test d'Emerson, augmente avec la proportion de sodium sur le complexe adsorbant. L'augmentation est plus rapide et l'instabilité plus grande quand le sol n'est pas calcaire (moins de  $\text{Ca}^{++}$  sur le complexe).



**Figure 3.** Liaison entre dispersion et teneur relative du complexe adsorbant en sodium (Pons et Gerbaud, 2005).

## 8. 2. Faible perméabilité hydraulique

Servant (1970) a réalisé l'expérience simple et spectaculaire suivante :

- Il fait percoler une eau salée sur un échantillon d'une terre argileuse. La quantité d'eau qui filtre est constante par unité de temps et s'accroît donc linéairement avec le temps (On note que la perméabilité est plus forte que si l'on emploie une eau distillée.
- Après une heure, l'eau salée est remplacée par l'eau distillée. L'échantillon s'imperméabilise aussitôt et l'eau ne passe pratiquement plus. La courbe devient subhorizontale.

Les mécanismes impliqués sont les suivants :

1. Rôle direct de la concentration saline : Plus la concentration saline est élevée, plus l'argile a tendance à flocculer (écrasement de la double couche diffuse). La perméabilité est donc plus grande qu'avec une eau non salée. Mais, dans l'échantillon, cette percolation avec une eau saline a pour corollaire le remplacement des cations  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  par  $\text{Na}^+$ .
2. Gonflement : Les argiles sodiques de type 2/1, même peu gonflantes, accroissent leur volume lorsqu'elles sont saturées par l'eau. Dans l'échantillon soumis, en deuxième lieu, à l'essai de percolation avec l'eau pure, il y a expansion généralisée des argiles sodiques et donc diminution de la porosité.
3. Dispersion et explosion osmotique : Dans l'échantillon, et au moment où on introduit l'eau pure, les agrégats sont riches en sel. Il y a osmose. L'eau pure

# Chapitre I : synthèse bibliographique

pénètre rapidement ces agrégats et les fait exploser, ce qui détruit la porosité intersticielle résiduelle (Amezketta et al. 1995).

## 9. Méthode utilisée pour l'étude de salinité

### 9. 1. Analyse au laboratoire

Au laboratoire pour évaluer la quantité de sels contenue dans un échantillon de sol, il faut extraire ces sels de l'échantillon. Pour cela différentes méthodes sont utilisées mesure de la conductivité électrique sur les extraits de pâte saturée et mesure de la conductivité électrique sur les extraits dilués Le rapport sol/ eau est en général de 1/5

### 9. 2. Conductivité électromagnétique

Les mesures de conductivité électromagnétique ont été réalisées avec un conductimètre portable EM38 (Geonics), dont les bobines émettrice et réceptrice sont séparées de 1 m. La fréquence d'excitation est de 14,6 kHz. L'appareil mesure la conductivité électrique apparente du sol en mS/m. Quatre transects ont été positionnés de manière à obtenir une large gamme dans la réponse du conductimètre électromagnétique, sur une faible distance. Les mesures EM ont été réalisées à la surface du sol en mode vertical et horizontal, après avoir laissé chauffer les composants électroniques de l'appareil, et l'avoir étalonné dans l'air à une hauteur de 1,5 m (McNeil, 1980).

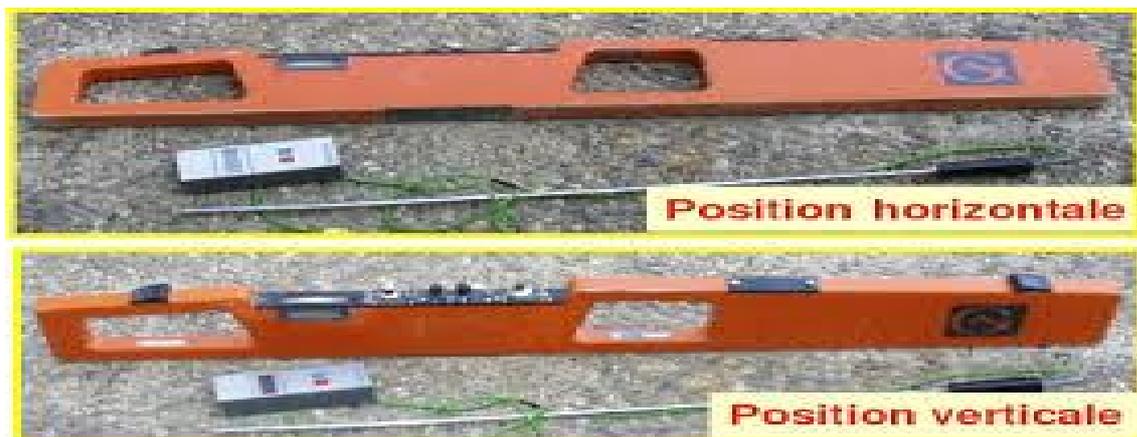


Figure 4 : Le Géonics EM38

### 9. 3. Conductivité électrique

En La conductivité électrique apparente (CEa) mesurée correspond à un volume de sol donné qui dépend des caractéristiques de l'appareil de mesure (longueur, fréquence de l'onde

## Chapitre I : synthèse bibliographique

---

électromagnétique émise), de son mode d'utilisation, et des caractéristiques physico-chimiques du sol (teneurs en eau et en argile, minéralisation de la solution du sol, compacité...) Généralement utilisées en valeurs relatives, les mesures de CE a peuvent être calibrées par rapport à une méthode d'extraction de la solution du sol et de mesure de la CE au laboratoire.

### **9. 4. Résistivité électrique**

Les chercheurs de Riverside (U.S.A) ont proposé avec succès l'installation en surface d'un quadripôle d'électrode de configuration Werner pour mesurer la conductivité électrique apparente du sol à la capacité au champ (Midorot, 2003). Il s'agit de déterminer in-situ la salinité d'une épaisseur de sol correspondent approximativement à la distance inter-électrode. La calibration des valeurs de la conductivité apparente du sol était assurée par des mesures de la conductivité électrique d'extrait de pate saturé d'échantillons de sol prélève sous le dispositif d'électrode. L'inconvénient de cette méthode est que les mesures doivent être réalisées à de fortes teneurs en eau à la capacité au champ (Rieu et Cheverry, 1976) et qu'elles sont influencées par les cations échangeables du sol ainsi que l'épaisseur concernée du sol est de même ordre que l'écartement entre les électrons d'où la difficulté de réaliser les mesures en profondeur.

### **10. Effet de salinité sur les plantes**

L'eau est une ressource indispensable toute les végétaux pour assurer les fonctions physiologiques vitales. Cependant suivant le milieu naturel, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches et salée vont se retrouver exposée un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre. Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétale d'un coté et la présence de sel en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante et de l'eau, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales, certaines nommées glycophyte ne sont pas capables de supporter la présence de sel les halophytes au contraire développent des réponses physiologique pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (Calu, 2006).

Enfin, La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes.