

**UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA**  
**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**Département des sciences agronomiques**



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** Science de la Nature et de la Vie  
**Filière** Sciences agronomiques  
**Spécialité** Gestion des agro systèmes

**Présentée par** - **Melle** Zidi Nour Elhouda  
- **Melle** Gherissi Youstra

**Thème**

**Evaluation de la salinité dans les sols nus de la  
cuvette de Ouargla**

**Soutenu publiquement**

**Le 29-06-2021**

**Devant le jury :**

<b>M. KARABI</b>	<b>M. M.C.B.</b>	<b>Président</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M. KHEMGANI</b>	<b>A. M.C.B.</b>	<b>Examineur</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M. IDDER</b>	<b>A.H. M.C.B.</b>	<b>Encadreur</b>	<b>UKM Ouargla</b>

**Année universitaire : 2020/2021**

# Remerciements

*Avant tout nous remercions Dieu qui nous à éclairés le chemin du savoir.*

*Nous tenons à exprimer nos reconnaissances à monsieur IDDER A.H. Pour la proposition de ce thème et pour son encadrement.*

*Nous remercions Mr. KARABI M. pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

*Nous remercions Mr. KHhemgani A. pour avoir accepté d'examiner notre mémoire.*

*Enfin nous remerciant toutes les personnes qui nous à aidés, de près ou de loin.*

# Dédicace

*C'est tous simplement que je dédie ce projet de fin d'étude :*

*À mon père Bachir*

*Pour ton amour, pour tes sacrifices, pour ton soutien tout long de mes études j'espère être la source de ta fierté. Que ce travail soit un modeste témoignage de mon éternelle reconnaissance. Que Dieu te garde.*

*À ma mère Aicha*

*Nulls phrases aussi expressives soient-elles ne saurait exprimer ma reconnaissance pour ton dévouement, tes précieux conseils et les efforts que tu ne cesses de déployer depuis mon enfance. En ce jour mémorable, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Que dieu te donne santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.*

*À mes frères, El-hadj, Tarek et Mohammed zaid et ma chère sœur, Wassila*

*Pour leur encouragements permanent et leur soutien moral. je leur souhaite plein de bonheur et de réussite. Que dieu les protège et leur accorde, santé et bonheur.*

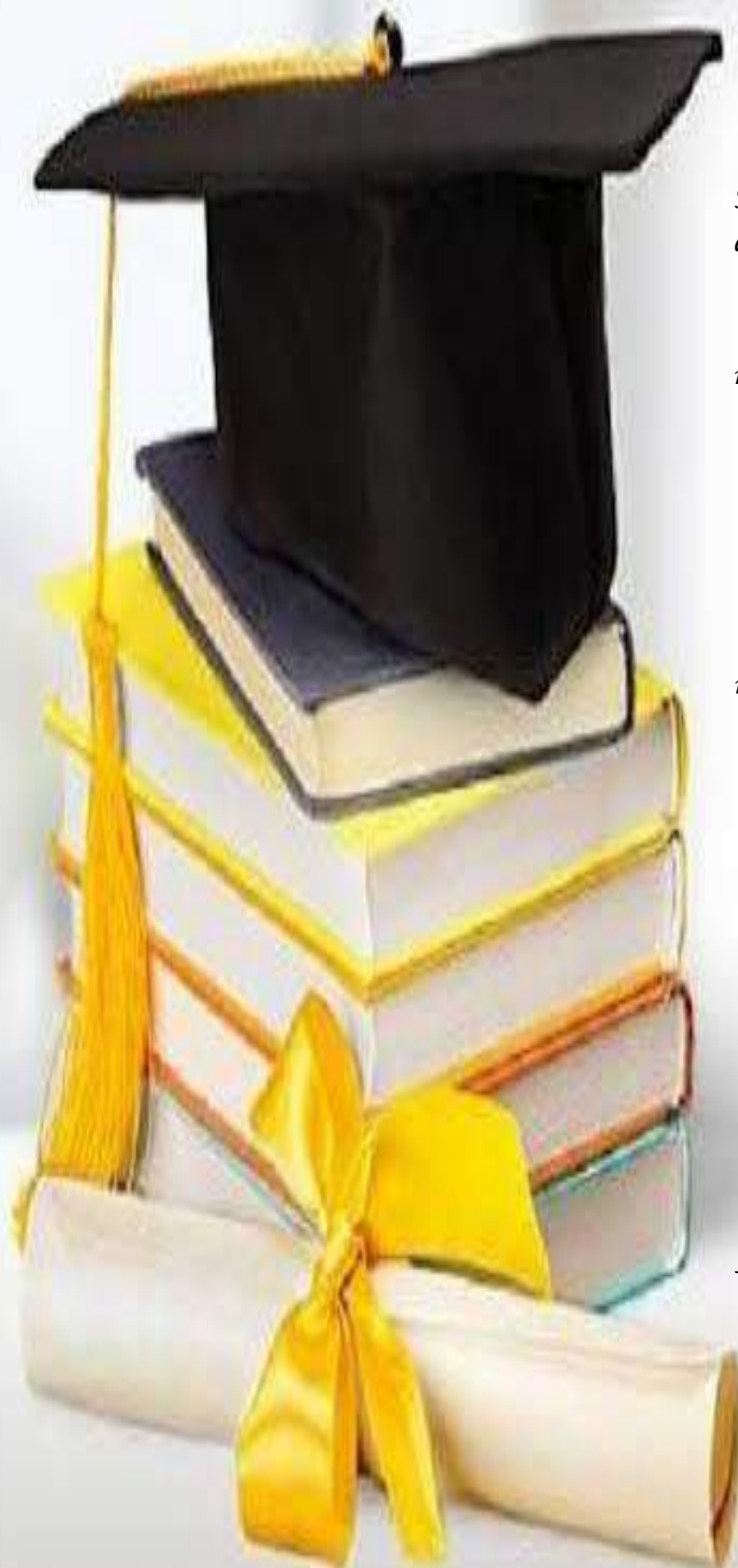
*À mes chères amies : Friel, Halima, Ibtissam, Mabrouka, Soumaia, Warda et ma binôme, Yousra Je vous remercie pour les moments inoubliables que nous avons partagé ensemble et pour le plaisir dont j'ai joie avec vous.*

*À tous mes collègues de la promotion de Gestion des Agro systèmes*

*À toute ma famille en témoignage de ma grande affection et de ma reconnaissance et sans qui je ne serais rien.*

*À tous mes enseignants et à tous ceux qui m'ont aidé En témoignage de ma reconnaissance.*

*Nour-ELhouda*



# Dédicace

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour leur amour, leur compréhensions, leur encouragements, et surtout leur soutien et leurs prières tout au long de mes études qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs et concrétiser mes rêves*

*La plus chère de ma vie, ma mère **chadlia**, qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue que Dieu lui accorde une longue vie.*

*A mon très cher père **belkacem**, merci pour ta patience, merci pour tous ce que tu m'as donné, j'espère que je serai une source de fierté pour toi.  
A toute ma grande famille Gherissi et Amri*

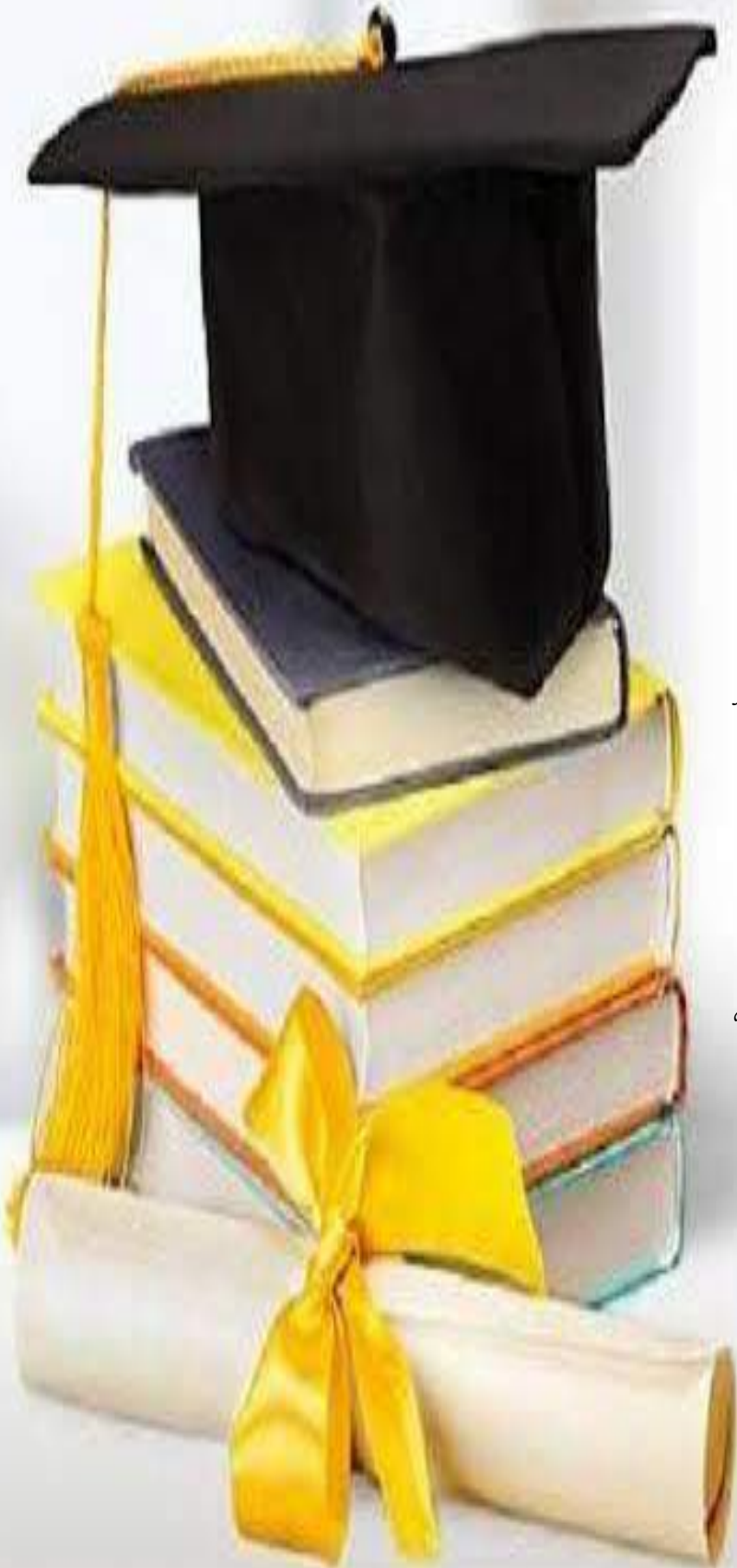
*A mes sœurs :  
Anfal et Ses belle filles,  
Maroua, Meriem, Inchirah et Sabaa*

*A mon frère : Yafia*

*A mon binôme Nour Al Houda je te dis merci pour ta patience, ton grand amour et ta générosité.*

*A toutes mes amies :  
wafa, maroua, Imane, dounia et tous mes collègues de la promotion de Gestion des Agro système  
Tous mes amis qui ont étudié avec moi tout au long de ma carrière universitaire.*

**yousra**



## Liste des abréviations

<b>A</b>	Argile
<b>A.E.B</b>	Alimentation en eau potable
<b>C.E</b>	Conductivité électrique
<b>C I</b>	Continental Intercalaire
<b>C T</b>	Complexe Terminal
<b>Ev</b>	Evaporation
<b>Hr</b>	Humidité relative
<b>INSID</b>	Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage
<b>IN</b>	Insolation
<b>L</b>	Limon
<b>M.O</b>	Matière organique
<b>P-H</b>	Pseudo-horizon
<b>P</b>	Précipitations
<b>ESP</b>	Pourcentage de Sodium Echangeable
<b>Q<sub>3</sub></b>	Quotient pluviothermique d'Emberger
<b>SAR</b>	Sodium Adsorption Ratio
<b>SNV</b>	Science de la nature et de la vie
<b>S.t.g</b>	Sable très fin
<b>S.g</b>	Sable grossier
<b>S.m</b>	Sable moyen
<b>S.f</b>	Sable fin
<b>V</b>	Vents

## Liste des figures

N° de figures	Titres des figures	N° de page
<b>Figure 01</b>	Carte de situation géographique de cuvette Ouargla	<b>04</b>
<b>Figure 02</b>	Délimitation de la cuvette de Ouargla.	<b>05</b>
<b>Figure 03</b>	Coupe géomorphologique schématique de la Vallée de Ouargla.	<b>08</b>
<b>Figure 04</b>	Carte hydrographique de la cuvette de Ouargla	<b>10</b>
<b>Figure 05</b>	Extrait de la carte géologique du Sahara	<b>11</b>
<b>Figure 06</b>	Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT)	<b>12</b>
<b>Figure 07</b>	Diagramme Ombrothérmique de Gaussen de la région de Ouargla (2001-2011).	<b>16</b>
<b>Figure 08</b>	Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla.	<b>17</b>
<b>Figure 09</b>	Carte des risques de salinisation de la cuvette de Ouargla	<b>23</b>
<b>Figure 10</b>	Échantillonnages des sites expérimentaux.	<b>36</b>
<b>Figure 11</b>	Situation des sites expérimentaux.	<b>37</b>
<b>Figure 12</b>	Concentration des ions dans le pseudo-horizon 1.	<b>47</b>
<b>Figure 13</b>	Concentration des ions dans le pseudo-horizon 2.	<b>48</b>
<b>Figure 14</b>	Concentration des ions dans le pseudo-horizon 3.	<b>49</b>
<b>Figure 15</b>	Concentration des ions dans le pseudo-horizon 4.	<b>53</b>
<b>Figure 16</b>	Concentration des ions dans le pseudo-horizon 5.	<b>54</b>
<b>Figure 17</b>	Répartition générales des ions dans les cinq pseudo-horizons	<b>55</b>
<b>Figure 18</b>	Variation du C.E du sol et l'eau des pseudo-horizons	<b>56</b>
<b>Figure 19</b>	Variation des résidus secs du sol et l'eau des pseudo- horizons	<b>56</b>
<b>Figure 20</b>	Variation de résidu sec et la C.E de l'eau des pseudo-horizons	<b>57</b>
<b>Figure 21</b>	Variation de résidu sec et la C.E de sol des pseudo-horizons	<b>57</b>
<b>Figure 22</b>	Variation des pourcentages des Gypse et calcaire	<b>58</b>
<b>Figure 23</b>	Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 1	<b>60</b>
<b>Figure 24</b>	Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 2	<b>60</b>
<b>Figure 25</b>	Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 3	<b>61</b>
<b>Figure 26</b>	Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 4	<b>62</b>
<b>Figure 27</b>	Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 5	<b>63</b>
<b>Figure 28</b>	Répartition des sels dans les cinq pseudo-horzions 1 à 5	<b>63</b>

## Liste des tableaux

N° de tableaux	Titre des tableaux	N° de page
<b>Tableaux 01</b>	Chronolithostratigraphie de la zone d'étude	<b>13</b>
<b>Tableaux 02</b>	Températures maximales et minimales et leurs moyennes durant les années (2001-2011).	<b>14</b>
<b>Tableaux 03</b>	Précipitations mensuelles en (mm) durant les années (2001-2011).	<b>15</b>
<b>Tableaux 04</b>	Humidité mensuelle en (%) durant les années (2001-2011).	<b>15</b>
<b>Tableaux 05</b>	Evaporation mensuelle en (mm) durant les années (2001-2011).	<b>15</b>
<b>Tableaux 06</b>	Vitesse de vent mensuelle en (Km/h) durant les années (2001-2011)	<b>16</b>
<b>Tableaux 07</b>	Insolation mensuelle en (heure) durant les années (2001-2011)	<b>16</b>
<b>Tableaux 08</b>	Classification des sols salés	<b>28</b>
<b>Tableaux 09</b>	Résultats des échantillons du sol de la station 1 de l'exploitation agricole de la faculté SNV.	<b>45</b>
<b>Tableaux 10</b>	Résultats d'analyse de l'eau de la nappe phréatique de la station 1 de l'exploitation agricole de la faculté SNV.	<b>46</b>
<b>Tableaux 11</b>	Résultats des échantillons du sol de la station 2 d'Oum EL Raneb.	<b>51</b>
<b>Tableaux 12</b>	Résultats d'analyses de l'eau de la nappe phréatique de la station 2 d'Oum EL Raneb	<b>52</b>
<b>Tableaux 13</b>	Répartition des sels des échantillons du sol des pseudo-horizons de la station 1 de l'exploitation agricole de la faculté SNV.	<b>59</b>
<b>Tableaux 14</b>	Répartition des sels des échantillons du sol des pseudo-horizons de la station 2 d'Oum EL Raneb.	<b>61</b>

# TABLEAU DE MATIERE

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....</b>	<b>4</b>
I.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE .....	4
II.2 FACTEURS PHYSIQUES DE LA RÉGION .....	6
II.2.1 Pédologie de la région .....	6
II.2.2 Géomorphologie de la région .....	7
II.2.1.1 Plateau .....	7
II.2.1.2 Glacis.....	7
II.2.1.3 Sebkhass et Chotts .....	8
II.2.1.4 Dunes de sable.....	8
II.2.3 Topographie .....	9
II.2.4 Hydrographie de la région .....	9
II.2.5 La géologie de la région .....	10
II.2.6 Hydrogéologie de la région .....	11
II.2.7 Caractéristiques climatiques de la région de Ouargla .....	14
II.2.1.1 Température .....	14
II.2.1.2 Les précipitations.....	14
II.2.1.3 Humidité relative .....	15
II.2.1.4 Évaporation .....	15
II.2.1.5 Vents.....	15
II.2.1.6 Insolation .....	16
II.3 SYNTHESE CLIMATIQUE .....	16
II.3.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN .....	16
II.3.2 Climagramme d'EMBERGER.....	17
II.3.3 Conclusion.....	18
<b>CHAPITRE II GENERALITES SUR LA SALINITE DES SOLS NUS.....</b>	<b>20</b>
II.1.LA SALINITE DES SOLS NUS .....	20
II.1.1.Salinité et sols salés .....	20
II.1.2.Répartition des Sols Salés.....	20
II.1.2.1.Dans le monde .....	20
II.1.2.2.En Algérie.....	21
II.1.2.3. Caractéristiques des sols sahariens en Algérie .....	21
II.1.2.3.1. Risque de salinisation.....	23
II.2. ORIGINE DES SOLS SALES .....	24
II.2.1 phénomènes géologiques .....	24
II.2.1.1 Salinisation primaire .....	24
II.2.1.2 Salinisation secondaire.....	24
II.2.2 Facteurs climatologiques et hydrologiques.....	24
II.3. GENERALITE SUR LES SOLS NUS SALES.....	24
II.3.1. Action des accumulations salines dans le sol nu .....	24
II.3.1.1 Horizon d'accumulation des chlorures .....	25



II.3.1.2	Horizon d'accumulation du gypse .....	25
II.3.2.	Sol salin sous sol nu ou de tâches salées .....	25
II.4.	NAPPE PHREATIQUE .....	25
II.5.	LES SELS SOLUBLES .....	26
II.5.1	Définition des sels solubles.....	26
II.5.2.	Les principaux sels solubles .....	26
II.6.	TYPES DE SOLS AFFECTES PAR LES SELS .....	27
II.7.	SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES DES TRAVAUX ANTERIEURS SUR LA SALINITE .....	29
	Conclusion .....	33
<b>CHAPITRE III MATERIEL ET METHODES .....</b>		<b>35</b>
III.1.	CHOIX DE SITE EXPERIMENTAL.....	35
III.2.	PRESENTATION DES SITES EXPERIMENTAUX .....	37
III.2.1.	L'exploitation agricole de l'université de Ouargla(SNV).....	37
III.2.2.	Chott Oum EL Raneb .....	38
III.3.	ÉCHANTILLONNAGE DU SOL .....	38
III.4.	METHODES D'ANALYSES .....	38
III.4.1.	Analyses physiques .....	38
III.4.1.1.	Humidité .....	38
III.4.1.2.	Granulométrie.....	38
III.4.2.	Analyses physico- chimiques .....	39
III.4.2.1.	pH .....	39
III.4.2.2.	Conductivité électrique (C.E.) .....	39
III.4.3.	Analyses chimiques .....	39
III.4.3.1.	Dosage des anions .....	39
III.4.3.2.	Dosage des cations .....	39
III.4.3.3.	Gypse .....	39
III.4.3.4.	Calcaire total.....	40
III.4.4.	Analyses biochimiques .....	40
III.4.4.1.	Matière organique.....	40
III.5.	METHODOLOGIE D'OBTENTION DES SELS .....	40
<b>CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>		<b>43</b>
IV.1.	CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET ANALYTIQUE DES SOLS ETUDIES.....	43
IV.1.1.	Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 1 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV .....	43
IV.1.2.	Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 2 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV .....	44
IV.1.3.	Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 3 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV .....	44
IV.1.4.	Répartition ionique des pseudo-horizons 1,2 et 3 au niveau de sol de l'exploitation agricole de la faculté SNV .....	47
IV.1.5.	Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 4 de zone d'Oum EL Raneb.....	50
IV.1.6.	Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 5 de zone d'Oum EL Raneb.....	50

IV.1.7.Répartition ionique des pseudo-horizons 4 et 5 au niveau de la station 2 d'Oum EL Raneb.....	53
IV.1.8.Répartition générale des ions dans les pseudo-horizons 1 à 5 .....	55
IV.1.9. Évaluation des paramètres de mesures dans les échantillons.....	56
IV.1.9.1. Évolution des profils salins sol / eau.....	56
IV.1.9.2.Evolution des résidus secs sol / eau .....	56
IV.1.9.3. Évolution du R.S et C.E De l'eau phréatique.....	57
IV.1.9.4 Evolution du R.S et C.E de sol .....	57
Conclusion .....	58
IV.2. FORMATION DES SELS DU SOL ETUDIE .....	59
IV.2.1.Répartition des sels dans les pseudo-horizons 1à 5.....	63
Conclusion .....	64
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>67</b>

# **Introduction**

## **Introduction**

Le sol est une formation naturelle superficielle, meuble de l'écorce terrestre, résultante de la transformation au contact de l'atmosphère et des êtres vivants de la roche mère sous-jacente, sous l'influence de processus physique, chimique des sols (CALVET, 2003).

Les problèmes de sol salé et d'irrigation avec des eaux salées ne sont pas spécifiques d'une région particulière du monde. Ils sont connus en Europe (Russie, Hongrie) aussi bien qu'en zones arides. Cependant ce problème est particulièrement répandu en zone aride et semi aride, et il a été étudié surtout dans ces régions (LALLEMAND-BARRÈS A., 1980).

Il y a plusieurs facteurs qui mettent en évidence la salinité des sols, à savoir des facteurs purement climatiques (Température, niveau des précipitations, absence de drainage, composition de la roche mère) ou anthropiques (utilisation de l'eau salée pour l'irrigation) (SADIKI M. et al. 2016).

En Algérie, la zone aride représente près de 90% de la superficie globale dont 80% est hyperaride (DJIDEL, 2008). D'après SZABLOCS, 1989 in INSID., la surface affectée par la salinité en Algérie est évaluée à 3.2 millions d'hectares, dont la plus grande partie se trouve au Sahara.

La majorité des sols salés observés en Algérie, sont rencontrés surtout sous climat aride (DAOUD, 1983 ; HALITIM, 1988). Cette aridité est due à la rareté des pluies qui ne pénètrent pas suffisamment et profondément dans le sol pour provoquer une infiltration appréciable. C'est le cas remarquable de la région d'Ouargla où les sels affleurent à la surface du sol (HALILAT, 1998).

Au Sahara septentrional de façon générale et à Ouargla en particulier, le milieu oasien est confronté actuellement à une forte dégradation de son environnement due simultanément à une salinisation primaire liée à la fluctuation d'une nappe phréatique peu profonde et à une salinisation secondaire de ses sols par l'irrigation qui s'effectue dans les palmeraies avoisinantes (DADDIBOUHOUN, 2006).

L'objectif de notre travail, est d'évaluer et caractériser la salinité de sol au niveau des pseudo-horizons des différentes stations selon le sens d'écoulement des eaux phréatiques (Sud-Nord) : Cas d'un sol nu dans la cuvette de Ouargla.

Les pseudo-horizons considérés sont soumis à deux actions principales, la nappe phréatique à la base et le climat hivernal en surface.

Cette étude comporte quatre chapitres

- ❖ **Premier chapitre** : synthèse sur la présentation globale de la région d'étude.
- ❖ **Deuxième chapitre** : généralités sur les sols nus, la salinité et la synthèse bibliographique des travaux antérieurs sur la salinité.
- ❖ **Troisième chapitre** : nous présenterons les matériels et les méthodes de travail.
- ❖ **Quatrième chapitre** : est consacré à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus.

En fin une conclusion générale est établie pour ressortir l'apport de notre approche.

# **Chapitre I**

## **Présentation de la région d'étude**

**Chapitre I Présentation de la région d'étude**

Ce chapitre a pour objectif de présenter la région d'étude localisée dans la wilaya de Ouargla. Il concerne les facteurs physiques de cette région, il s'agit des paramètres suivants (pédologie, géomorphologie, topographie, hydrographie, géologie, hydrogéologie et climat.)

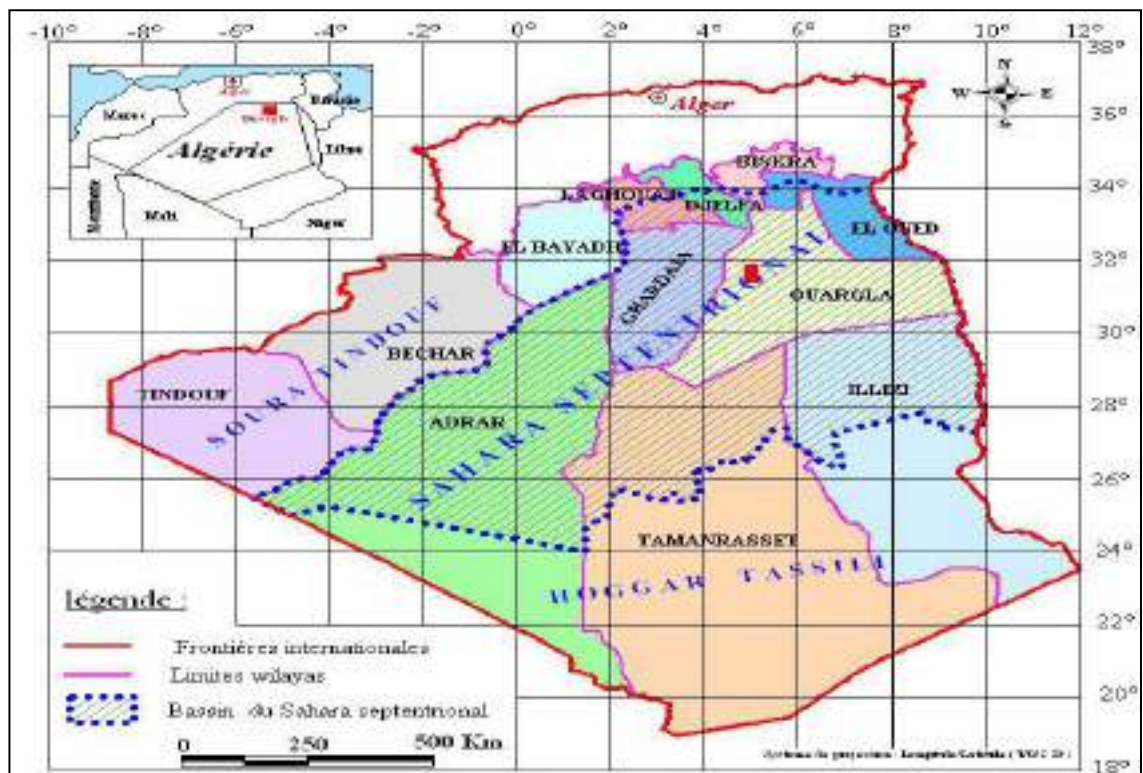
**I.1 Localisation géographique**

La région de Ouargla est située au Nord-est du Grand Sahara Algérien ; elle est distante de 850 Km de la capitale, Alger (figure 1).

La grande cuvette de Ouargla s'étend sur une superficie de 99 000 Hectare (DJEDLE, 2008) ; avec une longueur de 45 Km dans la direction Sud-ouest, Nord-est et une largeur de 2 à 5 Km. 32 ° de l'attitude Nord et 5°20' de longitude Ouest.

Elle est limitée.

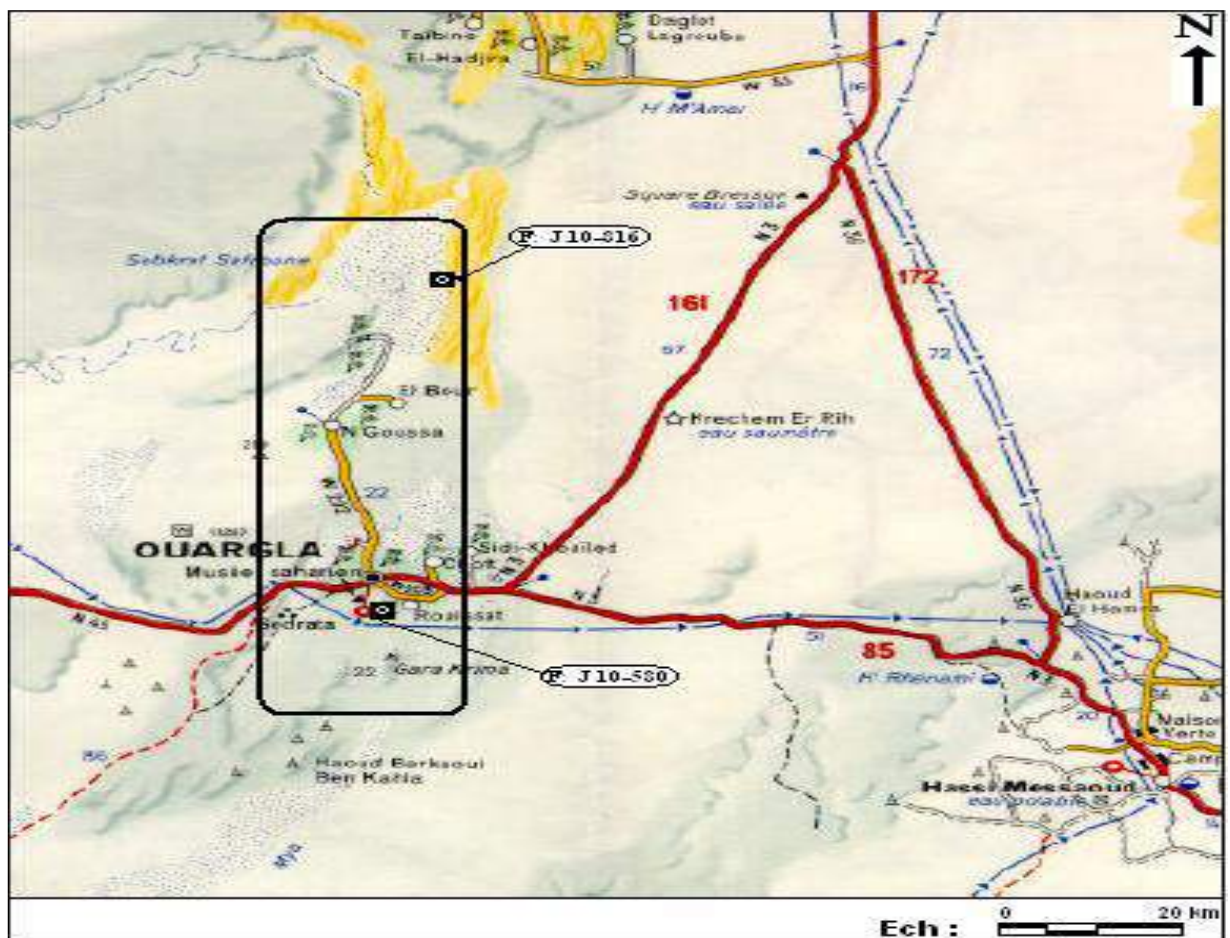
- Au Nord par les wilayas de Djelfa, Touggourt et d'El-Oued ;
- Au Sud par les wilayas d'Ilizi et Tamanrasset ;
- A l'Ouest par les wilayas de Ghardaïa ;
- A l'Est par la Tunisie (Figure 1).



**Figure 1-** Carte de situation géographique de cuvette Ouargla (BELLAOUEUR, 2008)

La région d'Ouargla se trouve enclavée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'Oued M'ya. Cette dernière est caractérisée par une dissymétrie marquée par la présence d'une falaise occidentale particulièrement nette et continue, tandis que la limite orientale est imprécise (DJEDLE, 2008).

- **A l'Ouest :** Un plateau calcaireux surplombe la cuvette d'Ouargla (figure 2) à environ 230 m d'Altitude en confluence avec Oued Mzab et Oued N'sa.
- **A l'Est :** On constate un plateau, dont les limites ne sont pas nettes avec une altitude ne dépasse pas 160 m.les rebords de ce plateau disparaissent souvent sous les sables (Erg Touil, Erg Boukhazana, Erg Arifdji).
- **Au Sud :** un massif dunaire recouvre les ruines et Sadrata, son altitude dépasse 155 m.
- **Au Nord :** Zabret Bouaroua constitue au même temps la limite supérieure de Sebkheth Safioune et de la grande cuvette d'Ouargla (HAMDIAÏSSA ,2000).



**Figure 2 - Délimitation de la cuvette de Ouargla**



## **II.2 Facteurs physiques de la région**

### **II.2.1 Pédologie de la région**

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 in DADDI BOUHOUN, 2010).

Selon DAOUD et HALITIM, 1994 la région de Ouargla se caractérise par une Grande hétérogénéité de sols représentés par les Leptosols (yermic), les Arenosol aridic, les Stagnosols, Gleysols, les Solonchaks et par les Gypsisols.

L'étude de HAMDI-AÏSSA ,2001 réalisée avec la télédétection et la prospection sur terrain a montré que les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts. L'étude des états de surface des sols, après classification ascendante hiérarchique, montre qu'ils sont constitués de cinq pédopaysages.

1. Un plateau à 180-200 m d'altitude, caractérisé par une croûte pétrocalcarique, Surmontant une croûte pétrogypsique.
2. Les glacis et les versants Ouest de la cuvette, sont en grande partie recouverts de matériaux alluvio-éoliens, sans développement pédologique notable (Régosols sableux et/ ou à graviers).
3. Les bordures des glacis étagés à 180 m, à 160 m et à 140 m, bien visibles, en partie érodées, se caractérisant par l'affleurement du substrat gréseux du Miopliocène (Lithosols).
4. La cuvette comprend un ensemble légèrement surélevé, constituant le pédopaysage gypseux, caractéristique du chott situé entre 140 et 135 m d'altitude. Il est subdivisé :
  - Sols à croûtes gypseuses de surface,
  - Sols gypso-salins, à croûtes gypseuses de sub-surface et croûtes salines de surface.
5. Le centre de la cuvette de 135-130 m d'altitude, correspond au pédopaysage salin à croûtes salines de surface.

Les études de sols dans la cuvette de Ouargla de (DUTIL, 1971) et les cartes pédologiques établies par (HAMDI-AÏSSA ,2001) montrent que les sols de la cuvette présentent des encroûtements et croûtes gypseuses à gypso-calcaires de nappes.

## **II.2.2 Géomorphologie de la région**

La géomorphologie de la région (figure 3) est caractérisée par les ensembles suivants :

### **II.2.1.1 Plateau**

Composé, essentiellement, de formation gréso-calcaires d'âge Tertiaire, il est jalonné de dépressions fermées appelées Daïas, dont celle de Hassi-Mellala est la plus importante. Ce plateau porte une couverture de graviers ou de cailloux, associée à des sables siliceux rougeâtres (AUMASSIP *et al.* 1972).

A la limite occidentale de la cuvette de Ouargla, ce plateau présente quatre niveaux d'érosion qui se présentent sous forme de paliers emboîtés (IDDER, 2020).

- ✓ Le premier niveau, qui prolonge la surface du plateau, se situe à une hauteur d'environ 200 m au-dessus de la cuvette
- ✓ Le second à 180 m environ
- ✓ le troisième à 160 m
- ✓ le dernier étage de l'érosion à 140 m de hauteur, raccorde l'étage précédent au fond de la cuvette.

D'après AUMASSIP *et al.* 1972 in YOUCEF 2016, le plateau qui domine la région de Ouargla à l'ouest est le plateau des Gantra et dans lequel s'emboîtent les terrains Quaternaires. Il est constitué de sables siliceux rougeâtres plus ou moins cimentés par du calcaire suivant les niveaux et selon les lieux, présentant parfois des stratifications entrecroisées, riches en bâtonnets gréseux ou gypseux et entrecoupés de concrétions gréseuses ou de bancs de poupées gréso-calcaires. Souvent même, des lentilles de calcaires à Characées et Ostracodes ou de calcaire sublithographique sans organisme se trouvent interstratifiées dans les grés rouges (AUMASSIP *et al.*, 1972).

### **II.2.1.2 Glacis**

Ils sont représentés par quatre niveaux étagés dans le versant ouest de la cuvette de Ouargla (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

- Le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau et des buttes.
- Le deuxième glacis est beaucoup plus visible et se développe au nord de la route de Ghardaïa, à une altitude de 180 m environ.
- Le troisième niveau, à 160 m d'altitude, il est recouvert de sable et de graviers gréseux plus ou moins encroûtés de gypse et sa pente est faible.
- Le dernier glacis, développé à 140 m d'altitude environ. Il a donné naissance à des formes de relief originales.

**II.2.1.3 Sebkhass et Chotts**

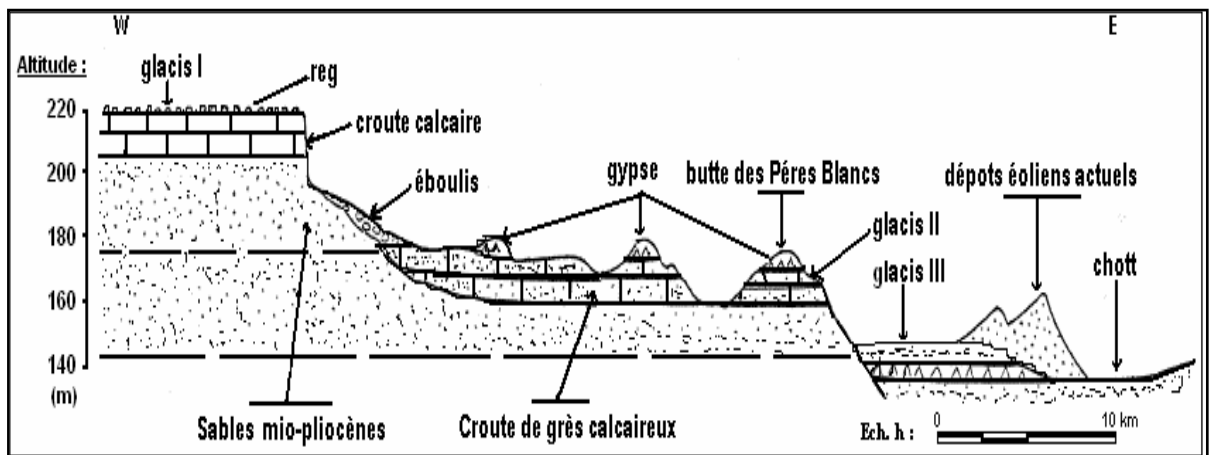
L'originalité de la sebkha de Ouargla, qui est actuellement active est soulignée par la comparaison avec les sebkhas méridionales. Légèrement plus basse (130 à 128 m), elle est séparée des sebkhas de l'oued M'ya par un groupe d'avant buttes- auquel appartient la Gara Krima (AUMASSIP et al. ,1972 in IDDER, 2020). Le fond de la dépression qui entoure une éminence portant la ville et la palmeraie, présente trois aspects différents: l'essentiel de la surface est occupé par des sols salés non inondables passant à l'Est à des sols salés encroûtés; seuls les deux extrémités fonctionnent comme une sebkha (AUMASSIP et al. ,1972). Ainsi si la sebkha de Ouargla fonctionne partiellement c'est grâce à l'intervention de l'Homme qui en suralimentant la nappe phréatique a provoqué une remontée de son niveau. Au néolithique cependant, la sebkha de Ouargla a fonctionné naturellement (AUMASSIP et al. ,1972).

La Sebkhass couvre une surface très importante et constitue un élément déterminant dans le paysage morphologique de la cuvette. En effet, dans la région comprise entre la ville de Ouargla et la limite nord de la vallée de l'oued M'ya, représentée par la sebkha Safioune

la superficie occupée par les zones humides (sebkhas et chotts) couvre environ 25 000 ha, alors que la zone occupée par les palmeraies ne dépasse pas 5 000 ha (IDDER et al., 2014).

**II.2.1.4 Dunes de sable**

Formations dunaires d'importance modeste de 160 m de hauteur environ. Les bas-fonds de la cuvette, situés à une altitude moyenne de 136 m, sont occupés par des alluvions. Les jardins de l'oasis y sont implantés (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).



**Figure 3 - Coupe géomorphologique schématique de la Vallée de Ouargla.**

### **II.2.3 Topographie**

Le long de la vallée, les sebkhas et les massifs dunaires alternent avec des bas-fonds dans lesquels sont installées les cultures irriguées et les terrains bours.

La vallée est pratiquement plane. Sa pente générale est légèrement inférieure à 1 ‰ (52 m de dénivelée par 55 Km) mais elle n'est pas rectiligne. Elle se subdivise en trois tronçons (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975):

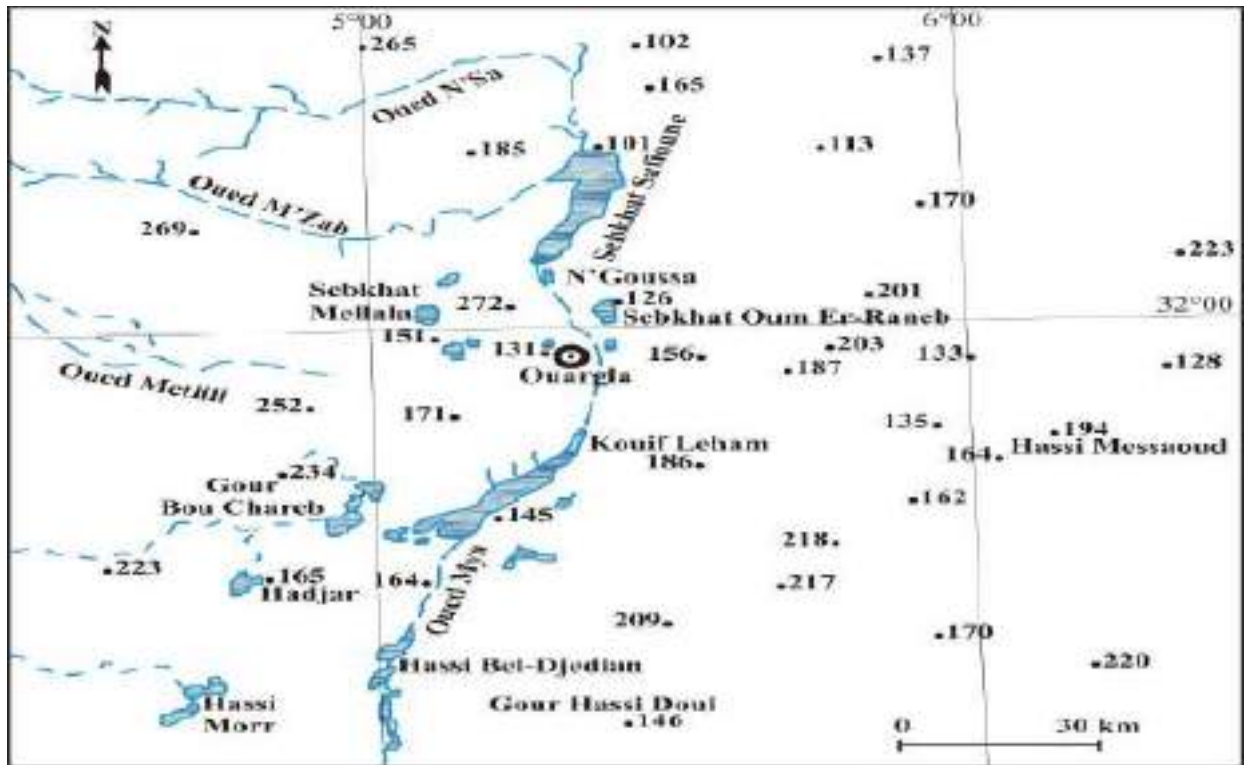
- Du pied du Djebel Abbad à la rive nord de la Sebkha de Ouargla, la pente est de 2‰.
- Du nord de la Sebkha jusqu'à la palmeraie de N'Goussa, nous notons une pente régulière de 1,8 ‰.
- Après le seuil de N'Goussa, la topographie devient pratiquement plane jusqu'aux rives de la sebkha Safioune où la pente est réduite à 0,6 ‰.

### **II.2.4 Hydrographie de la région**

L'hydrographie de la région d'Ouargla est restée peu étudiée (DADDI BOUHOUN, 2010). La première étude un peu étendue fut faite par (VILLE, 1872) qui étudia les oueds du Sud-constantinois et Sud-algérois. Après cette première tentative, il parait plusieurs recherches comme l'hydrologie superficielle au Sahara (DUBIEF, 1953) et les crues d'Oued au Sahara algérien (TEISSIER, 1965).

La cuvette d'Ouargla correspond à la basse vallée de l'Oued Mya, Sahara Nord-oriental. Ce grand Oued descend du Tademaït et se termine actuellement avec l'Oued M'Zab et l'Oued N'Sa dans la Sebkha de Safioune, 20 km au Nord de Ouargla. Le réseau hydrographique est constitué essentiellement par l'Oued M'ya, l'Oued N'Sa et l'Oued M'Zab (Figure 4). Malgré la faiblesse des précipitations et de leurs caractères orageux, ces Oueds participent dans une certaine mesure à l'alimentation en eau des nappes phréatiques superficielles (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

Le bassin de l'Oued M'ya s'étend sur 19800 Km<sup>2</sup>, le cours d'eau considéré comme fossile (DUBIEF, 1953). L'Oued N'Sa et l'Oued M'Zab sont fonctionnels à l'inverse de l'Oued M'ya, ils peuvent avoir une ou deux crues par an. Ils n'atteignent la cuvette de Ouargla, sebkhat Safioune, que lorsque la crue est importante (Figure 4).



**Figure 4** - Carte hydrographique de la cuvette de Ouargla (I.N.C., 1960 in DADDI BOUHOUN, 2010)

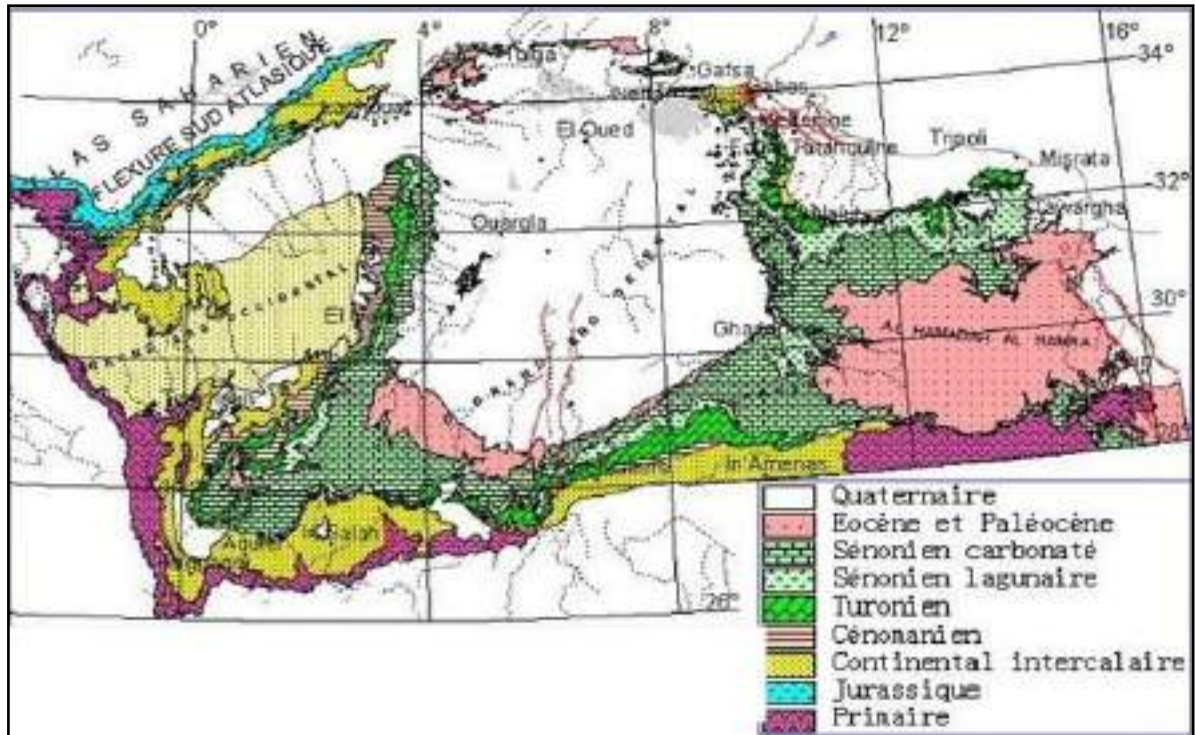
## II.2.5 La géologie de la région

Dans la région de Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes) (BELLAOUEUR, 2008).

La région d'étude fait partie de la plateforme saharienne qui est constituée d'un bouclier précambrien composé de morceaux de la plateforme africaine (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

Elle se subdivise en trois sous-domaines constitués par les bassins du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont séparés par l'anticlinal du M'Zab, et par le bassin du plateau de la Hamada El Hamra (Figure 5) (UNESCO, 1972; NEZLI, 2009).

KOUZMINE, 2003 rapporte que la cuvette du Bas-Sahara (Grand Erg Oriental) et le Grand Erg occidental sont séparés par une dorsale de 200 à 230 m d'altitude en moyenne d'orientation nord-sud liée à une surélévation structurale. Il s'agit d'un plateau gréseux (hamada) qui s'abaisse lentement vers l'est et qui se termine par un escarpement à l'ouest. Le même auteur fait remarquer que cette dorsale joue un rôle majeur dans la structuration de l'espace saharien.



**Figure 5-** Extrait de la carte géologique du Sahara (NEZLI, 2009)

**II.2.6 Hydrogéologie de la région**

La cuvette de Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire de 1000 km<sup>2</sup>, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines de ces couches (Tableau 1), recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques (UNESCO, 1972 in BERKAL, 2016).

Les eaux souterraines constituent la principale source hydrique dans la région d'Ouargla, ROUVILLOIS-BRIGOL ,1975 distingue trois nappes différentes constituées par la nappe phréatique, la nappe du complexe terminal et la nappe du continentale intercalaire (Figure 6).

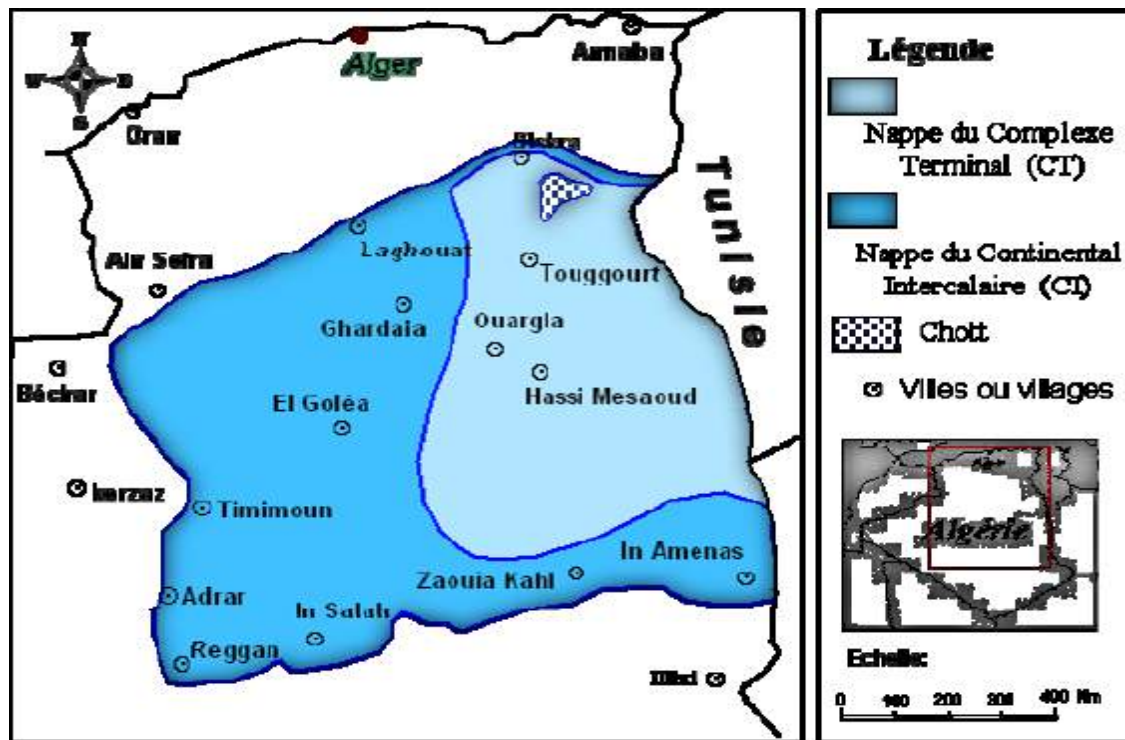


Figure 6 - Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT) (Extrait de recueil des communications, 2002 in HAMMOU, 2014))

Selon LEGER, 2003 ces nappes présentent les caractéristiques suivantes :

- ✓ La nappe phréatique avec une profondeur de 1 à 8 m selon les lieux et les saisons, elle circule dans les sables dunaires et les alluvions de l’oued M’ya.
- ✓ La nappe du complexe terminale composée d’une nappe du Mio-pliocène dite nappe des sables et d’une nappe des calcaires sénonien.

D’après NEZLI, 2009 la nappe Mio-pliocène contenue dans les sables grossiers atteints vers 30 à 65 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui irrigue les palmeraies, la salinité de la nappe variable 4,71 à 8, 34dS /m.

Dans la région de Ouargla, les deux tiers des ressources hydriques disponibles sont fournis par la nappe Mio-pliocène (HAMDI AISSA, 2001).

C’est une nappe de calcaire qui constitue avec la nappe des sables le complexe terminal, elle se trouve à une profondeur d’environ 200 m (ROUVILI BRIGOL ,1975). Selon NEZLI ,2009 la salinité de cette nappe est aussi très variable 3,75 à 5, 48 dS/m. Pour la nappe du Mio-pliocène et Sénonien, généralement leurs eaux sont très dures, le Résidu sec moyen est de 1,6 à 2 ,8 g /l, le faciès chimique est généralement (chloruré magnésienne et chloruré sodique) (KHADRAOUI et SAFIA ,2008).

✓ Une nappe du continentale intercalaire dite albiennne, Elle est située à une profondeur de 1100 à 1400 mètres, avec une épaisseur utile près de 640 mètres, et constituée de grès fins, gris, à ciment argileux, parfois dolomitiques, avec intercalation de marnes dolomitiques et argiles sableuses. La nappe est jaillissante et exploitée par des forages destinés à l'A.E.P.

L'exploitation de la nappe à Ouargla remonte à l'année 1960 avec des forages de reconnaissances, et depuis les prélèvements sont en multiplication. Le premier forage d'exploitation est creusé à El Hadeb à l'Est de la région, à une profondeur de 1343 mètres et une température de 51 °C, avec un débit aux essais: 330 l/s (NEZLI, 2004). Leur faciès chimique généralement (chloruré magnésien) (KHADRAOUI et SAFIA ,2008).

Trois aquifères existent dans le sous-sol de la région de Ouargla (NEZLI, 2004), de bas en haut nous avons (Tableau 1):

- ❖ Les grès et argiles sableuses du CI avec la nappe dite de l'Albien ;
- ❖ Les calcaires avec la nappe du Sénono-Eocène carbonatés ;
- ❖ L'ensemble détritique (sables et argiles) des formations continentales avec la nappe du Mio-Pliocène.

**Tableau 1-** Chronolithostratigraphie de la zone d'étude (ANRH, 2004 in BERKAL, 2016).

Chronostratigraphie		Unités hydrogéologiques		Prof. (m)	Lithostratigraphie
Quaternaire		Nappe phréatique		20	Mio-Pliocène
Tertiaire		Nappe du Complexe Terminal	Nappe des sables	120	Eocène évaporitique
			Imperméable		
Secondaire	Crétacé		Nappes des calcaires (Sénono-Eocène)	520	Eocène carbonaté Sénonien carbonaté
			Imperméable	700	Sénonien lagunaire
			Nappe du Turonien	1100	Turonien
			Imperméable		Cénomaniens Vraconien
Nappe du Continental Intercalaire		Nappe de l'Albien	2000	Albien Aptien Barrémien	



**II.2.7 Caractéristiques climatiques de la région de Ouargla**

Le climat de la région est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Cette aridité ne se constate pas seulement en fonction du manque de pluies, mais aussi par une forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région (BOUTELLI et HADJ SEYD ,2014).

**II.2.1.1 Température**

Une température moyenne annuelle de 23.63 °C, avec une température maximale de 43 ,27 °C notée pour le mois d’Août. Le minimal est de 4.68 °C enregistrée pour le mois de Janvier (tableau 2).

**Tableau 2** – Températures maximales et minimales et leurs moyennes durant les années (2001-2011)

Température (°C)	Mois												Moyenne
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	
<b>Minimal.</b>	4.68	7.07	10.87	15,20	19,83	24,7	27.45	27,57	23,5	17,7	10,13	6.04	16,22
<b>Maximal.</b>	19,02	21,19	25,25	29.97	34.7	38.8	41.6	43.27	37.38	32	23.9	19,27	30.52
<b>Moyenne (M+m)/2</b>	12.16	14,02	18,39	22.7	27,5	32,5	35.3	35.15	30,56	25.8	19.95	12,57	23,63

(O.N.M .Ouargla, 2012)

**M** : Maximal

**m** : Minimal

**II.2.1.2 Les précipitations**

Elles sont très rares et irrégulières. Le mois le plus pluvieux est Janvier avec 15.5 mm, en revanche des quantités très faibles (0.20 mm) peuvent être enregistrées pour le mois de Juillet (tableau 3).

**Tableau 3** –Précipitations mensuelles en (mm) durant les années (2001 -2012)

	Mois												Cumul
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>P (mm)</b>	15.5	0.72	5.54	2.2	0.64	0.56	0.20	1.67	5.8	11	5.7	2.41	52.07

(O.N.M .Ouargla, 2012)

**II.2.1.3 Humidité relative**

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 41.93 %. Nous remarquons que la valeur minimale est enregistrée au mois de juillet avec 25.18 % où les températures sont élevées et la valeur la plus élevées est enregistrée en Décembre avec 60.45 % avec des températures basses (tableau 4).

**Tableau 4** – Humidité mensuelle en (%) durant les années (2001-2011)

	Mois												Moyenne
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>Hr(C%)</b>	58.36	50.9	43	36.54	32.72	27.5	25.18	27.9	38.45	45.81	56.45	60.45	41.93

(O.N.M .Ouargla, 2012)

**II.2.1.4 Évaporation**

La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 476.3 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 90.6 mm au mois de Décembre, le cumule annuel est de 3214.17 mm (tableau 5).

**Tableau 5** – Evaporation mensuelle en (mm) durant les années (2001-2011)

	Mois												Cumul
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>Ev(mm)</b>	108.27	139.36	204.8	280	353.09	432.09	476.3	451.36	311.7	233.7	132.9	90.6	3214.17

(O.N.M .Ouargla, 2012)

**II.2.1.5 Vents**

Les vents soufflent pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 2.60 Km/h en Décembre à 4.81 Km/h en Mai (tableau 6).

**Tableau 6** – Vitesse de vent mensuelle en (Km/h) durant les années (2001-2011)

	Mois												Moyenne
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Auo	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>V(Km/)</b>	2.78	3.29	3.97	4.4	4.81	4.60	3.77	3.87	3.52	3.23	2.76	2.60	2.62

(O.N.M .Ouargla, 2012)

**II.2.1.6 Insolation**

La wilaya de Ouargla se caractérise par un taux d'insolation très important surtout pendant les mois les plus ensoleillés de l'année juillet en été (327 heures) et Novembre en hiver (249.4 heures) (tableau 7).

**Tableau 7** – Insolation mensuelle en (heure) durant les années (2001-2011)

	Mois												Moyenne
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>In (h/mois)</b>	248,7	239	258.8	281.9	295.27	277.8	327	325.7	267.3	257.9	249.4	213.18	270.16

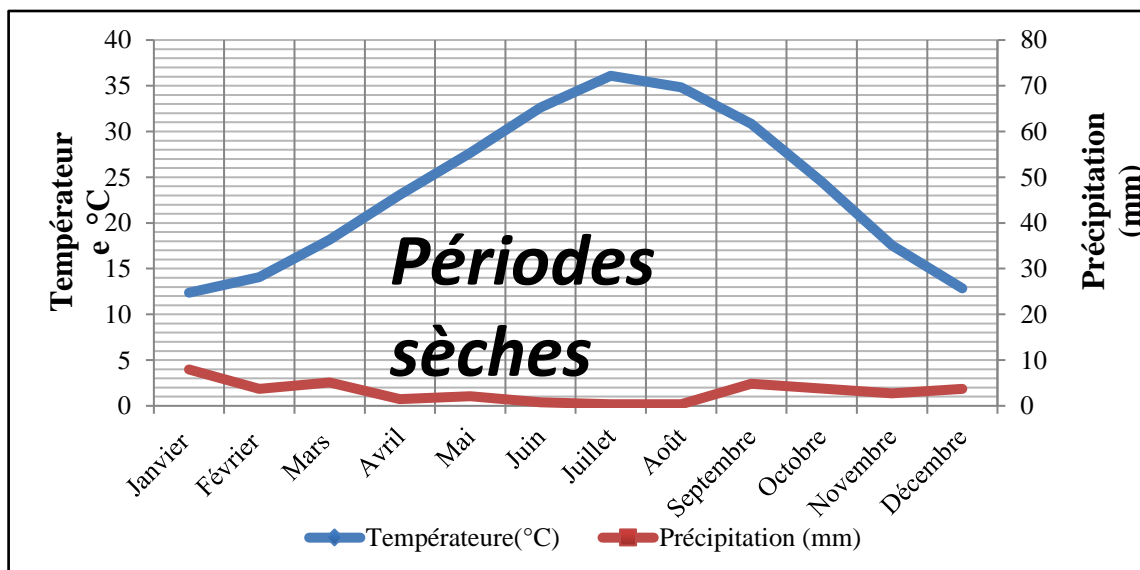
(O.N.M .Ouargla, 2012)

**II.3 Synthèse climatique**

La synthèse des données climatiques est représentée à travers un diagramme Ombrothermique de Gausse qui définit la période sèche de la région et à travers un Climagramme d'EMBERGER pour situer Ouargla dans son étage bioclimatique.

**II.3.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN**

Le diagramme Ombrothermique appliquée pour la région de Ouargla pendant la période (2001-2011), indique que une période sèche s'étale durant toute l'année (figure7).



**Figure 7-** Diagramme Ombrothermique de Gausse de la région de Ouargla (2001-2011)

**II.3.2 Climagramme d'EMBERGER**

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il lie les deux facteurs essentiels, le climat à savoir la température et la précipitation par la relation suivante :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

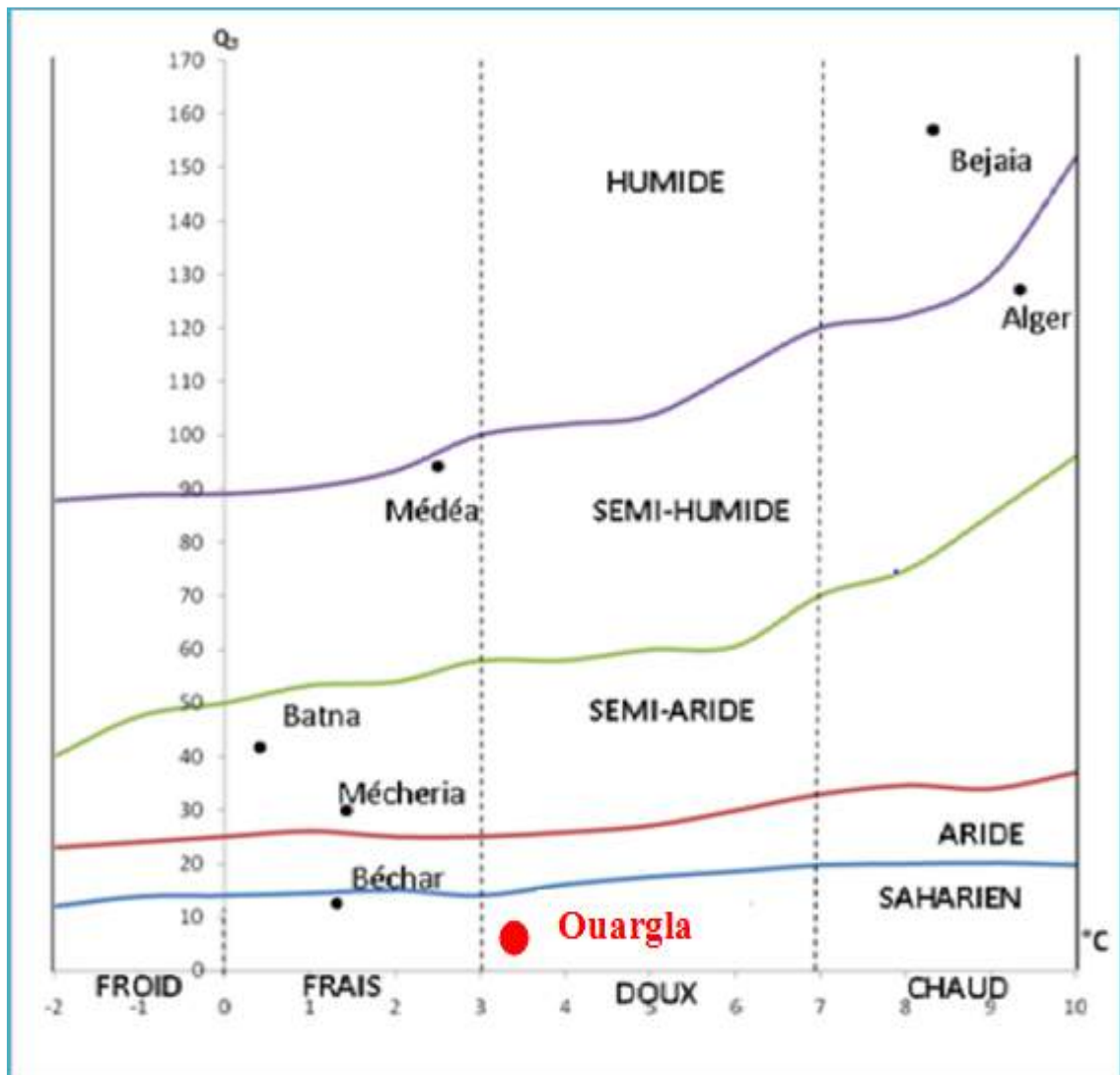
**Dont :**

**P** : est la précipitation moyenne annuelle en mm.

**M** : est la moyenne des maxima du mois le plus chaud en C°.

**m** : est la moyenne des minima du mois le plus froid en C°.

En fin pour la période (2001-2012)  $Q3 = 3,26$ , donc Ouargla se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure 8)



**Figure 8 -** Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla

**II.3.3 Conclusion**

Le climat de la cuvette de Ouargla se caractérise par une faiblesse et une irrégularité des précipitations et par une très forte évaporation due à la sécheresse et aux fortes températures de l'air. Une période sèche s'étale sur toute l'année ce qui accentue la vulnérabilité des sols au risque de la salinisation.

## **Chapitre II**

### **Généralités sur la salinité des sols nus**

## **Chapitre II Généralités sur la salinité des sols nus**

La salinité devient de plus en plus importante d'une année à l'autre. Dans ce sens, (ABBAS et al. 2011) ont révélé qu'à l'échelle mondiale, la salinisation des sols se propage à une vitesse pouvant aller jusqu'à 2 millions d'hectares par an. Dans le monde, les sols salés occupent plus de 1 milliard d'hectares, soit environ quatre (04) fois plus la superficie de l'Algérie.

### **II.1. la salinité des sols nus**

#### **II.1.1. Salinité et sols salés**

Les sols salés aussi appelés sols salsodiques ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles - plus solubles que le gypse (sols gypsiques) dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons - ou de tout leur ensemble - sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels, en particulier du sodium (INSID, 2008).

La salinité des sols a été longtemps mesurée par la résistivité des extraits de sol, qui permet de calculer leur teneur en sel soluble. Cette salinité s'exprime en conductibilité spécifique à 25 °C, la solution obtenue à partir du sol, soit C.E 25°C, en mmhos/cm (LALLEMAND-BARRES, 1980).

#### **II.1.2. Répartition des Sols Salés**

##### **II.1.2.1. Dans le monde**

Les sols salés se rencontrent dans toutes les parties du monde (SERVANT, 1976 ; DURAND, 1983), sont principalement situés dans les zones arides en bordure des dépressions salées et sub-désertiques semi-aride (sebkhas et chotts en Afrique du Nord, playas en Amérique du Sud, takyr en Asie centrale). Mais ils existent aussi, sous climat humide en bordure de mer et, dans ce cas, leur existence est prévisible : polders et marais côtiers en climat tempéré, mangroves en climat tropical humide et équatorial (LALLEMAND-BARRES, 1980).

Les sols salés sont notablement élevés au Proche (Égypte, Tunisie) et Moyen-Orient (Iran, Pakistan, Bangladesh), en Asie centrale (Ouzbékistan), au nord de la Chine et en Argentine (MARLET et JOB, 2006)

Les estimations de la superficie totale représentée par les sols salés dans le monde sont très variables d'un auteur à l'autre. Selon SZABLOCS, 1994, la surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectares soit 6,4 % des

continents émergés ou 17,5 fois la France, avec une répartition pour moitié entre les sols salins et les sols sodiques-alcalins (SZABOLCS, 1989).

### **II.1.2.2. En Algérie**

En Algérie, il n'est recensé aucune étude cartographique fiable et précise permettant de délimiter les zones touchées par la salinité des terres et la quantification de la teneur des sels dans le sol. Néanmoins il existe quelques données fragmentaires qui donnent une idée générale sur le phénomène de salinité et de la dégradation des terres (INSID, 2008).

D'après (SZABOLCS, 1989 in INSID, 2008), 3,2 million d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient.

Ce phénomène est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia) dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des Chotts et de Sbkhas (Chott Ech Chergui, Chott Gharbi, Chott Hodna, Chott Melghir, Sebkhha d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazhrez Gharbi et Chergui, etc..) et dans le grand Sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc..).

### **II.1.2.3. Caractéristiques des sols sahariens en Algérie**

Selon DAOUD et HALITIM, 1994 le type aridique est incontestablement la particularité des sols sahariens, cela se traduit par la réduction, si non l'impossibilité de cultiver à notre convenance. La violence des vents, l'agressivité des minéraux, la forte salinité et sodicité des sols, la pauvreté de la fraction organique et argileuse, l'halomorphie et l'hydromorphie, sont les caractéristiques physiques, morphologiques et chimiques des sols sahariens.

#### **\* Cas de la région d'Ouargla**

La particularité des sols du Sahara est leur régime hydrique du type aride. La couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose de classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués sols halomorphes et sols hydromorphes (DAOUD et HALITIM, 1994).

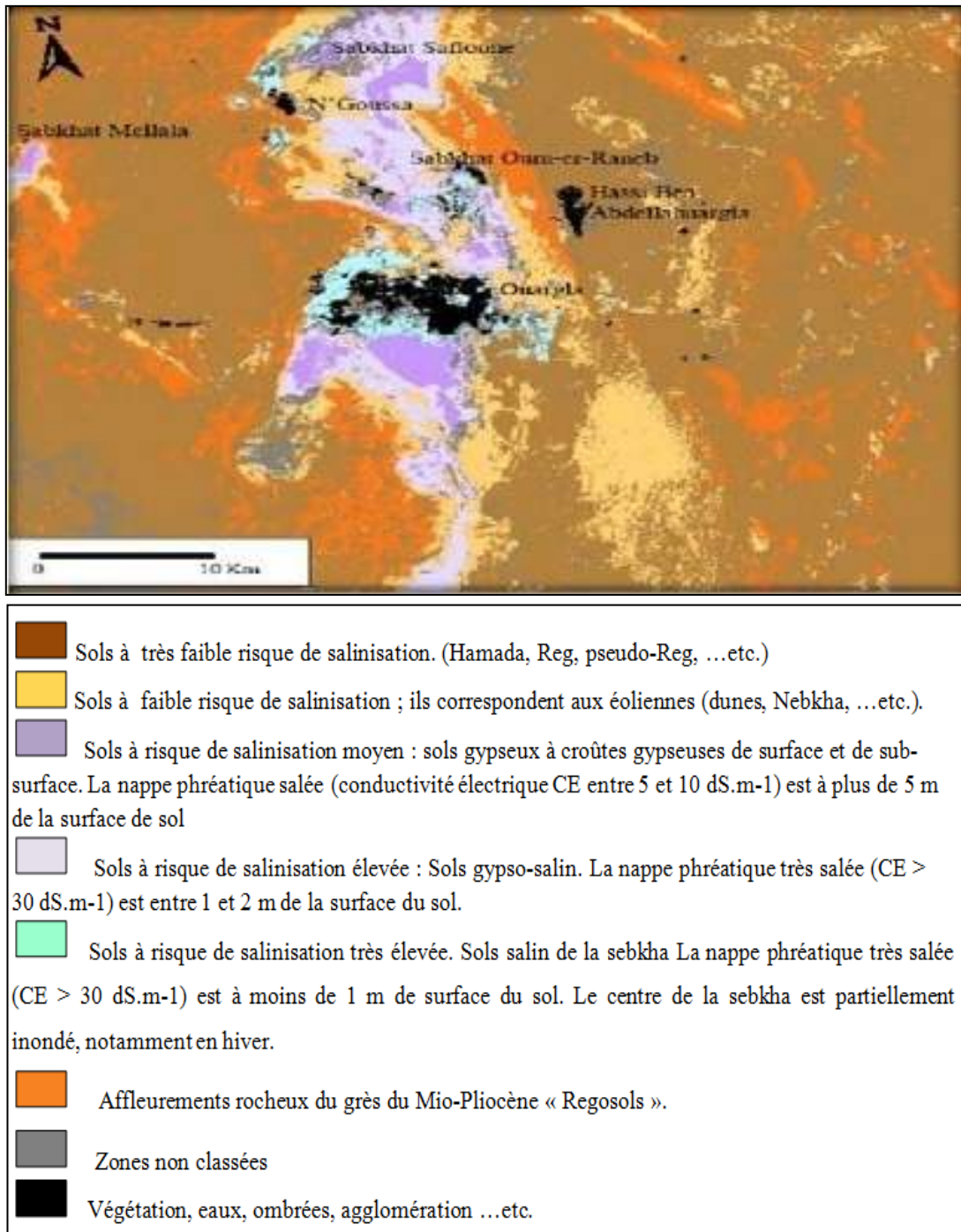


Ouargla est une région caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés également par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique et une bonne aération (HALILAT, 1993).

Les sols de la cuvette d'Ouargla sont caractérisés par des sols par l'excès d'eau et de sels liés à la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol. Le caractère de salinité des sols peut varier d'une façon qualitative surtout en présence d'un plan d'eau, la salinité des sols. Elle peut atteindre (50 dS/m) en surface et décroître brusquement ou progressivement avec la profondeur. Cette concentration des sels dans les horizons de surface s'explique par la remontée capillaire de la nappe phréatique salée, la manifestation la plus apparente est celle des néoformations d'efflorescence blanchâtres et parfois de croûtes à la surface du sol (KHADRAOUI ,2005).

**II.1.2.3.1. Risque de salinisation**

D’après HAMDI-AÏSSA et Girard, 2000 et à partir des résultats obtenus de l’analyse de l’image satellitaire, ils ont proposé une carte régionale à petite échelle (1/300000) de risque salinisation en six unités (figure 9)



**Figure 9-** Carte des risques de salinisation de la cuvette de Ouargla (HAMDI AÏSSA, 2000 in DJIDEL ,2008).

## **II.2. Origine des sols salés**

L'origine des sols salés est d'ordre "naturelle", c'est-à-dire issue de phénomènes géologiques, géomorphologiques, hydrologiques, climatiques dans un paysage donné.

### **II.2.1 phénomènes géologiques**

En matière de salinisation d'origine "géologique" on parlera de :

#### **II.2.1.1 Salinisation primaire**

Elle correspond à ce que KAVDA appelle le "cycle continental". Les roches qui ont donné lieu à la formation du sol sont salines c'est pourquoi sa constituante présente ce défaut depuis son origine (GRANDE COVIAN, 1974 in OMEIRI, 1994). Autrement dit on considère une Salinisation primaire lorsque le sel trouvé dans le sol provient de l'altération en place des roches salifères primaires (GAUCHER et BURDIN, 1974).

#### **II.2.1.2 Salinisation secondaire**

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration) (Noomene ,2011).

### **II.2.2 Facteurs climatologiques et hydrologiques**

Les climats arides, semi-arides et chauds sont ceux qui conviennent le mieux: à la fois à la mobilisation et à l'accumulation des évaporites. En période sèche, l'évaporation et la remontée capillaire par la nappe phréatique provoquent une ascension du salant qui aboutit généralement à la formation d'efflorescence en surface. Ceci dit, l'influence du climat se présente comme une composante de l'activité hydrologique (GAUCHER et BURDIN, 1974).

Signalons enfin le rôle des vents qui en déshydratant la couche superficielle, favorisent la formation des efflorescences et assurent le transport des particules fines et salées.

## **II.3. Généralité sur les sols nus salés**

### **II.3.1. Action des accumulations salines dans le sol nu**

L'étude des profils salins a mis en évidence deux grands types d'accumulations salines susceptibles de se produire dans les sols salés. Dans un premier cas, il s'agit d'accumulation chlorurée qui se développe essentiellement à la surface du sol, d'autant plus nettement que la nappe est salée, peu profonde et que le sol est nu. Dans un second cas, il s'agit d'accumulation sulfatée et précisément de gypse qui se développe plus

profondément dans le profil. La présence d'horizons gypseux dépend de la richesse initiale du milieu en ions sulfatés (SERVANT, 1975).

### **II.3.1.1 Horizon d'accumulation des chlorures**

C'est le faciès le plus évident de la salinité. Il se manifeste par l'apparition des efflorescences salines blanches à la surface. Les expériences ont montré que cette forme indique un profil salin de type A avec des très fortes précipitations de gypse à proximité de la surface et que le sel dominant à la surface est le chlorure de sodium (SIMOUNEAU et AUBERT, 1963).

### **II.3.1.2 Horizon d'accumulation du gypse**

Facilement décelable sur le terrain, les horizons d'accumulation du gypse se prêtent remarquablement bien à l'examen micro morphologique, le gypse y apparaît en effet comme un minéral bien cristallisé dont l'identification microscopique est aisée. Il se manifeste sous deux formes à savoir une distribution localisée au niveau du vide et une autre générale sur l'échantillon gypse intra-matriciel (SIMOUNEAU et AUBERT, 1963).

### **II.3.2. Sol salin sous sol nu ou de tâches salées**

Dans ces situations, le profil salin est toujours de type A pendant la période estivale. En l'absence de submersion par des eaux salées, qui pourraient expliquer un maximum superficiel de salinité, la genèse du profil salin de type A implique :

- Un processus d'accumulation de transport des sels du bas vers le haut depuis la nappe phréatique source de sels solubles, jusqu'à la surface du sol ; c'est la remontée capillaire.
- Un processus d'accumulation de sels dans la partie superficielle sous l'influence de l'évaporation des sols nus. (SIMOUNEAU et AUBERT, 1963).

### **II.4. Nappe phréatique**

Les nappes phréatiques sont des accumulations d'eau, généralement superficielles, La nappe phréatique, qui imprègne le matériau pédologique, se situe à faible profondeur sous la surface du sol et joue, par son caractère fortement salin, un rôle très important dans le phénomène de salinisation des sols (HAMDI-AISSA, 2001 in IDDER, 2006).

La remontée capillaire est un phénomène qui reste limité dans l'espace ; elle dépend beaucoup de la perméabilité des sols et par conséquent de leur granulométrie et de leur structure. Ainsi, parmi les facteurs les plus importants qui sont à l'origine de la

saturation et salinisation des sols par la remonté capillaire, on trouve l'aridité du climat à laquelle s'ajoutent la géomorphologie, la topographie et l'hydrologie du terrain, les caractéristiques physico-chimique du sol (structure, texture...etc.), les techniques d'aménagement des sols et des eaux (HAROUNA, 2001 in ABBANI et ABDE-LALI, 2005).

La remontée des eaux phréatiques est un problème qui résulte du déséquilibre. Entre le volume d'eau apporté et celui évacué dans le milieu (SAIS, 2006).

## **II.5. Les sels solubles**

### **II.5.1 Définition des sels solubles**

Un sel est un produit de neutralisation d'un acide par une base (GAUCHER et BURDIN, 1974).

### **II.5.2. Les principaux sels solubles**

Selon AUBERT, 1975; HALITIM, 1988; DOGAR ,1992 trois principaux groupes de sels solubles ont été distingués dont :

#### **- Chlorures**

Le chlorure de sodium (**Na Cl**) : c'est la forme la plus répandue avec le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), c'est un composant typique des sols salés. C'est un sel hautement toxique.

Le chlorure de potassium (**K Cl**) : c'est un sel voisin du Na Cl, mais peu répandu.

Le chlorure de calcium (**Ca Cl<sub>2</sub>**) : généralement, c'est un sel qui réagit avec  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pour former du  $\text{CaSO}_4$  ou  $\text{CaCO}_3$  peu soluble.

Le chlorure de magnésium (**MgCl<sub>2</sub>**) : c'est un sel relativement rare, sauf dans des cas de forte salinité. Fait de lui un sel de toxicité extrêmement élevée (HULIN, 1983).

#### **- Carbonates**

Le carbonate de magnésium (**Mg CO<sub>3</sub>**) : sa solubilité est plus élevée, il réagit avec  $\text{H}_2\text{CO}_3$  pour former  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  augmentant aussi sa solubilité.

Le carbonate de sodium (**Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>**) : c'est un sel très toxique à la fois par sa solubilité et par son alcalinité.

Le carbonate de potassium (**K<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>**) : ses effets sont pratiquement identiques à ceux de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Il est extrêmement rare de le trouver en grande quantité (FAO/UNESCO, 1967 in OMEIRI, 1994)

#### **- Sulfates**

Les sulfates de magnésium (**MgSO<sub>4</sub>**) : c'est un composant typique des sols salés, on le trouve souvent présent dans les eaux souterraines, sa solubilité est très élevée et dès lors, il est toxique.

Les sulfates de sodium (**Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>**) : son action dépend de la saison. En effet, sa toxicité peut être légèrement limitée par la température qui influe assez fortement sa solubilité.

Les sulfates de potassium (**K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>**) : c'est un sel très proche de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> il se trouve en très faible quantité dans le sol (FAO/UNESCO, 1967 in OMEIRI, 1994).

### **II.6. Types de sols affectés par les sels**

Selon MAATOUGUI ,2001 in HADJAJ, 2009, la salinité des sols est généralement établie sur la base d'une classification, basée sur trois facteurs principaux :

- ✓ la conductivité électrique (CE) de l'extrait de sol saturé à 25°C,
- ✓ le pourcentage de sodium échangeable (PSE),
- ✓ le pH de l'extrait de sol saturé.

**Tableau 8** - Classification des sols salés (DARMACH et al., 1982 ; BALBA, 1990 ; GWIFAL et al., 1996) in HADJAJ,2009 .

Types des sols	Caractéristiques chimiques				Caractéristiques physiques
	Types de sels	CE (mmhos/cm)	PSE (%)	pH	
Sols salins non sodiques (salins)	Dominés par des sels solubles neutres : chlorure et sulfate de sodium, calcium et magnésium.	>4	<15	<8,5	En présence excessive de sels solubles neutres, la fraction argileuse est floculée et le sol est stable. La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à celle des sols normaux.
Sols salins sodiques (salins sodiques)	Présence de sels solubles neutres et grande concentration d'ions sodium	>4	>15	<8,5	Les sols salins sodiques ont des caractéristiques intermédiaires entre celles des sols salins et celles des sols sodiques.
Sols sodiques non salins (alcalins)	Peu de sels solubles neutres mais généralement des quantités appréciables de sels capables d'hydrolyse alcaline tels que les carbonates et bicarbonates de sodium.	<4	>15	>8,5 jusqu'à des valeurs de 9 à 10	Un excès en sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol. La perméabilité à l'eau et à l'air est restreinte.

**II.7. Synthèses bibliographiques des travaux antérieurs sur la salinité**

La salinité des sols dans la cuvette d'Ouargla a fait l'objet de diverses études.

Au cours des dernières décennies, les études ont ciblé surtout sur l'aspect d'analyses physiques et chimiques des sols, la dynamique des sels et leurs compartimentations.

- L'étude de IDDER A.H., 2006 sur la salinité des sols nus a montré les résultats suivants : une présence majoritaire des sels  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et  $\text{Na Cl}$  avec une présence moins marquée de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$  et  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .
- L'étude de BERRABAH F., 2009 dans deux types de sol nu et cultivé dans une période hivernale, il a montré qu'il y a une présence majoritaire de sels formés soit le  $\text{Na Cl}$  et  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et que la représentation saline importante sur les deux sols mais à des proportions variables en faveur du sol nu, s'établit selon cet ordre :  $\text{Na Cl}$  majoritaire suivi de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  et  $\text{CaSO}_4$ .
- NIBOUA Y., 2010 a réalisé une étude qui a porté sur une comparaison des sels sur trois types de sols sableux fortement salins (sol nu, sol cultivé sain et sol cultivé dégradé). Ce caractère salin est attribué aux hautes valeurs de la C.E enregistrées dans les trois cas (36,25 dS/m, 14,04 dS/m et 26,13 dS/m) selon l'ordre précité.

Ces sols sont soumis à deux agissements principaux : la nappe phréatique classée C5 S4 à la base et le climat printanier en surface.

Les principaux résultats obtenus à partir des sept profils examinés dans l'exploitation de l'université de Ouargla (I.T.A.S) indiquent remarquablement un déséquilibre au profit des éléments sulfate, chlorure, calcium et sodium.

Elle a noté aussi que les sels formés dans le profil du sol nu s'accumulent dans les horizons superficiels en faveur du  $\text{Na Cl}$  (83,79%) majoritairement et le  $\text{CaSO}_4$  (50,18%) en second lieu, le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans les horizons profonds avec des proportions moins importantes (32,67). La présence des  $\text{MgCl}_2$  et  $\text{MgSO}_4$  seulement dans le second et le troisième horizon avec des pourcentages (20,44%, 21,19%) successivement.

- Le travail de BENMOUAFFEKI DJ., 2011 a établi une caractérisation de la distribution spatiale de la salinité, son travail a été réalisé au niveau de l'exploitation agricole de l'université (Ex.I.T.A.S), sur un sol sableux caractérisé par une aridité très exprimée.



Ce sol est soumis à l'influence d'une eau d'irrigation salée (CE : 3,70 à 5,40 dS/m), et d'une nappe phréatique excessivement salée (CE : 9,81 à 31,51 dS/m) à faible profondeur. Les résultats obtenus à partir du profil salin des horizons examinés indiquent que la salinité est importante surtout en surface, lui conférant ainsi le caractère salin de type A.

Elle a trouvé que les valeurs de CE de l'extrait aqueux 1/5 sont très importantes, pouvant atteindre 21,29 ds/m en surface.

o La publication de IDDER A.H. et al.,2012 a établi une compartimentation et accumulation estivale des sels neutres dans les aridisols sableux nus de la cuvette d'Ouargla (Sahara algérien), Cette étude a porté sur l'accumulation et la compartimentation des sels dans les sols de l'oasis d'Ouargla, située, au Sahara, dans le sud-est algérien sur un sol à texture sableuse, nu, qui n'ont jamais subi d'action anthropique soit par mise en culture soit par irrigation.

Deux facteurs principaux influent sur le fonctionnement de ces sols :

- la présence d'une nappe, située à faible profondeur (1 mètre environ), excessivement salée (classe C5-S3)
- le climat estival, qui, de juillet à août induit un fort pouvoir évaporant.

Ces sols ne bénéficient d'aucune possibilité de drainage.

L'étude d'une séquence radiale du sol montre que l'accumulation et la stagnation des sels sont en proportions variables selon la profondeur des horizons et la séquence altitudinale de ce sol. Cette accumulation évolue de 31.5 dS/m en amont à 62.5 dS/m à l'aval. Parmi les anions, ce sont le chlore et le sulfate qui dominent et parmi les cations, le sodium domine largement. Quant aux sels présents, ce sont les sulfates et chlorures de sodium (sels neutres) qui représentent environ 90 % des sels exprimés. En conséquence, le carbonate double de calcium, le gypse et le chlorure de magnésium sont présents, mais en faibles quantités. Les sels neutres se concentrent surtout en surface et dans la zone médiane des profils du sol, leur conférant ainsi le caractère salin de type A et B. Les valeurs élevées de la conductivité électrique de la solution du sol pouvant atteindre 62.5ds/m, ainsi que la neutralité des pH, sont la conséquence de la forte présence de sels neutres.

o La publication de IDDER A.H. et al. ,2014 a porté sur la Conséquence des interactions sol-eau sur la salinisation des Aridisols nus (cas de la cuvette de Ouargla / Sahara algérien).

Cette étude qui s'intéresse à l'ensemble constitué par le système sol nu/nappe phréatique. Il s'est proposé d'expliquer la distribution des sels dans les profils pédologiques et les interactions pouvant en découler en période estivale. Le sol nu sableux étudié, soumis à un climat fortement évaporant et au processus ascendant des sels provenant d'une nappe extrêmement salée et peu profonde (classe C5S3), se caractérise par des accumulations salines superficielles et médianes de types salins type A et B (selon la classification de SERVANT, 1975).

La caractérisation physique du sol indique exclusivement une texture sableuse avec imbrication de cristaux de sels visibles dans les profils, ce qui témoigne d'un insignifiant complexe organo-humique.

La formation et l'accumulation des sels sont intimement liées aux concentrations salines présentes dans la solution du sol. Ces deux facteurs sont attribués à la nudité du terrain et aux évaporations intenses.

Les importantes valeurs de la conductivité électrique, pouvant atteindre 62,51 dS/m (extrait aqueux 1/5), sont la conséquence de la forte présence des sels liés à la répartition des cations et anions sur l'ensemble du profil. La composante ionique sur les profils examinés est visiblement déséquilibrée en faveur du chlore, du sulfate et du sodium. Il en résulte par conséquent une présence majoritaire des sels formés à partir des ions sur cités. Il s'agit essentiellement du Na Cl et du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, au niveau des horizons médian et superficiel, principalement.

○ La publication de IDDER A.H., et al. , 2015 a porté sur l'intrusion minérale par modélisation géochimique dans les textures sableuses des sols. Le cas du Sahara septentrional algérien.

La zone expérimentée, en période estivale, a concerné un sol naturel sableux, alimenté en profondeur par les eaux d'une nappe phréatique d'âge quaternaire. Dans le but d'aboutir à une caractérisation physique et chimique de ce sol d'une part, et à l'identification de l'ordre des précipitations salines majoritaires d'autre part, le modèle thermodynamique géochimique à 25°C (modèle phreeqc), a mis en évidence pour trois profils la voie saline neutre en considérant l'ion chlore comme traceur stable.

Il a été montré en outre qu'à partir de logarithme Facteur de Concentration ( $\log FC \leq 0,2$ ), toutes les calcites sont sursaturées, d'où leur précipitation prioritaire dans les horizons de surface : P1H0, P2H0 et P3H0. Cette précipitation calcique est

confirmée par les valeurs de  $\text{pH} > 8,5$ . Il s'agit essentiellement de la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), de la magnésite ( $\text{MgCO}_3$ ) et de la dolomite ( $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$ ). Concernant les solutions sulfatées, les précipitations majoritaires sont constatées principalement dans les horizons médians P1H2, P2H2 et P3H2 à partir de  $\text{FC} = 1,24$ , correspondant à une cristallisation des ions chlorures à partir de 280 méq/l et des ions sulfates à partir de 324 méq/l. Parmi les minéraux solubles, l'halite ( $\text{Na Cl}$ ) est le minéral le plus proche de la saturation.

○ IDDER AH., 2020, a réalisé une étude qui a porté sur l'approche géochimique à la prédiction de la salure des sols nus en conditions arides.

Cette étude pédologique menée sur le sol met en avant la nature et le type de la dynamique saline secondée de la précipitation dans un transect de sol nu dans la cuvette de Ouargla.

La quelle région se caractérise par une aridité nettement exprimée et une sécheresse permanente. Ce transect de sol est soumis à l'influence du climat estival et hivernal présentant un fort pouvoir évaporant en surface et une nappe phréatique de faible profondeur à la base.

Cette nappe, classée C5S3, constitue un lieu privilégié pour l'accumulation et la stagnation de sels répartis en proportions variables selon les horizons. Ce sol nu a été analysé à travers huit profils creusés suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines. Trois profils ont été réalisés en Été, six en hiver, dont un profil commun. La nature granulométrique relevée de ce sol est totalement sablo-limoneuse d'où la faible expression des phénomènes d'échange. A partir du profil salin des horizons examinés dans les deux saisons, il est observé que tous les ions dosés subissent une ascension disproportionnée du bas vers le haut du profil au bénéfice des concentrations estivales. Il est observé de même que le déplacement horizontal de la salinité suit le sens du cours d'eau phréatique. Les concentrations affichées par les ions indiquent remarquablement un déséquilibre parmi les cations au profit du  $\text{Na}^+$  secondé du  $\text{Ca}^{2+}$  et parmi les anions en faveur du chlore secondé du  $\text{SO}_4^{-2}$ . Cette configuration se confirme par la présence majoritaire du salant blanc matérialisé par les sels formés, soit les  $\text{NaCl}$  et  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , droitement indicateurs de la salure. Les autres sels mis en évidence en l'occurrence le  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , témoin du salant noir, et le  $\text{MgCl}_2$  se présentent avec des concentrations moins marquées. Par ailleurs, les résultats affectés aux concentrations salines indiquent que les différents sels recensés se massent prioritairement en quantités importantes surtout en surface et en zone médiane du profil, lui conférant ainsi

le caractère salin dégradé type A ou alterné type A et B compte tenu de la saison. Les importantes valeurs de la CE, pouvant atteindre 62.5dS/m, associées à la tendance saline neutre 7/pH/8, offrent à ce sol le caractère salin.

Par ailleurs les ions chlore, sodium et calcium majoritaires dans la solution du sol offrent les facies chimiques chloruré-sodique, chloruré-calcique et sulfaté-calcique dominants à ce transect étudié. Le gypse, comme sa réputation est confinée par un taux d'occupation important dans les horizons de profondeurs, il apparait aussi en quantités moindre dans les horizons de surface. L'approche géochimique appliquée aux concentrations ioniques trouvées dans le sol nu étudié confirme les règles chimiques élémentaires déjà acquises par ailleurs et de ce fait, indique un ordre de précipitation précis de sels ; les substances chimiques carbonatées suivies des gypsites et en dernier lieu l'halite qui est restée sous-saturée malgré ses hautes concentrations.

### **Conclusion**

Parmi ces travaux antérieurs, on peut ressortir que les sols nus naturels de la cuvette de Ouargla sont en majorité à texture sableuse, sont très salés à extrêmement salés signalés par les valeurs très élevés de la CE. Ils mettent en évidence la présence de quantités très importantes de sels, essentiellement les sulfates et les chlorures de sodium en surface.

La richesse en ces divers sels de chacun des horizons varie dans un même profil du fait des réactions d'échange cationique entre le sol et sa solution.

## **Chapitre III**

### **Matériel et méthodes**

### **Chapitre III Matériel et méthodes**

Ce chapitre a pour objectif de présenter les sites expérimentaux étudiés dans la cuvette d'Ouargla, échantillonnage du sol, la méthodologie d'obtention des sels, les détails des méthodes d'analyse utilisées lors de cette étude seront également présentés.

Il est important de signaler que les données de ce travail ainsi que les points de prélèvement des échantillons ont été prélevés du Mémoire d'ingénieur réalisé par SLIMANI AMEL pendant l'année universitaire 2011/2012.

Le but de notre travail est de continuer, d'élargir et d'améliorer cette étude qu'on considère importante.

#### **III.1.Choix de site expérimental**

Ce travail a été mené sur un terrain nu de la cuvette de Ouargla, ce terrain nu se présente avec des caractéristiques spécifiques qui sont les efflorescences salines bien visibles en surface et une nappe phréatique à faible profondeur a la base.

Dans ce terrain, cinq points de prélèvement de sol à la surface ont été considérés.la profondeur de prélèvement est estimée à 5 cm.

1. Trois échantillons de sols différents ont été prélevés au niveau de la surface du sol 5 cm environ dans l'exploitation agricole de S.N.V. Les points d'échantillonnage sont distant l'un de l'autre de 50 m ;
2. Le quatrième et le cinquième échantillon ont été prélevés à la même profondeur dans la région d'Oum EL Raneb ces deux échantillons sont séparés de 1500 m environ.

Cette profondeur de prélèvement (0- 5 cm) est appelée pseudo-horizon (figure 10).

Il est à noté aussi que le protocole de prélèvement des échantillons de sol à la surface est orienté du sud vers le nord semblablement au sens d'écoulement des eaux phréatiques.

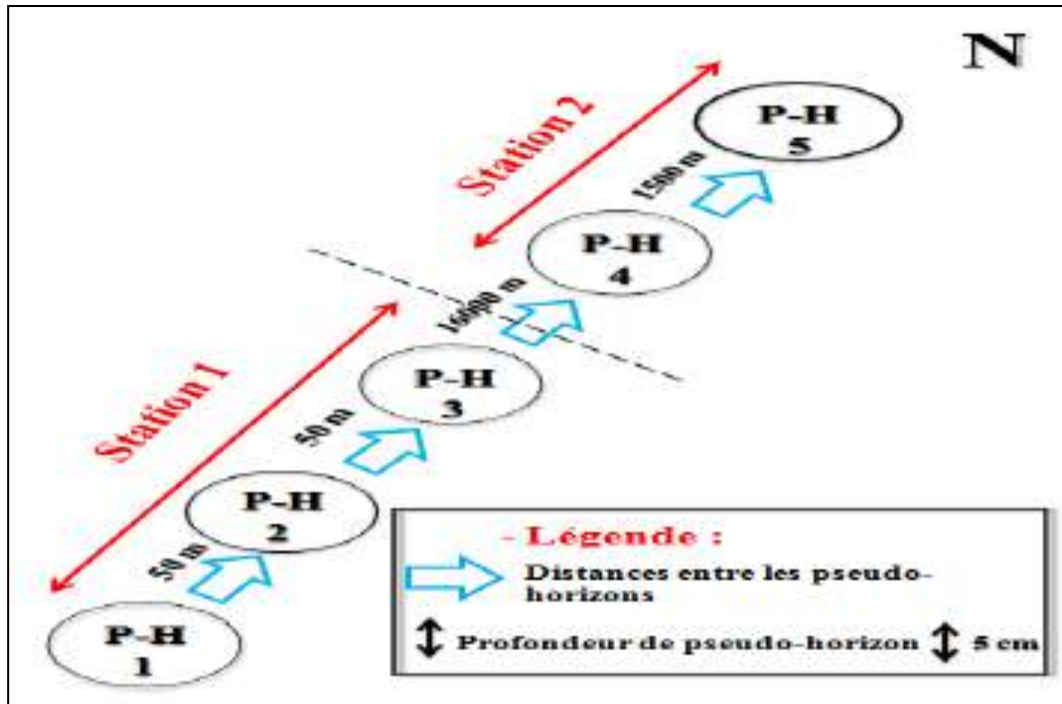


Figure 10 –Échantillonnages des sites expérimentaux.

Les sols de deux stations sont soumis uniquement à l'influence des facteurs climatiques d'une part et à la remontée de la nappe phréatique d'autre part.

La justification des sites se repose sur le fait que les sols de la cuvette de Ouargla présentent un caractère de surface particulier symbolisé par les encroutements salins (action conjuguée de l'hydromorphie et de l'holomorphie). D'autre part les états de surface d'un sol renseignent incontestablement sur les horizons sous-jacents (Figure 11).

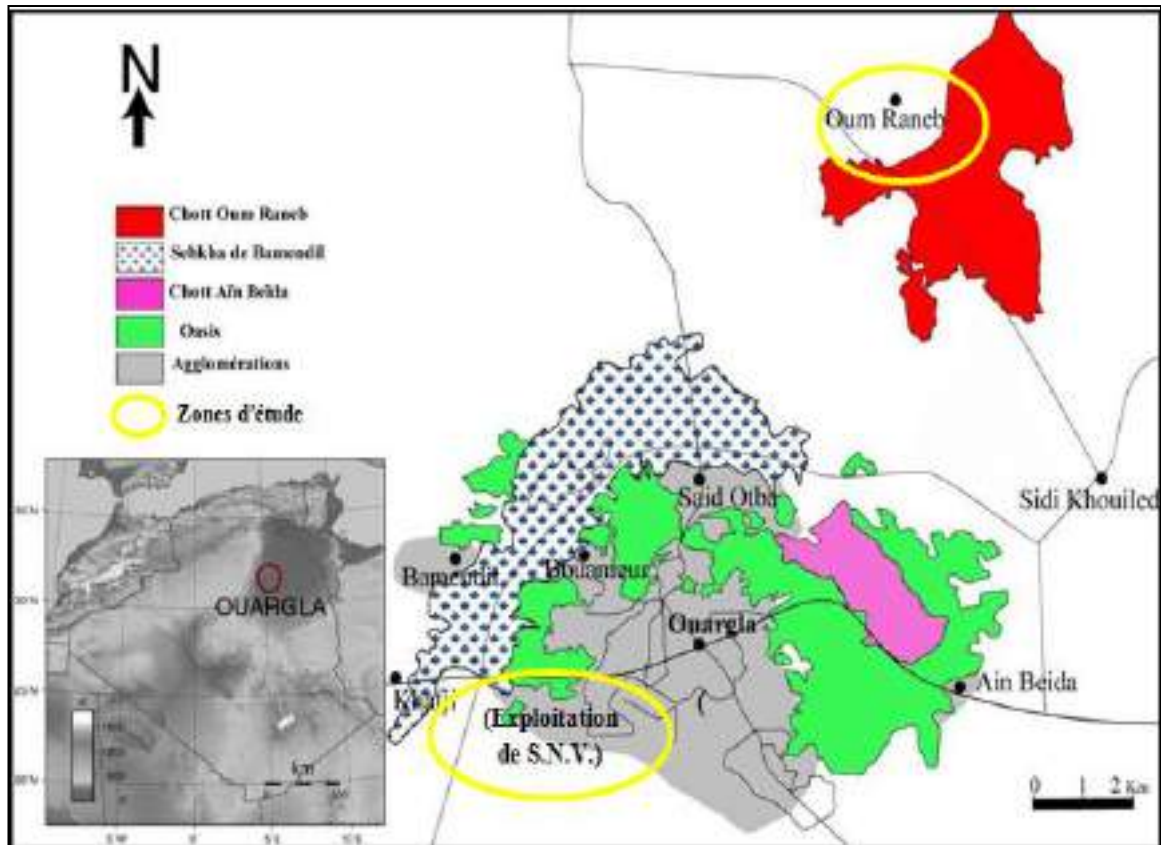


Figure 11 - Situation des sites expérimentaux

### III.2. Présentation des sites expérimentaux

#### III.2.1. L'exploitation agricole de l'université de Ouargla(SNV)

L'exploitation de l'université a été mise en place pour réaliser les travaux pratiques destinés aux étudiants de la faculté SNV.

Ses coordonnées géographiques sont:

- ◆ Latitude: 31°, 56', 40" Nord.
- ◆ Longitude: 5°, 17', 37" Est.
- ◆ Altitude: 136m

L'exploitation couvre une superficie de 26 hectares, répartis en secteurs notés, Les secteurs de l'exploitation sont cultivés en palmier dattier. Les secteurs E et F lieu de notre expérimentation, couvrant une superficie de 14.4 hectares, mais ils ne sont pas cultivés (sol nu).Le reste de la surface est occupé par les pistes et les drains. Le réseau de drainage est constitué de drains à ciel ouvert débouchant dans un collecteur principal qui divise les secteurs A, C et E.

Le palmier dattier est la principale spéculation agricole.



### **III.2.2. Chott Oum EL Raneb**

Le chott d'Oum EL Raneb est situé à 20 Km au Nord – Est de ville d'Ouargla (SLIMANI ,2012). Il est distant de la ville de Sidi Kouiled de 02 km environ et qui est en plus traversé par la route reliant Sidi Kouiled à N'Goussa. Une localité d'Oum EL Raneb se trouve aussi limitrophe au site (500m). Un cordon dunaire limite la zone humide (erg Touil) au Nord – est. Le Chott se situé sur une longitude de 5°22'42'' à 5°21'52''Est et une latitude de 31°57'30'' à 1°59'2'' Nord.

Au plan biogéographique, le chott ainsi que toute la région d'Ouargla appartiennent au secteur de Sahara septentrional, sous secteur oriental du secteur septentrional. Le site est une vaste masse d'eau entourée de dunes de sables.

Le site est permanent, même en été, il est alimenté par la majeure partie des eaux d'assainissement de la région de Ouargla composée de 5 communes qui se déversent dans le site. Ces eaux usées constituent l'entrée d'eau principale en plus de l'eau de la nappe souterraine du chott.

### **III.3.Échantillonnage du sol**

D'après IDDER A.H., 2015 pour caractériser morphologiquement et analytiquement les sols nus de la partie étudiée, des échantillons de sol à 5 cm de profondeur ont été prélevés symbolisés par les pseudo-horizons notés (P-H). L'orientation des échantillons a été effectuée selon la direction d'écoulement de la nappe phréatique (Sud-Nord), en prenant en compte les zones à efflorescences dans des terrains nus.

### **III.4. Méthodes d'analyses**

Les analyses présentées dans ce travail sont ceux trouvés précédemment. Ils seront affichés comme suit.

#### **III.4.1. Analyses physiques**

##### ***III.4.1.1.Humidité***

L'humidité du sol a été mesurée juste après le prélèvement du sol pendant la période hivernale. Elle est obtenue par perte de poids, après un passage à l'étuve pendant (24 heures) à 105 °C.

##### ***III.4.1.2.Granulométrie***

Application de la méthode du tamisage électrique, à partir l'appareil (BA 200 N.CISA).

**III.4.2. Analyses physico- chimiques****III.4.2.1.pH**

S'effectue au pH mètre sur des extraits des sols, le rapport (terre/eau) est de 1 /5.

**III.4.2.2. Conductivité électrique (C.E.)**

Mesuré au conductimètre à partir de l'extrait de sols dont le rapport (terre/eau) est de 1/5, elle est exprimée en dS/m.

**III.4.3. Analyses chimiques****III.4.3.1. Dosage des anions****A. Carbonate et bicarbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ )**

Par titration à l'acide sulfurique en présence des indicateurs (phénolphtaléine et orange de méthyle). La fin de la réaction est indiquée par le changement de couleur à l'orange (virage).

**B. Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )**

Application de la méthode de MOHR basée sur la titration de l'extrait de sol par Nitrate d'argent en présence de chromate de potassium jusqu'à l'apparition de la couleur rouge brique.

**C. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Application de la méthode de gravimétrie basée sur la précipitation les sulfates sous forme de sulfate baryum par l'attaque de l'extrait par une solution de chlorure de baryum.

**III.4.3.2. Dosage des cations**

- $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  : sont analysés par le spectrophotomètre à flamme.
- **Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )** :  $\text{Mg}^{2+}$  dosé par la méthode de compléxométrie d'abord  $\text{Ca}^{++}$   $\text{Mg}^{++}$  puis Ca Mg est obtenue par différence.

**Réactifs**

- ✓ Solution 0, 02 N d'EDTA.
- ✓ Solution tampon pH =10
- ✓ Noir eriochrome T en poudre.

**III.4.3.3. Gypse**

Par la méthode chimique (la méthode de gravimètre), consiste à doser les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  libres après attaque au carbonate d'ammonium.

**III.4.3.4. Calcaire total**

Application gazométrique par le calcimètre de Bernard.

**III.4.4. Analyses biochimiques****III.4.4.1. Matière organique**

Elle a été déterminée par dosage du carbone organique (Méthode d'Anne) le carbone est oxydé par du bicarbonate de potassium en milieu sulfurique. L'excès de bicarbonate de potassium est titré par une solution de sels de MOHR, en présence de diphenylamine la couleur passe du bleu foncé au vert. Pour obtenir le carbone organique on applique la relation suivante :

$$\text{M.O. (\%)} = (\%) \text{ de C } \times 1,72$$

**III.5. Méthodologie d'obtention des sels****A. Hypothèse de la formation des sels**

La formation des sels s'obtient par la combinaison des cations et des anions, à condition que les teneurs de ces derniers dans la solution du sol soient supposées connues. Ce principe est la base de la méthode de BAZILEVICH et PANKOVA, 1968 que nous avons choisis pour la formation des sels.

**A.1 .Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{2-}$ )**

Les ions  $\text{HCO}_3^-$  peuvent provenir de  $\text{NaHCO}_3$ , de  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  et de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  dans la solution du sol .Au départ, en combinant les ions  $\text{HCO}_3^-$  avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$ , ensuite les ions  $\text{HCO}_3^-$  avec les ions  $\text{Mg}^{2+}$ , puis avec les ions  $\text{Na}^+$  s'il reste des ions  $\text{HCO}_3^-$  en excès. Selon la règle de BAZILEVICH et PANKOVA ,1968 in DROUBI, 1998 il sera possible de distribuer les sels au niveau de sol. L'ordre d'obtention des sels est comme suit :  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na Cl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ .

**A.2 .Sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$** 

Comme les ions  $\text{HCO}_3^-$ , les sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  peuvent être reliés avec les sels  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  et  $\text{CaSO}_4$ . On commence à former le sel de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) en premier lieu en combinant les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  (l'excès de  $\text{Ca}^{2+}$  restant de la combinaison  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , ensuite on passe à la constitution de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et de  $\text{MgSO}_4$  si des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  restent en excès.

**A.3. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

Pour reconstituer les sels de chlorures, on commence par la formation de Na Cl en combinant les ions Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup> (éventuellement ceux qui sont en excès par rapport à Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Ensuite on procède à la formation de MgCl<sub>2</sub> puis de CaCl<sub>2</sub> s'il reste des ions de Chlorures en excès et surtout des Mg et Ca non combinés aux carbonates et aux sulfates.

Selon la règle de BAZILEVICH et PANKOVA, 1968 in DROUBI, 1998 il nous sera possible de distribuer les sels au niveau de chaque pseudo-horizon de chaque station.

L'ordre d'obtention des sels est comme suit :

Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na Cl, MgCl<sub>2</sub>.

## **Chapitre IV**

### **Résultats et discussion**

## **Chapitre IV Résultats et discussion**

Ce chapitre a pour objectif de présenter les sols et les eaux des sites d'étude. La description et les analyses physicochimiques du sol réalisées au laboratoire constituent la principale source d'informations disponibles pour caractériser le sol.

### **IV.1. Caractérisation morphologique et analytique des sols étudiés**

Pour la caractérisation morphologique et analytique du sol objet de l'expérimentation, nous présenterons les différents résultats dans les tableaux qui suivent.

#### **IV.1.1. Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 1 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV**

- ❖ **Date de prélèvement et de description :** 25/02/2012
- ❖ **Coordonnées :** U.T.M.Fuseau 31 **X=** 716.74. **Y=**3536,29. **Z=**127 m
- ❖ **Topographie :** forme plane
- ❖ **Situation :** secteur E1 de l'Exploitation agricole de la faculté SNV
- ❖ **Temps :** Ensoleillé
- ❖ **Aspect de la surface :** Encrouement salin
- ❖ **Végétation :** inexistante
- ❖ **Occupation du sol :** sol nu sans végétation

Couleur à l'état humide 7.5 YR 5/85(strongbrown), tâches blanchâtres de formes arrondies, effervescence moyenne à l'H Cl, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable.

### **IV.1.2. Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 2 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV**

- ❖ **Date de prélèvement et de description :** 25/02/2012
- ❖ **Coordonnées :** U.T.M. Fuseau 31 **X**= 716.73. **Y**=3536,31. **Z**=129 m
- ❖ **Topographie :** forme plane avec une pente faible (<1%)
- ❖ **Situation :** secteur E1 de l'Exploitation agricole de la faculté SNV
- ❖ **Temps :** Ensoleillé
- ❖ **Aspect de la surface :** Encroutement salin
- ❖ **Végétation :** inexistante
- ❖ **Occupation du sol :** sol nu

Couleur à l'état humide 7.5 YR 5/6 (strongbrown), tâches blanchâtres de formes arrondies, effervescence moyenne à l'HCl, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable accumulation des sels en surface.

### **IV.1.3. Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 3 du sol de l'Exploitation agricole de la faculté SNV**

- ❖ **Date de prélèvement et de description :** 25/02/2012
- ❖ **Coordonnées :** U.T.M.Fuseau 31 **X**= 716.732. **Y**=3536,32. **Z**=125 m
- ❖ **Topographie :** forme plane
- ❖ **Situation :** secteur E1 de l'Exploitation agricole de la faculté SNV
- ❖ **Temps :** Ensoleillé
- ❖ **Aspect de la surface :** Encroutement salin
- ❖ **Végétation :** inexistante
- ❖ **Occupation du sol :** sol nu sans végétation

Couleur à l'état humide 7.5 YR 4/6 (strongbrown), tâches blanchâtres de formes arrondies, effervescence moyenne à l'HCl, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable accumulation saline au surface.

**Tableau 9** - Résultats des échantillons du sol de la station 1 de l'exploitation agricole de la faculté SNV.

Caractéristiques		Les pseudo-horizons		
		P-H 1	P-H 2	P-H 3
Profondeur (cm)		0-5	0 - 5	0 – 5
Calcaire totale(%)		5	4.9	1.31
Gypse(%)		18.75	13.91	27.78
pH		8	8.3	7.86
$pH_{kcl}$		7.89	8.02	7.99
C.E.(dS/m) à 25 °C		30.4	46.82	54
Résidus sec (g/l)		22	32	39
Humidité (%)		16	11.5	13.5
Granulométrie(%)	S.t.g	8.5	25.3	15
	S.g	13.3	21.4	19
	S.m	22	20	28.1
	S.f	18.6	18.	27
	L+A	36.2	15.9	11.9
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	$Na^+$	430	620.6	760
	$Ca^{2+}$	54	64.50	66
	$K^+$	20	17	17
	$Mg^{2+}$	29	25.08	35
	$Cl^-$	210	380	420
	$SO_4^{2-}$	280	290	390
	$HCO_3^{2-}$	17	21	20
Faciès chimique globale		Sulfaté sodique	Chloruré sodique	Chloruré sodique
Le carbone organique (%)		0.184	0.58	0.09
La matière organique (%)		0.317	1.004	0.158



A partir des caractérisations morphologiques et analytiques des trois pseudo-horizons examinés des sols de l’exploitation agricole de la faculté SNV (Tableau 9), le sol présente majoritairement une texture sableuse, le sol est peu calcaire ( $1.31 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 5 \%$ ) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont modérément à extrêmement gypseux ( $13.91\% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 27.78 \%$ ) (BARZANJI, 1973).

Le sol étudié est très pauvre en matière organique ( $\text{M.O} \leq 1$ ) (BAIZE, 1988). Les résidus secs dans ces pseudo-horizons ont affiché les valeurs suivantes respectivement 22 g/l, 32 g/l et 39 g/l au niveau de la station 1 faculté SNV.

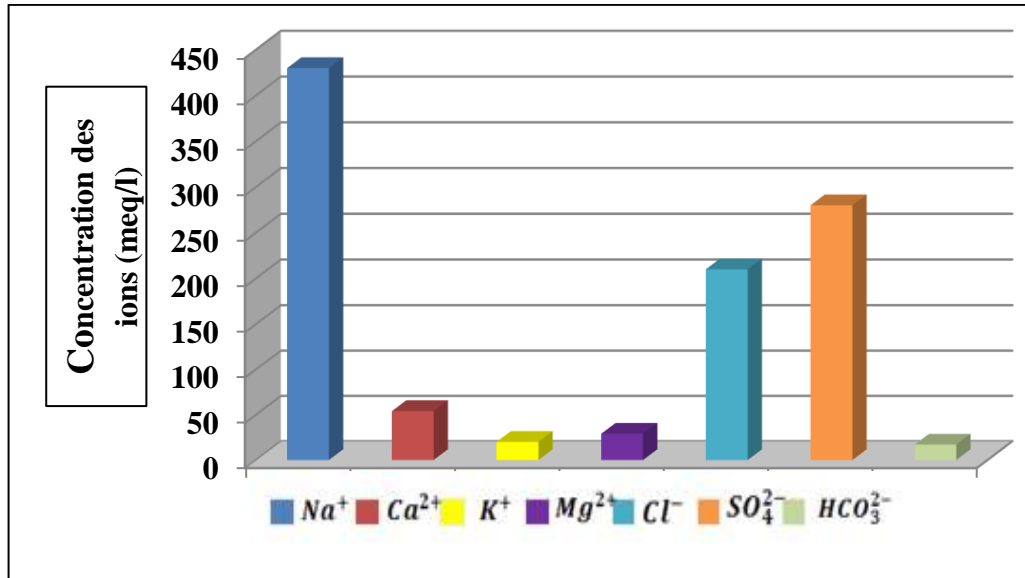
Les valeurs de la conductivité électrique sont élevées ( $30.4\text{dS/m} \leq \text{C.E} \leq 54 \text{ dS/m}$ ), ce que fait le sol très salé à extrêmement salé (AUBERT, 1978). Le faciès chimique global est chloruré sodique pour les pseudo-horizons 2 et 3, sulfaté sodique pour le pseudo-horizon 1. Avec un pH entre la neutralité et l’alcanité ( $7.86 \leq \text{pH} \leq 8.3$ ) (GAUCHER, 1968) (Tableau 9).

**Tableau 10**– Résultats d’analyse de l’eau de la nappe phréatique de la station 1 de l’exploitation agricole de la faculté SNV.

	CE à 25 C° (dS/M)	Résidu sec (g/m)	SAR	pH	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)			
					Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
<b>P-H 1</b>	25.7	2.08	14.27	8.2	218.31	203.13	6.25	168.48	146.77	10.26	127.30
<b>P-H 2</b>	37.1	3.20	11.71	8	352.11	204.17	6.96	184.87	207.73	14.10	200
<b>P-H 3</b>	40.9	3.45	18.14	8.03	353.89	242.17	7.75	271.74	232.39	19.23	210.53

Selon les résultats d’analyses obtenues de l’eau de la nappe phréatique correspondant aux trois pseudo-horizons (1,2 et 3) des secteurs E1 de l’exploitation agricole de la faculté SNV, ces eaux sont extrêmement salées ( $25.7 \leq \text{C.E. à } 25^\circ\text{C} \leq 40.9$ ) (AUBERT, 1978), un pH alcalin ( $8 \leq \text{pH} \leq 8.2$ ) (GAUCHER, 1968), Les valeurs du SAR indiquent un caractère sodique (Tableau 10).

#### IV.1.4. Répartition ionique des pseudo-horizons 1,2 et 3 au niveau de sol de l'exploitation agricole de la faculté SNV

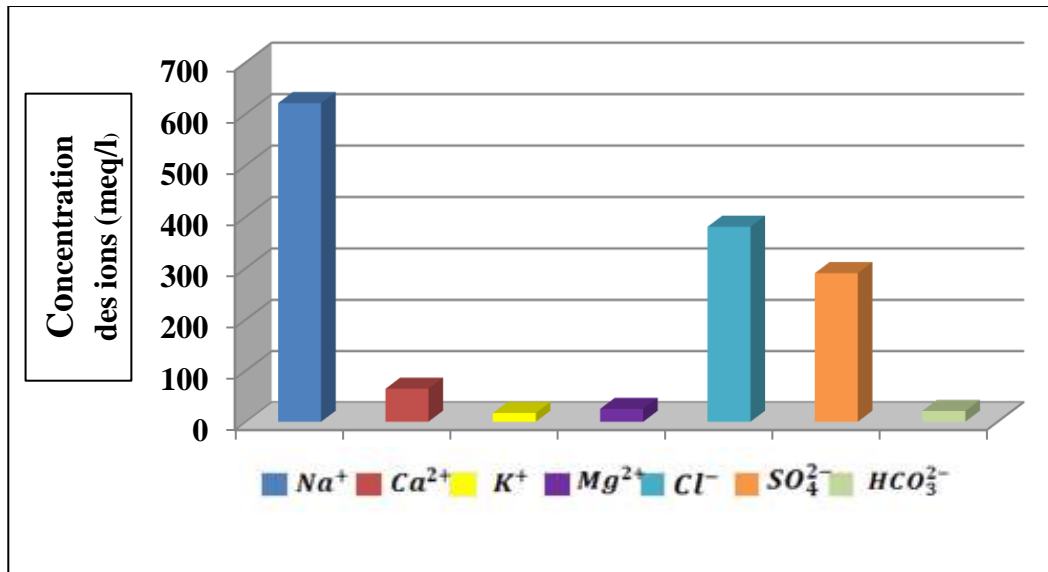


**Figure 12-** Concentration des ions dans le pseudo-horizon 1

D'après les remarques constatées à partir de cette figure 12, on n'observe que le taux des concentrations des ions : sodium, sulfate et chlore sont élevés par rapport aux autres ions, qui indiquent que ces derniers sont mobiles par lixiviation des sels et qui se trouve dans ce pseudo-horizon.

En matière de concentration des ions dans ce pseudo- horizon, un déséquilibre remarquable de sodium atteignant 81% par rapport aux restes des cations, suivi du sulfate 55% par rapport aux anions. L'ordre de dominance est comme suit :

- ❖ Parmi les cations:  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$  avec des valeurs en meq/l :  
430 > 54 > 29 > 20.
- ❖ Parmi les anions :  $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^{2-}$  avec des valeurs en meq/l :  
280 > 210 > 17 (Figure12).



**Figure 13-** Concentration des ions dans le pseudo-horizon 2

En matière de concentration des ions dans ce pseudo- horizon la proportion de sodium est égale à 85 % .quant aux ions chlore et le sulfate, Ils affichent des valeurs respectivement 55 % et 42 %.

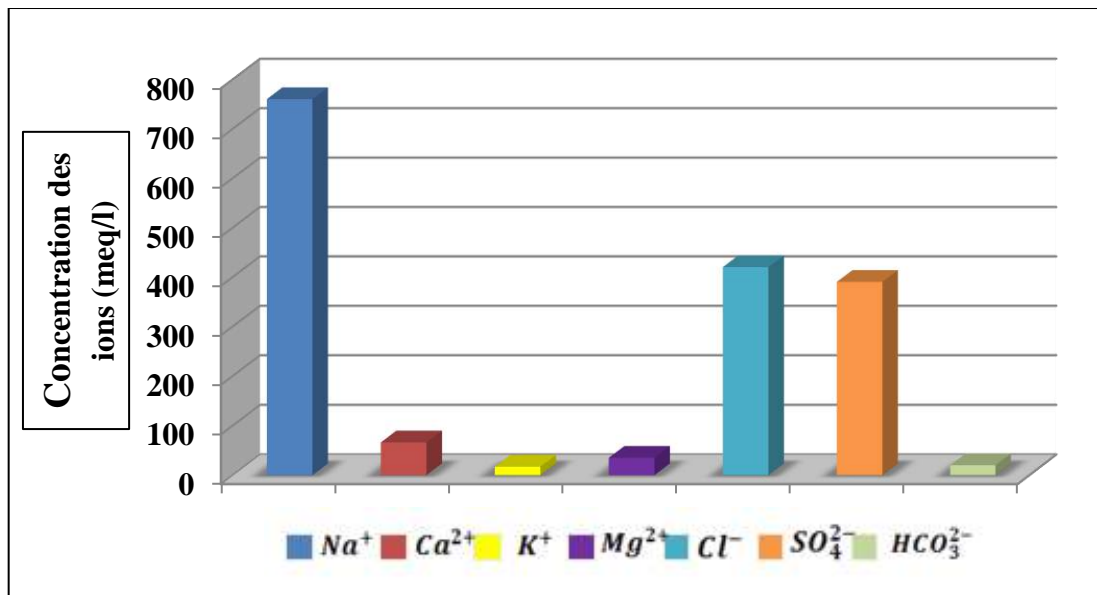
L'ordre de dominance est comme suit :

❖ **Parmi les cations:**  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$  avec des valeurs en meq/l:

$$620.6 > 64.50 > 25.08 > 17.$$

❖ **Parmi les anions:**  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^{2-}$  avec des valeurs en meq/l:

$$380 > 290 > 21 \text{ (Figure 13).}$$



**Figure 14** - Concentration des ions dans le pseudo-horizon 3

Pour ce pseudo-horizon correspond à un maximum de salinité, et il est expliqué par les valeurs élevés de la C.E (54 dS/m) qui sont provoqués par la salure de la nappe (C.E= 25,7dS/m) reflètent sur la concentration des ions dans cette zone.

C'est le cas de pseudo-horizon 3 ; La concentration des ions dans ce pseudo-horizon est caractérisée par une colonisation remarquable de sodium 87 % pour les cations et le chlore, sulfate à proportion sensiblement égale 51% et 47% et pour les autres ions affichent des concentrations très minimums.

Les valeurs élevés des concentrations des ions : sodium, chlore et sulfate indiquent que ces derniers se localisent dans pseudo-horizon à cause de leurs mobilités provoquée par la remonté capillaire. Cela explique aussi que cette zone est une zone d'accumulation des sels.

Le bilan chiffré et comme suit : pour le sodium par apport aux autres cations, pour le sulfate et pour le chlore par apport aux anions.

L'ordre de dominance est comme suit :

❖ **Parmi les cations** : Na<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>. avec des valeurs en meq/l :

760> 66>35>17.

❖ **Parmi les anions** : Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> >HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> avec des valeurs en meq/l :

420> 390>20 (Figure14).

**IV.1.5. Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 4 de zone d'Oum EL Raneb**

- ❖ **Date de prélèvement et de description :** 25/02/2012
- ❖ **Coordonnées :** U.T.M. Fuseau 31 X= 725428.Y=3545111.
- ❖ **Topographie :** forme plane
- ❖ **Situation :** Oum EL Raneb 1
- ❖ **Temps :** Ensoleillé
- ❖ **Aspect de la surface :** Encroutement salin
- ❖ **Végétation :** inexistante
- ❖ **Occupation du sol :** sol nu sans végétation

Couleur à l'état humide 7.5 YR 7/6(Reddishyellow), tâches blanchâtres de formes arrondies, effervescence faible à l'HCl, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable.

**IV.1.6. Caractérisation morphologique du pseudo-horizon 5 de zone d'Oum EL Raneb**

- ❖ **Date de prélèvement et de description :** 25/02/2012
- ❖ **Coordonnées :** U.T.M. Fuseau 31 X= 725129.Y=3546133.
- ❖ **Topographie :** forme plane
- ❖ **Situation :** Oum EL Raneb 2
- ❖ **Temps :** Ensoleillé
- ❖ **Aspect de la surface :** Encroutement salin
- ❖ **Végétation :** inexistante
- ❖ **Occupation du sol :** sol nu sans végétation

Couleur à l'état humide 7.5 YR 5/6 (strongbrown), tâches blanchâtres de formes arrondies, effervescence faible à l'H Cl, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable.

**Tableau 11-** Résultats des échantillons du sol de la station 2 d'Oum El Raneb

Les caractéristiques		Les pseudo-horizons	
		P-H 4	P-H 5
Profondeur (cm)		0-5	0-5
Calcaire totale(%)		0.64	1.65
Gypse(%)		23.27	9.21
pH		7.89	8.2
pH <sub>kcl</sub>		7.53	8.01
C.E.(dS/m) à 25 °C		62.3	79.20
Résidus sec (g/l)		28	56
Humidité (%)		8	9.5
Granulométrie(%)	S.t.g	19	13
	S.g	14.9	12.6
	S.m	27.1	53
	S.f	25.4	18.6
	L+A	12.4	2.8
Classe texturale		Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	Na <sup>+</sup>	900.6	1012
	Ca <sup>2+</sup>	63	53
	K <sup>+</sup>	7.30	6
	Mg <sup>2+</sup>	80.2	67
	Cl <sup>-</sup>	620	670
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	416	500
	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	15	20
Faciès chimique globale		Chloruré sodique	Chloruré sodique
Le carbone organique (%)		0.18	0.125
La matière organique (%)		0.317	0.215

A partir des caractérisations morphologiques et analytiques des deux pseudo-horizons examinés de sols d'Oum EL Raneb (Tableau11) le sol présente majoritairement une texture sableuse, le sol est peu calcaire ( $0.64\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 1.65\%$ ) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont légèrement à extrêmement gypseux ( $9.21 \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 23.27\%$ ) (BARZANJI, 1973).

Le sol étudié est très pauvre en matière organique ( $\text{M.O} \leq 1$ ) (BAIZE, 1988).

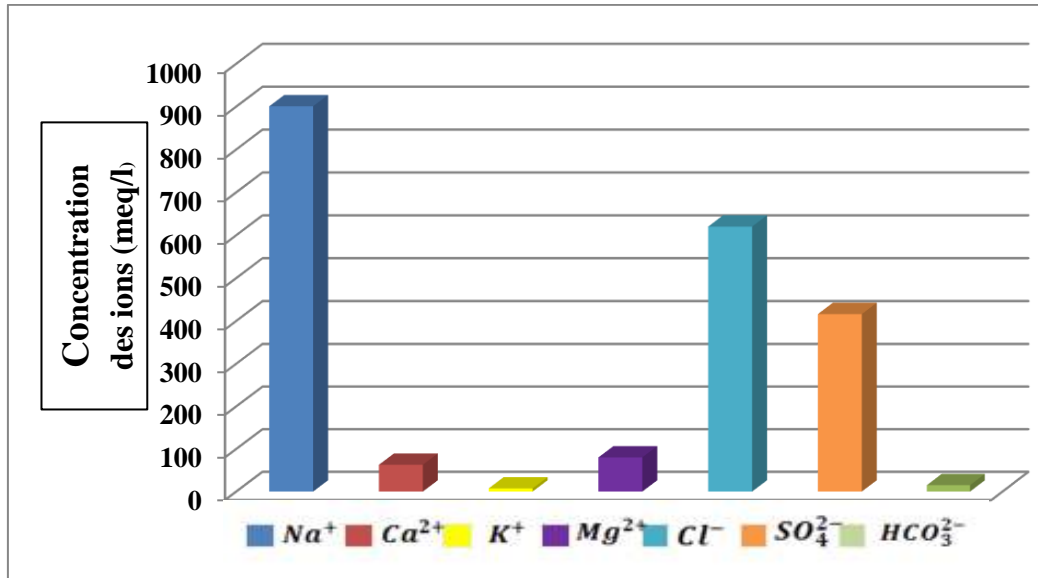
Les valeurs de la conductivité électrique sont élevées ( $62.3 \text{ ds/m} \leq \text{C.E} \leq 79.20 \text{ ds/m}$ ) (AUBERT, 1978), ce qui rend le sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est chloruré sodique. Avec un pH inférieur à l'alcalinité ( $7.89 \leq \text{pH} \leq 8.2$ ) (GAUCHER, 1968) (Tableau11).

**Tableau 12** – Résultats d'analyses de l'eau de la nappe phréatique de la station 2 d'Oum El Raneb.

	CE à 25 C° (dS/m)	Résidu sec (g/l)	SAR	pH	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)			
					Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
<b>P-H 4</b>	98.90	9.63	54.97	8.03	1225.35	218.75	7.35	978.26	53.82	2.98	578.95
<b>P-H 5</b>	171.9	36.04	25.30	8.2	409.10	258.33	2.50	304.35	53.82	9.62	235.77

Selon les résultats d'analyses que nous avons obtenues de l'eau de la nappe phréatique correspondant aux deux pseudo-horizons (4et5) de la station 2 d'Oum EL Raneb, ces eaux sont extrêmement salées ( $98.90 \leq \text{C.E. à } 25^\circ\text{C} \leq 171.9$ ) (AUBERT, 1978), un pH alcalin ( $8.03 \leq \text{pH} \leq 8.2$ ) (GAUCHER, 1968), Les valeurs du SAR indiquent un caractère sodique (Tableau12).

#### IV.1.7. Répartition ionique des pseudo-horizons 4 et 5 au niveau de la station 2 d'Oum EL Raneb.



**Figure 15** - Concentration des ions dans le pseudo-horizon 4

En matière de concentration des ions dans ce pseudo- horizon 4 comme les autres pseudo-horizons précédents, un déséquilibre remarquable de sodium atteignant a 86 % par apport aux restes des cations, suivi du chlore 59 % pour le total des anions. D'après les remarques constatées à partir de cette figure 15, on n'observe que le taux des concentrations des ions : sodium, chlore et sulfate sont élevés par apport aux autres ions, qui indiquent que ces derniers sont mobiles par lixiviation des sels et qui se trouve dans l'horizon de surface.

L'ordre de dominance est comme suit :

❖ **Parmi les cations:**  $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$  avec des valeurs en meq/l :

$$900.6 > 80.2 > 63 > 7.30.$$

❖ **Parmi les anions :**  $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^{2-}$  avec des valeurs en meq/l :

$$620 > 416 > 15 \text{ (Figure15).}$$



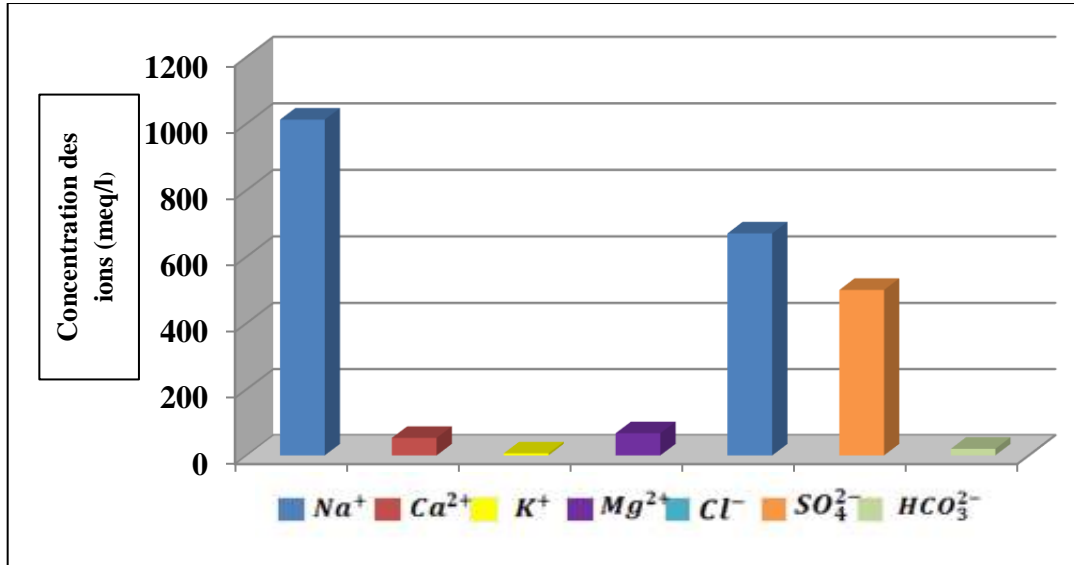


Figure 16 - Concentration des ions dans le pseudo-horizon 5

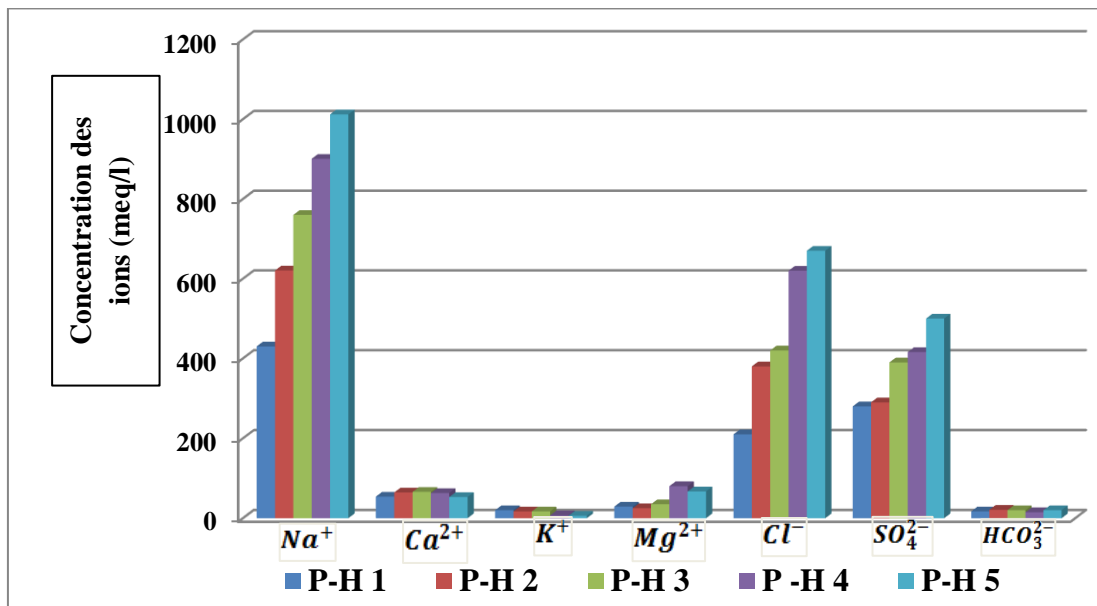
Pour ce pseudo-horizon correspond à un maximum de salinité, et il est expliqué par les valeurs élevés de la C.E (79.20 dS/m) qui sont provoqués par la salure de la nappe (C.E= 13,71dS/m) reflètent sur la concentration des ions dans cette zone (Figure 16).

En matière de concentration des ions dans ce pseudo- horizon la proportion de sodium est égale à 89 % quant aux ions le chlore et le sulfate affichent des valeurs respectivement 56 % et 42 %.

L'ordre de dominance est comme suit :

- ❖ **Parmi les cations:**  $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$  avec des valeurs en meq/l:  
1012 > 67 > 53 > 6.
- ❖ **Parmi les anions:**  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^{2-}$  avec des valeurs en meq/l:  
620 > 500 > 20 (figure16).

## IV.1.8. Répartition générale des ions dans les pseudo-horizons 1 à 5

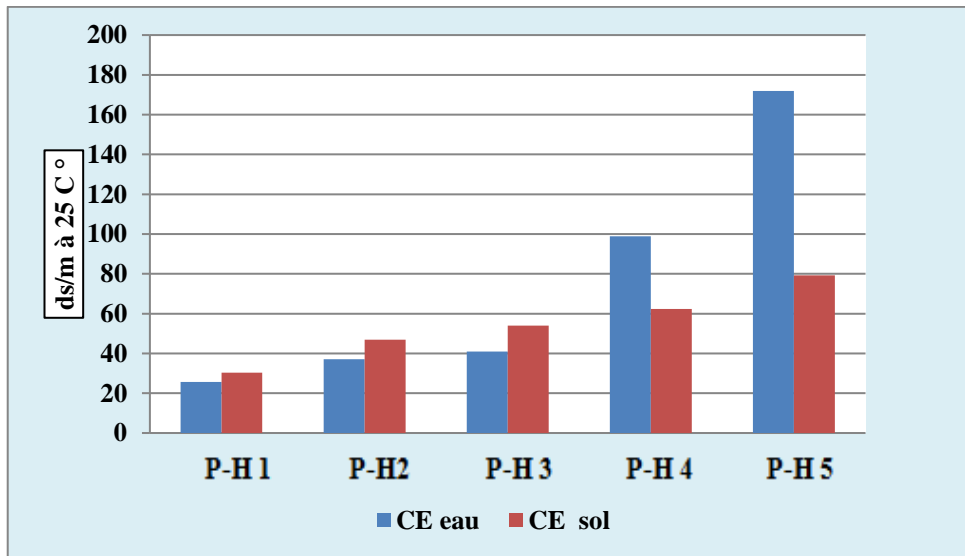


**Figure 17** - Répartition générales des ions dans les pseudo-horizons

En matière de concentration des ions dans les pseudo- horizons, nous observons une augmentation remarquable et nette de certains ions. Les ions concernés par cette élévation sont les sodiums, chlore et sulfate. Ces ions peuvent être la conséquence de la formation des ses dit neutres le chlorure de sodium ( $NaCl$ ) et sulfate de sodium ( $Na_2SO_4^{2-}$ ). Il est à signaler aussi que cette élévation est observée de l'amont du terrain à l'aval. Cela confirme les résultats des travaux antérieurs réalisés par IDEER A.H., 2006 ,2012 ,2014 2015 et 2020 ; BERRABAH F., 2009 ; NIBOUA Y. ,2010 et BENMOUAFFEKI DJ., 2011 (Figure 17).

**IV.1.9. Évaluation des paramètres de mesures dans les échantillons**

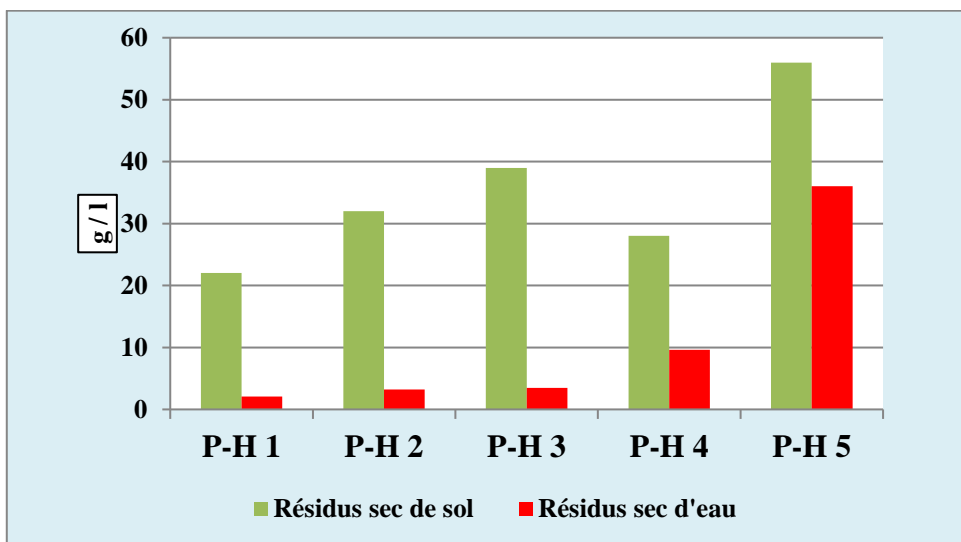
**IV.1.9.1. Évolution des profils salins sol / eau**



**Figure 18** - Variation de la C.E du sol et l'eau des pseudo-horizons

Cette figure 18 illustrant les conductivités électriques du sol et l'eau montre clairement une synergie de parcours, cette synergie est la conséquence des fluctuations et les échanges entre les deux systèmes sol et eau.

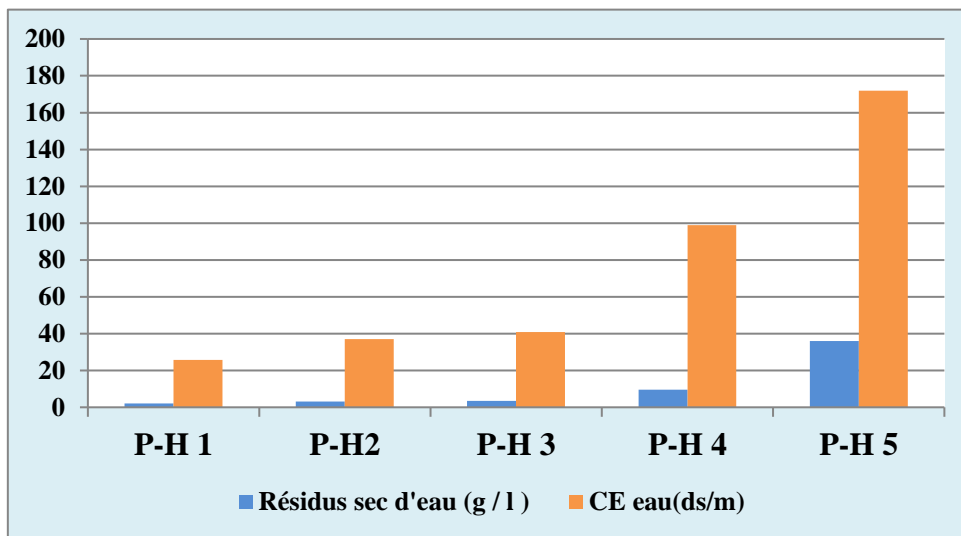
**IV.1.9.2. Evolution des résidus secs sol / eau**



**Figure 19** - Variation des résidus secs du sol et l'eau des pseudo-horizons

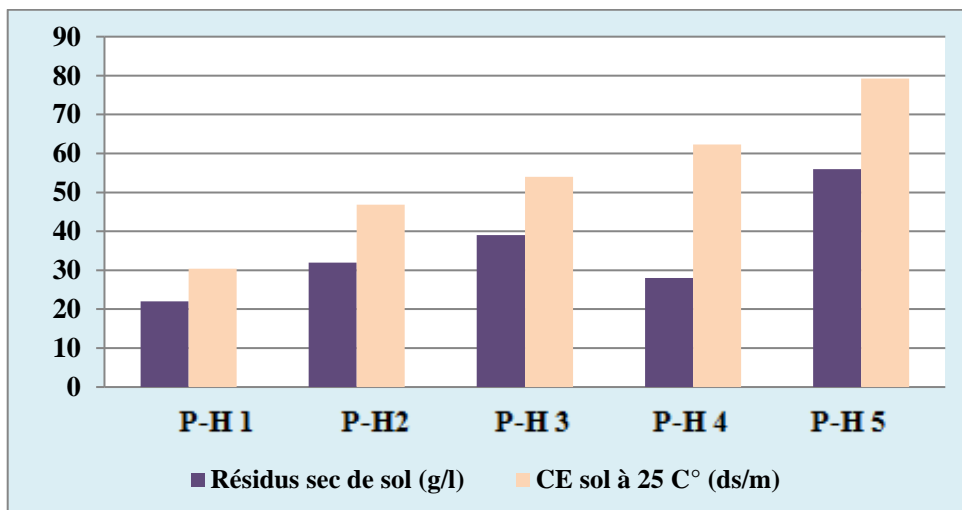
La figure 19 illustrant la variation du résidu sec du sol et de l'eau a affiché les valeurs minimales suivantes respectivement 22 g/l et 25,7 g/l au niveau de la station 1 faculté SNV. Et les valeurs maximales respectivement 79.20 g/l et 171,9 g/l au niveau de la dernière station située en aval des stations étudiées. Ces valeurs enregistrées de sol et de l'eau montrent clairement une synergie de parcours, cette synergie est la conséquence des fluctuations et les échanges entre les deux systèmes sol et eau.

**IV.1.9.3. Évolution du R.S et C.E De l'eau phréatique**



**Figure 20** – Variation de résidu sec et la C.E de l'eau des pseudo-horizons

**IV.1.9.4 Evolution du R.S et C.E de sol**

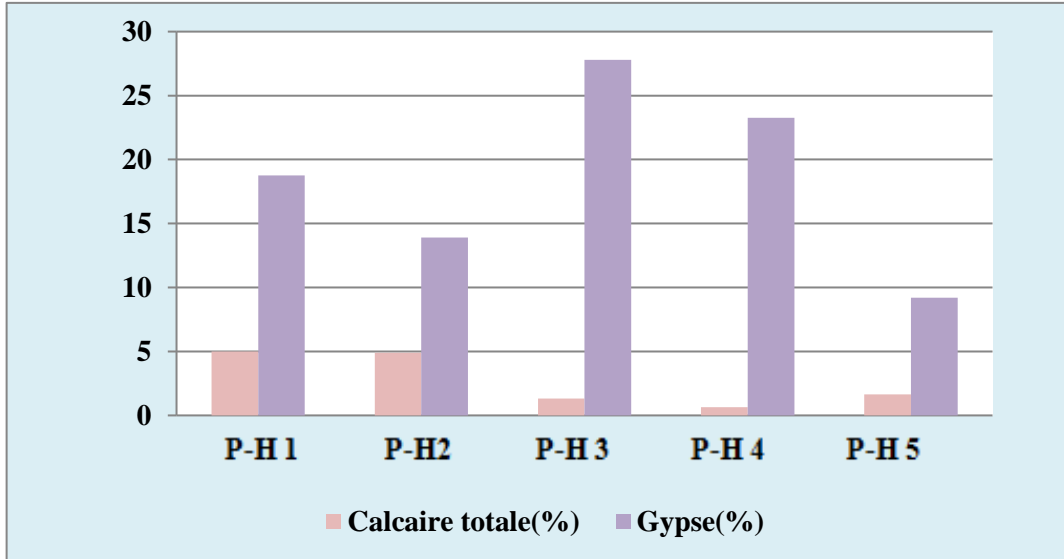


**Figure 21** – Variation de résidu sec et la C.E de sol des pseudo-horizons

Les figures 20 et 21 illustrant les C.E et les résidus secs de l'eau et du sol montrent clairement une synergie au niveau du sol contrairement à celle de l'eau cela peut être

expliqué par les fluctuations des eaux de la nappe et les remontées capillaires en relation avec les changements climatiques.

**IV.1.9.5. Évolution du Gypse et Calcaire dans les échantillons**



**Figure 22** - Variation des pourcentages des Gypse et calcaire.

La figure 22 illustrant la variation des pourcentages de Gypse et calcaire indiquent que les pourcentages du gypse sont bien supérieur aux pourcentages du calcaire cela est expliqué par la large bibliographie entre autres (DADDI BOUHOUN ,2010), qui mentionne la supériorité du gypse au niveau des sols de la cuvette de Ouargla par rapport au calcaire.

**Conclusion**

A partir de la dynamique des ions sur les cinq pseudo-horizons étudiés de la station 1 vers la station 5 selon la direction d’écoulement de la nappe phréatique (Sud – Nord).

Les résultats à travers le bilan ionique indiquent clairement un déséquilibre au sein des concentrations des ions avec une supériorité remarquable du sodium, chlore et sulfate avec des proportions importantes par rapport aux autres ions.

La répartition des ions affiche un maximum de concentration des ions sodium, chlore et sulfate dans les deux stations 1 et 2.

La dominance ionique dans les pseudo- horizons est donnée de différentes stations par ordre décroissant :

- ❖ **Parmi les cations : 1)  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$**  pour les pseudo- horizons 1,2 et 3.

2)  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$  pour les pseudo- horizons 4 et 5.

❖ **Parmi les anions :** 1)  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$  pour les pseudo-horizons 1,3 et 5.

2)  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$  pour les pseudo-horizons 2 et 4.

Les résidus secs dans les pseudo-horizons a affiché les valeurs suivantes respectivement 22 g/l, 32 g/l et 39 g/l au niveau de la station 1 faculté SNV et au niveau de la station 2 d'Oum El Raneb les valeurs suivantes 28 g/l et 56 g/l. Les valeurs du SAR indiquent un caractère sodique.

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées sont très élevées, ce que font les valeurs de la salinité et dépassent largement le seuil toléré ( $\text{CE} > 6$ ) (AUBERT, 1978). Le maximum de salinité se trouve visiblement dans les pseudo-horizons (5) par apport aux autres pseudo-horizons, cela est confirmée par la valeur de la conductivité électrique qui atteint (79.20dS /m).

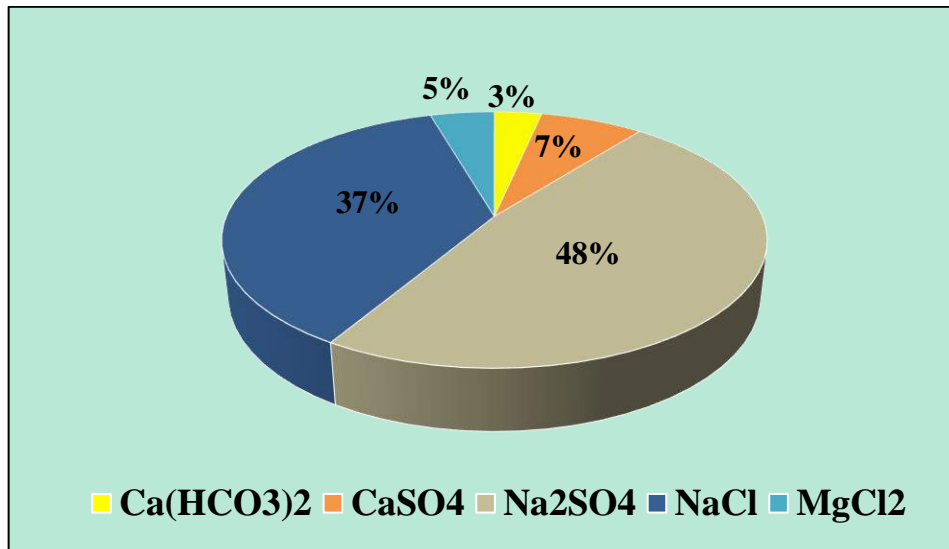
Les conductivités électriques (CE) de pseudo-horizons 2 sont remarquablement inférieures aux autres pseudo-horizons (1, 3,4 et 5) cela explique la diminution de la formation des sels dans ces pseudo- horizons par apport aux autres, donc nous constatons le mouvement ascendant des cations et des anions à partir de la nappe phréatique vers les des différents horizons.

#### IV.2. Formation des sels du sol étudié

A partir des tableaux 13 et 14 des résultats des analyses et les données des bilans ioniques, et conformément aux fondements théoriques chimiques stipulant la formation des sels par les combinaisons entre les cations et les anions et selon la règle de BAZILVICH et PANKOVA ,1968 il nous sera possible de distribuer les sels au niveau de chaque pseudo- horizons pour chaque station. L'ordre d'obtention des sels est comme suit :  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na Cl}$  et  $\text{MgCl}_2$ .

**Tableau 13** - Répartition des sels des échantillons du sol des pseudo-horizons de la station 1 de l'exploitation agricole de la faculté SNV.

Sels obtenus (meq/l)	P-H 1	P-H 2	P-H 3
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	34	42	40
CaSO <sub>4</sub>	74	87	92
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	486	493	688
Na Cl	374	748.2	832
Mg Cl <sub>2</sub>	46	11.8	8
Reste en excès	Mg = 6	Mg = 19.18	Mg = 31



**Figure 23** - Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 1

La quantité très importante des sels elle est confirmée par les valeurs élevées de la conductivité électrique et les valeurs importantes enregistrées pour les deux sels neutres Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans ce pseudo-horizon, se démarquent largement par rapport aux autres. Les autres sels dont le CaSO<sub>4</sub>, le Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> et le Mg Cl<sub>2</sub> est moins importante ; le premier est négligeable, le deuxième et le troisième avec des concentrations très faible.

Le bilan chiffré offre au Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est 48 % il est suivi du sel chlorure de sodium avec un taux de 37 % il est suivi du CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> et le Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dans l'ordre 7% , 5% et 3% (Figure23).

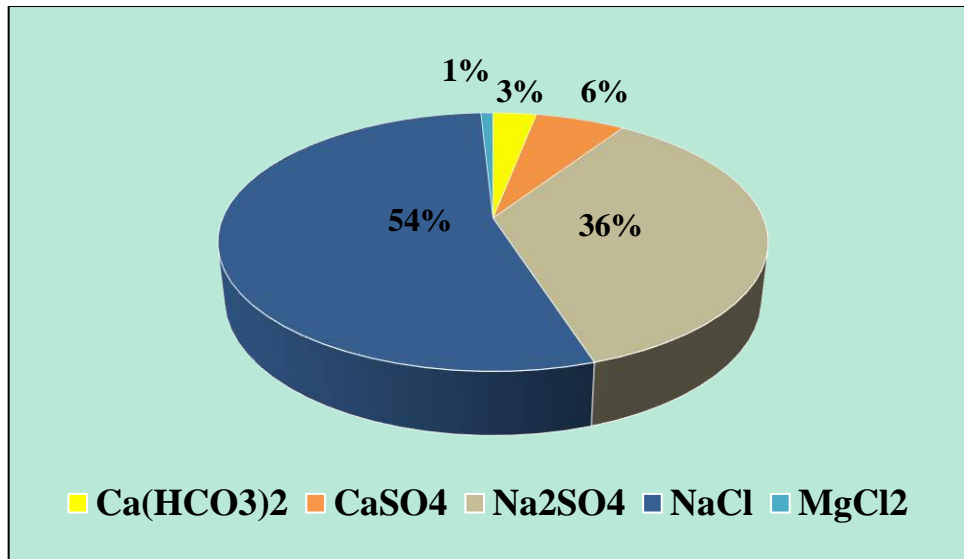


Figure 24- Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 2

Le Na Cl et le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sont enregistrés en première position dans ce pseudo-horizon le premier avec un pourcentage de 54%, et le second avec 36%. Avec un faible pourcentage négligeable de CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> et Ca (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Figure24).

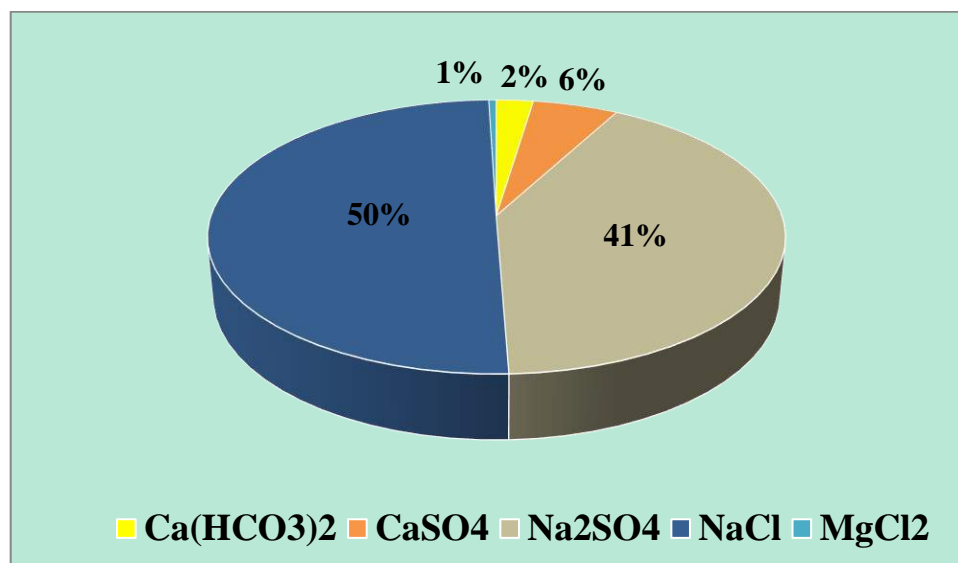


Figure 25 - Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 3

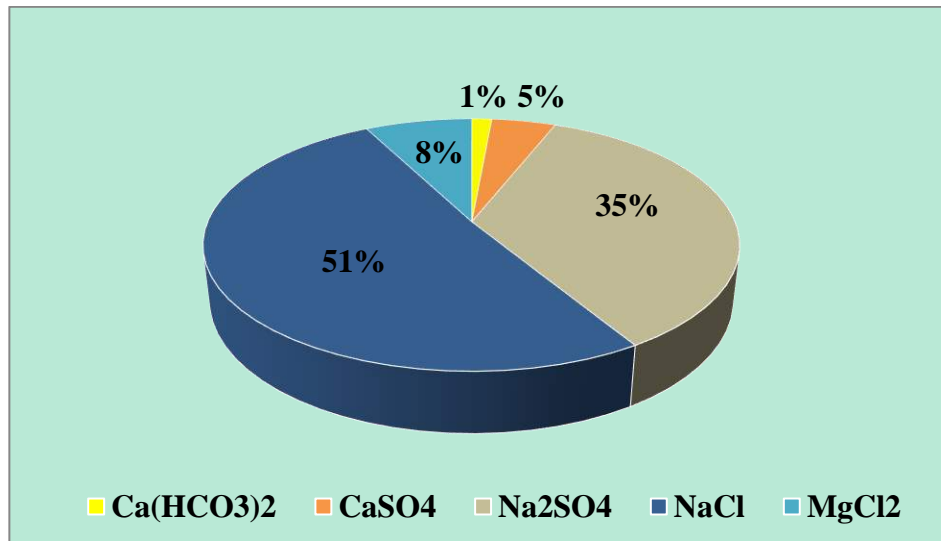
Dans le pseudo-horizon 3 les deux sels neutres Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, se démarquent largement par rapport aux autres. Les autres sels dont le CaSO<sub>4</sub>, le Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> et le Mg Cl<sub>2</sub> est moins importante.



Le bilan chiffré offre au chlorure de sodium 50 % il est suivi du sel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec un taux de 41 %, puis CaSO<sub>4</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> et Mg Cl<sub>2</sub> dans l'ordre 6% , 2% et 1 % (Figure 25).

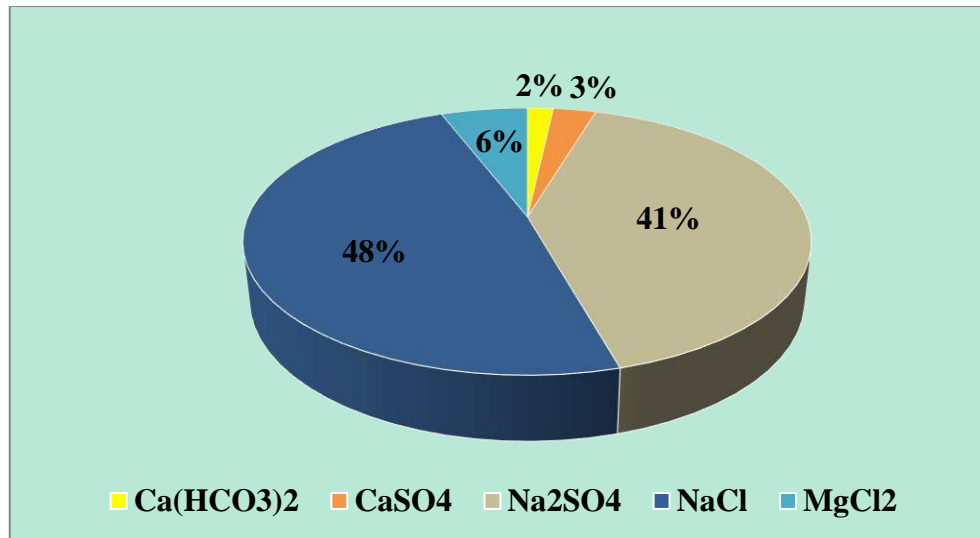
**Tableau 14** - Répartition des sels des échantillons du sol des pseudo-horizons de la station 2 d'Oum EL Raneb

Sels obtenus (meq/l)	P-H 4	P-H 5
<b>Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	30	40
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	96	66
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	736	934
<b>NaCl</b>	1065,2	1106
<b>MgCl<sub>2</sub></b>	160,4	134
<b>Reste en excés</b>	Cl=50	Cl=7



**Figure 26** - Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 4

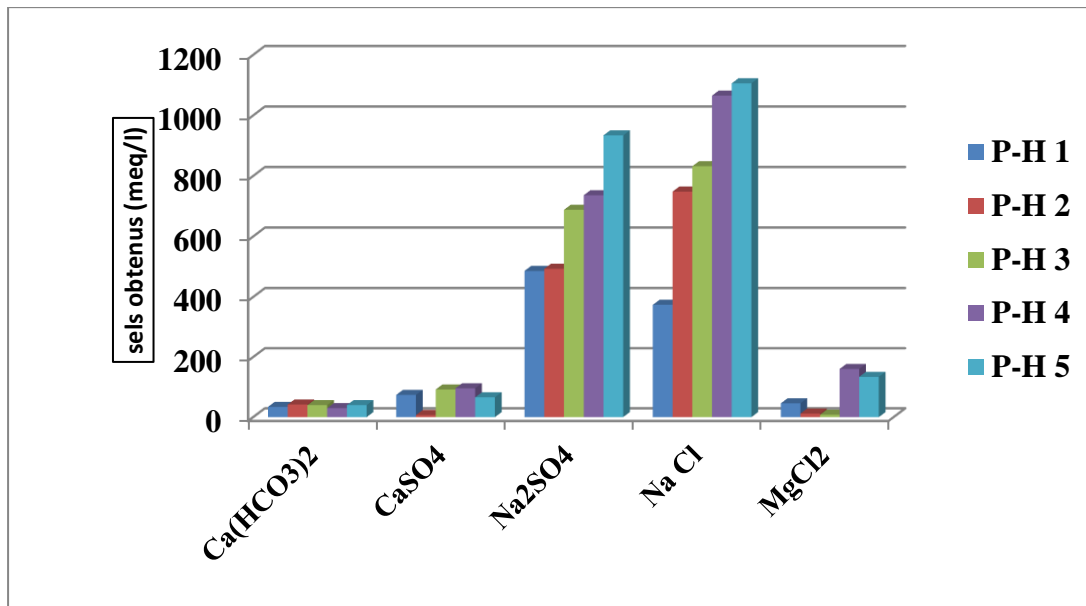
Il est observé un taux très élevé de Na Cl 51% il est suivi de sel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a un pourcentage de 35% .les autres sels enregistrent des proportions négligeables par rapport aux deux sels neutres mentionné avant (Figure26).



**Figure 17** - Pourcentages des sels dans le pseudo-horizon 5

Comme les pseudo-horizons précédents nous observons que le Na Cl présente le pourcentage le plus élevé et suivi par le sel Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> puis les autres sels avec un faible pourcentage 11 % (Figure 27).

**IV.2.1. Répartition des sels dans les pseudo-horizons 1 à 5**



**Figure 28** - Répartition des sels dans les pseudo-horizons

La formation des sels est directement liée à concentrations obtenues, cela est confirmé par la distribution des sels par la présence majoritaire des sels ; Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> formés .Elle augmenté à partir des pseudo-horizons 1 jusqu'à 5 (Figure 28).

**Conclusion**

Cette étude relative à la formation des sels montre incontestablement une relation étroite avec la composition ionique de la solution du sol, elle influence également sur le plan quantitatif ces sels formés (confirmation d'ailleurs par le faciès chimique des différentes pseudo-horizons).

Nous pouvons classer les sels formés au niveau de ce sol selon leur importance en concentration ; le chlorure et le sulfate de sodium et l'hydrogénocarbonate et en fin le chlorure de magnésium à une proportion très faible.

D'après nos résultats obtenus sur le site d'étude nous avons relevé le fait de la dominance accrue des sels de la série neutre à savoir le Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Cette constatation est semblable aux résultats obtenus dans les travaux antérieurs cités dans la bibliographie.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Le travail que nous avons mené sur la salinité dans les sols nus de la cuvette de Ouargla, en saison hivernale et sous l'influence de la nappe phréatique excessivement salée, les résultats ont montré plusieurs caractères spécifiques à cette région.

Après avoir étudié la salinité de sol de la cuvette d'Ouargla à travers la recherche bibliographique et les analyses des sols et d'eau nous avons observé que les sols nus sont caractérisés par l'accumulation et la concentration élevées des sels dans la surface.

Les sols nus de la cuvette d'Ouargla ont affiché les caractéristiques suivantes

- sont en majorité à texture sableuse, sont très salés à extrêmement salés signalés par les valeurs très élevés de la CE.
- Ils mettent en évidence la présence de quantités très importantes de sels, essentiellement les sulfates et les chlorures de sodium.
- Très faible représentation organique avec un pH qui tend vers la voie saline neutre.
- les conductivités électriques et les résidus secs de sol et de l'eau montrent clairement une synergie de parcours.
- Les C.E et les résidus secs de l'eau et du sol montrent clairement une synergie au niveau du sol contrairement à celle de l'eau.

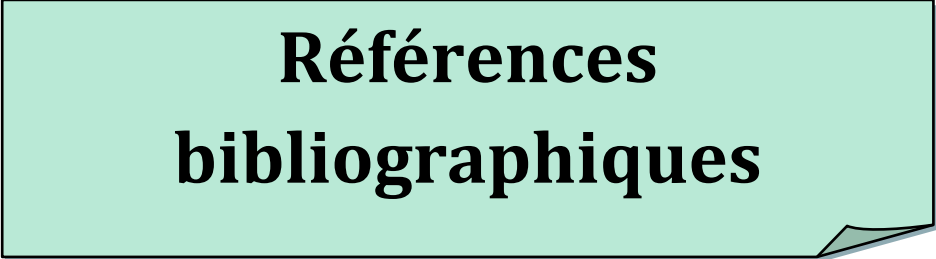
Les pourcentages de gypse indiquent une supériorité nette par rapport au calcaire. Les principaux résultats montrent que le sol en question a subi une accumulation saline superficielle caractérisée dans les cinq stations.

Les concentrations affichées par les ions indiquent remarquablement un déséquilibre parmi les cations au profit du sodium et parmi les anions en faveur du chlore secondé du sulfate dans les pseudo-horizons étudiés. Cela est matérialisé par une présence majoritaire des sels neutres formés, soit les Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Les autres sels mis en évidence en l'occurrence le Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, le CaSO<sub>4</sub>, et le MgCl<sub>2</sub> se présentent avec des concentrations moins marquées.

L'approche topo séquentielle indique clairement un sens d'écoulement de la nappe phréatique (Sud-Nord), défini en cela, par l'augmentation de la salinité des sols suivant le même sens des eaux phréatiques. Cette configuration se confirme par les valeurs de la conductivité électrique du couple sol-eau à partir du premier

pseudo-horizon de la zone d'étude vers le cinquième pseudo-horizon successivement 30.4 dS/m à l'amont jusqu' à 79.20 dS/m à l'aval.

D'après les résultats obtenus sur le site d'étude nous avons relevé le fait de la dominance accrue des sels de la série neutre à savoir le Na Cl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Cette constatation est semblable aux résultats obtenus dans les travaux antérieurs cités dans la bibliographie.



**Références  
bibliographiques**

**Références bibliographiques**

- ABBAS A., KHAN S., HUSSAIN N., HANJRA M. A., et AKBAR S., 2011** - Physics and Chemistry of the Earth, vol. 55-57, pp 43-52.
- ABBANI B., ABDE-LALIY., 2005** - Contribution à l'étude de la qualité des eaux phréatiques sur l'état de dégradation de la palmeraie de la cuvette de Ouargla, Mém. Ing, Univ, Ouargla, 7p.
- AUBERT G., 1978** - Méthode d'analyse des sols .Ed. C.R.D.P., Marseille, 189p.
- AUBERT G., 1975** - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A. Alger, 6(1), pp.185-195.
- AUMASSIP G. DAGORNE A. ESTORGES P. LEFEVRE-WITIER Ph. MAHROUR F. NESSON C. ROUVILLOIS BRIGOL M. TRECALLE G., 1972.** - Aperçu sur un paysage quaternaire et le peuplement de la région de Ouargla. *Ed. Libyca*, t xx, pp. 205-257.
- BAIZE D., 1988** - Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression présentation-interprétation).Ed. INRA, paris, 172p.
- BARZANJI A.F., 1973** - Gypsiferous soils of Iraq. Ph.D. Thesis, University of Ghent,Belgium. 199 p.
- BAZILEVICH N.I. and PANKOVA, E.I., 1968** - A tentative of classifying soils according to salinization. *Pachvavedena*, 11: 3-16.
- BELLAOUEUR A. ,2008** - Étude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Sahara nord-est septentrional - Algérie) .mémoire de majester , université de Batna., 147p.
- BERRABAH F., 2009** - Recensement des sels sur les différents horizons, mode de leurs formations - Cas d'un sol nu et d'un sol cultivé dans la région d'Ouargla. Mém., Ing., Univ., Ouargla, 89p.
- BERKAL I., 2016** - Dynamique spatiotemporelle de la salinité de sols sableux irrigués en milieu aride.Application à une palmeraie de la cuvette de Ouargla en Algérie.*Thèse de doctorat en sciences agronomiques, École nationale supérieure agronomique (Ensa, Alger), 170p.*
- BOUTELLI M<sup>ed</sup> .H. et HADJ SEYD A.,2014** - Etude de la Minéralisation et de la Granulométrie des Sols de la Sebka de Ouargla. *Journal of Advanced Research in Science and Technology* ,pp.78-87.



- CALVET R., 2003** - Le sol propriétés et fonctions. Tome 1. Constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Edit. France Agricole. 455p
- DADDI BOUHOUN M., 2010** - Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud est algérien). *Thèse doctorat en science écophysologie végétale, université badji mokhtar Annaba, 365p.*
- DADDI BOUHOUN M., BRINIS L., 2006** - Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. *J. Alg. Rég. Arides*, Numéro spécial : 17-20.
- DAOUD Y., HALITIM A., 1994** - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 3,151-160.
- DJIDEL M., 2008** - Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrional, Algérie) *Mém. Mag, Univ. Annaba, Algérie, 165p.*
- DUBIEF J., 1953** - Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed. Service des études scientifique, Alger, 457 p.
- DURAND J.H. ,1983** - Les sols irrigables. Etude pédologique. *Presse Univ. de France,339p.*
- DUTIL P., 1971** - Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse Doct. Sci. Naturelles, Univ. Strasbourg, Strasbourg, 346 p.
- GAUCHER G. BURDIN S., 1974** - Géologie, géomorphologie et hydrogéologie des terrains salés. *Presses universitaires de France, 230 p.*
- HADJADJ S, 2009** - Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur des marqueurs biochimiques (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus L. et d'Atriplex canescens (Pursh) Nutt.* *Mém. Ing. Univ, Ouargla, 100 p.*
- HALILAT M.T, 1993** - Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété adura) en zone saharienne (région de OGX). Thèse Magister, Univ. Batna, 130p.
- HAMDI-AÏSSA B., 2000** - Evaluation de l'état de surface de la cuvette d'Ouargla par les images satellites. *Revue SECHERESSE, 12 p.*
- HAMDI-AÏSSA B., Girard M.C., 2000** - Apport des données satellitales pour l'évaluation de l'impact sur l'environnement du risque salinisation dans l'écosystème désertique (cuvette de Ouargla, Algérie), 06 p.

- HAMDI-AÏSSA B., 2001** - Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord-Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 283p.
- HAMMOU A. A., 2014** - Géochimie des eaux de la nappe superficielle de la basse vallée de l'oued M'ya (Algérie). Mémoire master. Université Kasdi Merbah Ouargla, pp. 50.
- HULLIN M., 1983** - Cours de drainage, partie consacrée aux sols salés, Cours photocopié, vol, 3, INA, Alger ; 139p.
- IDDER A.H., 2006** - Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla. Mém. Mag. I.N.A. El Harrach, 100p.
- IDDER A.H et al., 2012** - Compartimentation et accumulation estivale des sels neutres dans les aridisols sableux nus de la cuvette d'ouargla (sahara algérien). *Lebanese Science Journal, Vol. 15, No. 1, 2014. p.p 41-50*
- IDDER A.H.et al., 2014** - La Conséquence des interactions sol-eau sur la salinisation des Aridisols nus (cas de la cuvette de Ouargla / Sahara algérien). *Association marocaine pour l'étude du quaternaire(AMEQ). Actes RQM6 (Actes de la sixième Rencontre des Quaternaristes Marocains),2014, pp.101- 106*
- IDDER A.H., 2015** - Le manuel pratique des manipulations chimiques au laboratoire : illustrations et modes opératoires pédologiques. *Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté SNV, Département des sciences agronomiques, 196p.*
- IDDER A.H. et al. , 2016** - Intrusion minérale par modélisation géochimique dans les textures sableuses des sols. Le cas du Sahara septentrional algérien. *J. Mater. Environ. Sci. 7 (10) (2016) 3724-3729, ISSN : 2028-2508, CODEN: JMESCN. RQM8\_Nador. p.p 3724-3729*
- IDDER A.H., 2020** - Approche géochimique a la prédiction de la Salure des sols nus en conditions arides. *Thèse. Doctorat., Univ. Ouargla, Algérie, 156p.*
- IDDER T. et al., 2014** - Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité. L'exemple de l'oasis de Ouargla. *Revue des sciences de l'eau. Volume 27, numéro 2, 2014. ISSN : 1718-8598 Revue des Sciences de l'Eau 27(2) (2014) p.p155-164*
- KHADRAOUI A., 2005** - Eaux et sols en Algérie: gestion et impact sur l'environnement. Recueil de communications, Ouargla, 391p.

- KHADRAOUI A.,TALEB S., 2008** - Qualité des eaux dans le Sud Algérien: Potabilité- Pollution et Impact sur le milieu, 358p Edition Khyam; 2008.
- KOUZMINE Y., 2003.** L'espace saharien algérien, Dynamiques démographiques et migratoires.
- LALLEMAND-BARRÈS A ., 1980** - Aménagement des sols salés, irrigation avec des eaux salées .42 p.
- MARLET S., JOB J.O., 2006** - Processus et gestion de la salinité des sols. *In : Tiercelin, J.R.Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. ISBN-13: 978-2743009106.28p.*
- MONTOROI J.P.,1993** - Cours les sols salés. *Université de PARISXII.*
- MONTOROI J.P. ,2018** - Sel pédologique : une menace pour les sols agricoles. *Géosciences*, 22, p. 42-51.
- NEZLI I.E., 2004** - Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'oued M'ya (Ouargla). *Hydrogéologie Université Badji Mokhtar Annaba*, p. 152.
- NEZLI I .E., 2009** - Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la asse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla), mémoire de doctorat, Univ, Biskra, 111p.
- Noomene H., 2011.** Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de Kalaat Landelous en Tunisie: Cas d'une parcelle de courge. *Mastère de recherche en environnement. Faculté des lettres, des arts et des humanités Manouba, Tunisi.*
- NIBOUA Y., 2010** - Étude comparative de la salinité dans trois situations agricoles différentes .Application à la palmeraie de l'université de Ouargla. *Mém. Ing. Univ., Ouargla,66p.*
- ONM., 2012** - Données climatiques de la région de ouargla.
- OMEIRI N. 1994** - Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette de Ouargla. *Mémoire d'ingénieur en agronomie saharienne, ITAS,Ouargla. 98p.*
- ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975** - *Le pays de Ouargla.Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique.* Thèse de Doctorat, Univ. Paris-Sorbonne,France, 389 p

- SADIKI M., MARKHI A., ELBELRHITI H., et MRABET S., 2016** - Cartographie De La Salinite A La Surface Du Sol Dans Une Zone Du Prerif. Cas De La Région De L'ouergha. *European Scientific Journal*, 12(3).
- SAIS A., 2006** - Impact de la situation topographique sur la salinisation du sol et le changement floristique (cuvette de Ouargla). Mém. Ing, Univ, Ouargla, 85p.
- SIMOUNNEAU P., AUBERT G., 1963** - L'utilisation des eaux salées au Sahara”, Ann. Agr. O.R.S.T.O.M, Ser.Péd., 14(5), pp 859-872.
- SLIMANI A., 2012** - Contributions au recensement et à la compartimentation des sels de la série neutre sur les horizons supérieurs des sols naturels de la cuvette de Ouargla. Mém. Ing. Univ, Ouargla, 56 p.
- TESSIER M., 1965** - Les crues d'oued au Sahara Algérien de 1950 à 1961. Bull. Inst. Rech.Saha., Alger, Tome XXIV : 1-7.
- VILLE L., 1872** - Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et la région des steppes de la province d'Alger. Impr. Natio., Paris, 540 p. Laboratory, U.S. Dept. Agr., Handbook, 60 , Washington, 160 p.
- YOUCEF F., 2016** - Contribution à la reconstitution du paléo environnement dans les sols du Sahara septentrional. Cas des Sebkhass de Ouargla. *Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Université de Ouargla, Algérie, 167p.*

# **Annexes**

**Annexes**

**Annexe 1: Salinité du sol (extrait aqueux 1/5) (AUBERT, 1978)**

<b>CE (ds/m) à 25°C</b>	<b>Degrés de salinité</b>
CE < 0,6	Sol non salé
0,6 < CE < 1,2	Sol peu salé
1,2 < CE < 2,4	Sol salé
2,4 < CE < 6	Sol très salé
CE > 6	Sol extrêmement salé

**Annexe 2 : pH du sol (extrait aqueux 1/5) (GAUCHER, 1968)**

<b>pH</b>	<b>Sol</b>
6,75 < pH ≤ 7,25	Neutre
7,25 < pH ≤ 8,5	Alcalin
pH > 8,5	Très alcalin

**Annexe 3 : Calcaire total (BAIZE, 1988)**

<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Sol</b>
CaCO <sub>3</sub> ≤ 1	Non calcaire
1 < CaCO <sub>3</sub> ≤ 5	Peu Calcaire
5 < CaCO <sub>3</sub> ≤ 25	Modérément calcaire
25 < CaCO <sub>3</sub> ≤ 50	Fortement calcaire
50 < CaCO <sub>3</sub> ≤ 80	Très calcaire
CaCO <sub>3</sub> > 80	Excessivement calcaire

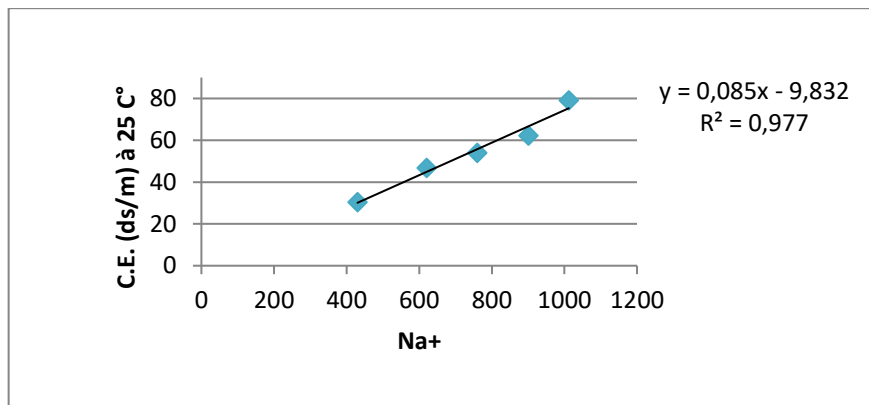
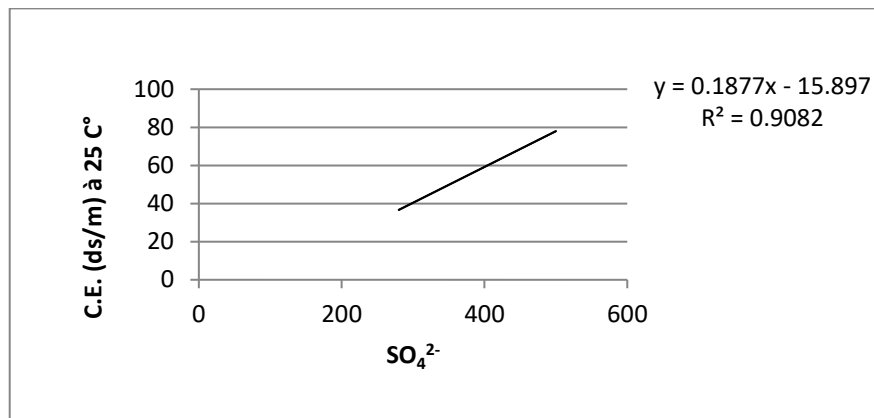
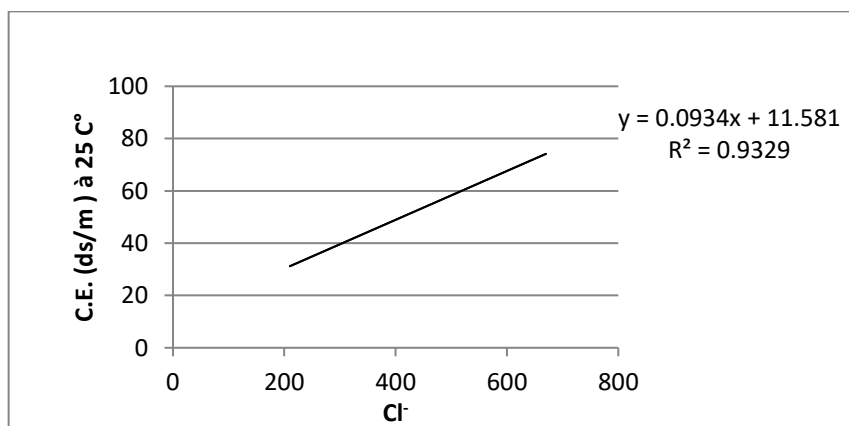
**Annexe 4: Classe des sols gypseux (BARZANJI, 1973)**

<b>Gypse (%)</b>	<b>Nom de la classe</b>
<0,3	Non gypseux
0,3-10	Légèrement gypseux
10-15	Modérément gypseux
15-25	Fortement gypseux
25-50	Extrêmement gypseux

**Annexe 5: Matière organique (BAIZE, 1988)**

<b>M.O. (%)</b>	<b>Sol</b>
$M.O \leq 1$	Très pauvre
$1 < M.O \leq 2$	Pauvre
$2 < M.O \leq 4$	Moyenne
$M.O > 4$	Riche

## Annexe 6 : Corrélation ionique

Figure 1 – Régression linéaire entre la C.E et le  $Na^+$ Figure 2 – Régression linéaire entre la C.E et le  $SO_4^{2-}$ Figure 3 – Régression linéaire entre la C.E et le  $Cl^-$



Annexe 7 : Pourcentages des ions des pseudo-horizons

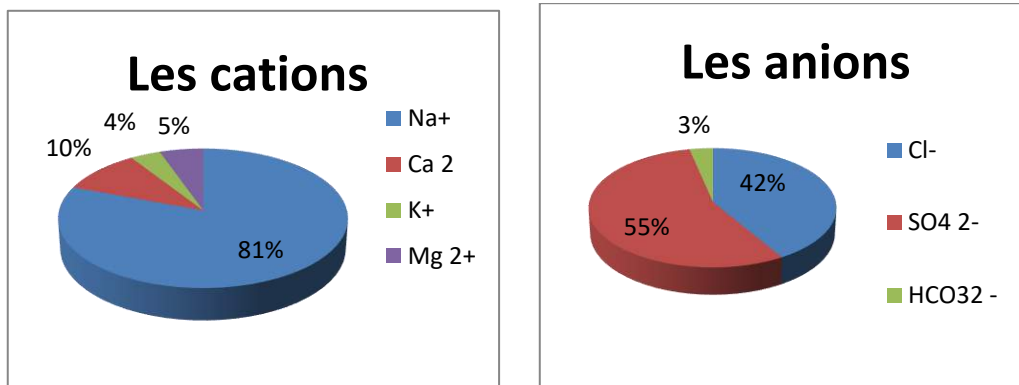


Figure 4– Pourcentages des ions du pseudo-horizon 1

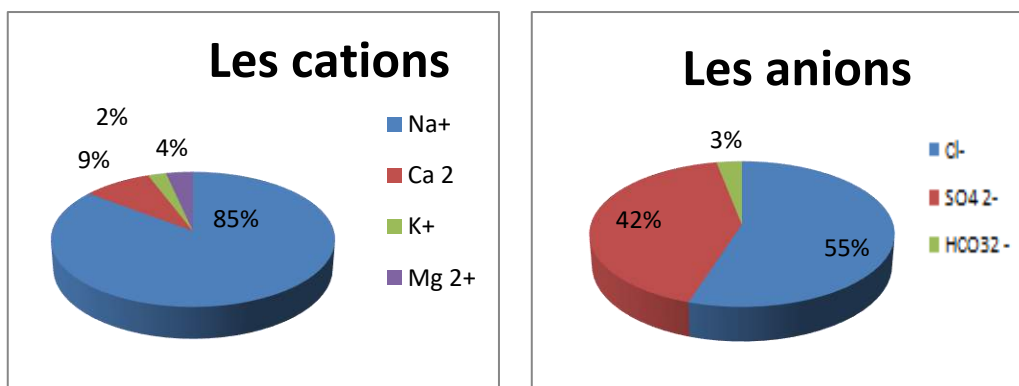


Figure 5– Pourcentages des ions du pseudo-horizon 2

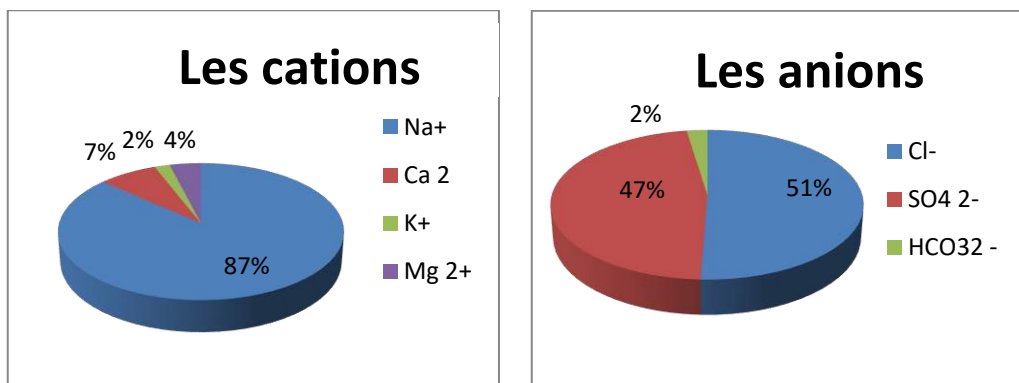


Figure 6– Pourcentages des ions du pseudo-horizon 3

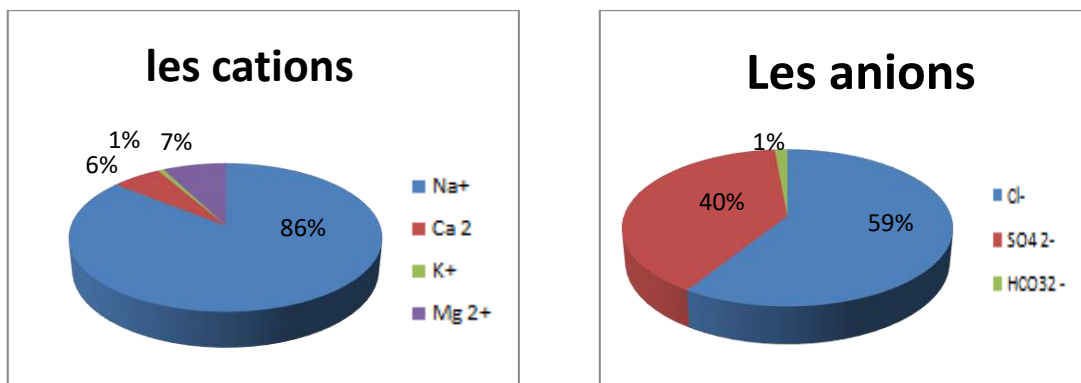


Figure 7– Pourcentages des ions du pseudo-horizon 4

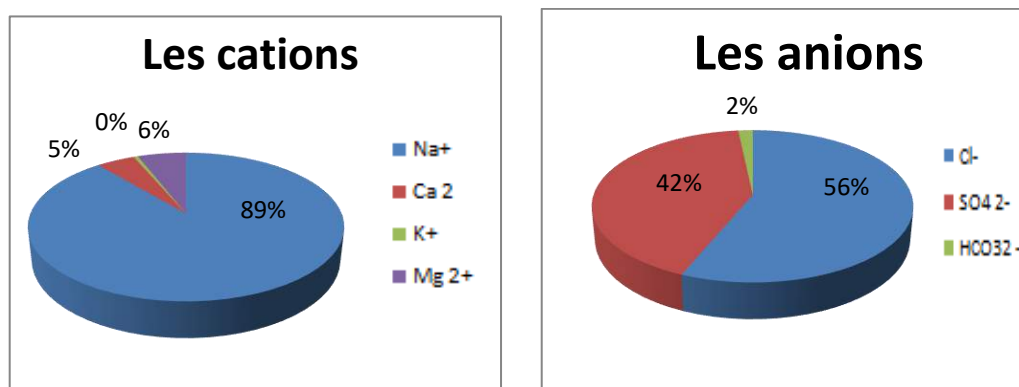


Figure 8– Pourcentages des ions du pseudo-horizon 5

## Résumé

Ce travail s'est intéressé sur la salinité des horizons superficiels dans les sols nus de la cuvette de Ouargla, en saison hivernale et sous l'influence de la nappe phréatique excessivement salée. La progression de la salinité des pseudo-horizons étudiés a suivi le sens d'écoulement des eaux phréatiques soit (sud-nord). La texture du sol étant sableuse avec des conductivités électriques minimale et maximale (30.4 ds /m à 79,20 dS/m).

Ces pseudo-horizons sont soumis à deux agissements principaux : la nappe superficielle à faible profondeur à la base et les variations saisonnières hivernales en surface.

A partir des échantillons des sols examinés, les principaux résultats indiquent une supériorité remarquable des ions Chlore, Sulfate et Sodium. Cela se confirme par la présence majoritaire des sels neutres Na Cl, 49% et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 39%. La salinité de ces sels observée par une augmentation des concentrations selon le sens d'écoulement de nappe phréatique.

**Mots clés :** Salinité, Sol nu, Nappe phréatique, Cuvette de Ouargla

## ملخص

اهتم هذا العمل بملوحة الافاق السطحية في التربة العارية على مستوى منطقة ورقلة (حوض ورقلة) ، في فصل الشتاء . تحت تأثير المياه الجوفية شديدة الملوحة تدرجات ملوحة (جنوب - شمال). قوام التربة رملي مع الحد الأدنى والأقصى من الناقلية الكهربائية (30.4 دس/م إلى 79.20 دس / م).

هذه التربة تخضع لعاملين أساسيين : منسوب مياه الضحلة عند القاعدة والتغيرات الموسمية الشتوية على السطح . من خلال العينات المختبرة في هذه التربة تشير النتائج أنه هناك أكثرية لشوارد الكلور , الصلفات والصوديوم وهذا يؤكد وجود الغالب للأملاح المتشكلة المعتدلة 49%NaCl , 39% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> . وتتميز هذه الأملاح بزيادة التركيزات على حسب اتجاه تدفق المياه الجوفية (جنوب - شمال).

الكلمات الدالة: الملوحة , تربة عارية, الطبقة الفرياتيكية, حوض ورقلة.

## Summary

This work was interested in the salinity of the superficial horizons in the bare soils of the Ouargla bowl, in the winter season and under the influence of the excessively saline water table.

The progressions of the salinity of the pseudo-horizons studied followed the direction of groundwater (South-North). The soil texture is sandy with minimum and maximum electrical conductivities (30.4 dS / m to 79.20 dS /m).

This soil is These pseudo-horizons are subject to two main factors: the shallow water table at the base and to winter seasonal variations at the surface.

From samples of the examined soils, the main results indicate a remarkable superiority of the Chlorine, Sulfate and Sodium ions.

This is confirmed by the predominant presence of neutral salts Na Cl, 49% and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 39%, these salinity of these salts observed by an increase in concentrations according to the direction of flow of the water table (South-North).

**Key words:** salinity, bare soil, groundwater, Ouargla bowl.