

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et l'Environnement

Présente par : HOUCHE Radia & GHERBI Zohra

Thème

**Caractérisation pédologique des sols de la station
De STEP (Said-Otba Ouargla).**

Soutenu publiquement

Le 16/06/2013

Devant le jury :

M. HAMDI AISSA Belhadj	Professeur	Président	UKM Ouargla
M. IDDER M^{ed} Abd Elhak	M.A.A	Encadreur	UKM Ouargla
M. BERKAL Ismail	M.A.A	Co-encadreur	UKM Ouargla
M. DJILI Brahim	M.A.A	Examineur	UKM Ouargla
M. OURAHMOUN Hakim	Ingénieur	Invité	ONA Ouargla

Année universitaire : 2012/2013

Remerciement



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

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

*Nous remercions Mr **BERKAL.I.** co-promoteur pour ses conseils.*

*Nous remercions Mr **HAMDIAISSA.B.** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance*

*Nos remerciements s'adressent également à tous les membres de jury, à Mr **DJILLI.I.** et Mr **OURAHMOUN.***

Nos remerciements vont également à tous les travailleurs

*De l'**ONA** surtout à Mr **Idder Tahar** pour s'être accompagné sur le terrain et les facilités qu'ils nous ont données pour acquérir les données nécessaires à la réalisation de ce travail.*

Nous remercions tous les travailleurs de laboratoire pédagogique de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers sans exception.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin.

DEDICACE

Je rends grâce à dieu et dédie ce modeste travail à tous ce qui sont proches spécialement ;

A ma mère qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue ainsi

A mon père qui m'a offre tout ce que je besoin toute au long de mes études

A toute ma famille.

A mes sœurs : Djidji, Wahiba, Fatiha

A mes frères : Farid, Mustapha

A mes amis intimes : Zohra, Om alkhier,

Asma, samira, amina.

A tout mes amis (es) sans exception.

RADIA

DEDICACE

D'abord je remercie Allah

A ceux qui m'ont particulièrement encouragé et motivé au cours de ces longues années d'études :

Avec grand plaisir je dédie le fruit de mes études aux deux être les plus chers au monde

Ma mère et mon père

A mes très chers frère : Moh, Meftah, Messoud

Ames très chers sœurs : Mimi, Hayat, Soumia, Houria et son mari et leur enfant

Nacira et son mari et leur enfant

Fairouz et son mari et leur enfant

A toute ma famille

A mes proche amies : Karim, Radia, Omo, Asma, Fatima, Karima, Monira, Djabaria, et Aziz

A tout mes amies sans exception

ZOHRÀ

Table des matières

Introduction générale	01
Chapitre I : présentation de la région d'étude	
I. Présentation de la région d'étude	03
I.1. Situation géographique de la région d'étude	03
I.2. Facteurs physique de la région	04
I.2.1. Géologie de la région	04
I.2.2. Géomorphologie de la région	04
I.2.2.1. Plateau de la région	04
I.2.2.2. Les glacis	04
I.2.2.3. Chott et Sebkha	04
I.2.2.4. Dunes de sables	05
I.2.3. Pédologie de la région	05
I.2.4. Hydrogéologie de la région	07
I.2.5. Caractéristiques climatiques	09
I.2.5.1. Température	09
I.2.5.2. Pluviosité	10
I.2.5.3. Humidité relative	10
I.2.5.4. Insolation	10
I.2.5.5. Evaporation	10
I.2.5.6. Vents	10
I.3. Synthèse climatique	11
I.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	11
I.3.2. Climagramme d'EMBERGER	12
Conclusion	13
Chapitre II : Généralité sur les sols sahariens	
II.1. Salinité et sol salé	14
II.1.1. Définition	14
II.1.2. Répartition des sols salés	14
II.1.2.1. Dans le monde	14
II.1.2.2. En Algérie	14
II.1.2.3. Caractéristiques des sols sahariens en Algérie	14
II.2. Profil salin pour les sols nus salés	15
II.2.1. Le type A	15
II.2.2. Le type B	16
II.2.3. Le type D	16
II.2.4. Le type C	16
II.3. Généralité sur les sols nus salés	16
II.3.1. Action des accumulations salines dans le sol nu	16
II.3.2. Horizon d'accumulation des chlorures	16
II.3.3. Horizon d'accumulation du gypse	16

II.3.4. Sol salin sous sol nu ou de taches salées	17
II.4.Nappe phréatique	17
II.4.1.Remonté des eaux phréatiques	17
II.5.Les sels solubles	18
II.5.1.Définition des sels solubles	18
II.5.2.Les principaux sels solubles	18
II.6. Synthèses bibliographiques des travaux antérieurs sur la salinité	19
Conclusion	22
Chapitre III : Matériels et méthodes	
Chapitre I : Matériels	23
I.1. Choix de site expérimental	23
I.2.Présentation de site expérimentale	24
I.3.Matériel utilisé	25
I.3.1.Sur terrain	25
I.3.2.Au laboratoire	25
I.4. Méthode utilisé	26
I.4.1.Echantillonnage du sol	26
I.4.2.Les analyses au laboratoire	27
I.4.2.1.Analyses physiques	27
I.4.2.1.1.Granulométrie	27
I.4.2.2.Analyses physico- chimiques	27
I.4.2.2.1.pH	27
I.4.2.2.2.Conductivité Electrique (C.E.)	28
I.4.2 .3.Analyses chimiques	28
I.4.2.3.1.Dosage des anions	28
A. Carbonate et Bicarbonate	28
B.Chlorure	28
C.Sulfates	28
I.4.2.3.2.Dosage des cations	28
A. Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	28
B.Magnésium (Mg ²⁺)	28
I.4.2.3.3.Gypse	29
I.4.2.3.4.Calcaire total	29
I.5.Méthodologie d'obtention des sels	29
I.5.1.Hypothèse de la formation des sels	29
I.5.1.1.Bicarbonates	29
I.5.1.2.Sulfates	29
I.5.1.3.Chlorures	29

Chapitre IV : Résultats et discussions	
IV.1.Caractérisation morphologique et analytique du sol	31
IV.1.1.Caractérisation morphologique et analytique du profil 01	31
IV.1.2.Caractérisation morphologique et analytique du profil 02	34
IV.2.Répartition ionique des horizons 1, 2, 3 du profil 01	37
IV.3.Répartition ionique des horizons 1, 2, 3 du profil 02	40
IV.4.Répartition des ions dans les horizons 1, 2, 3 des deux profils	43
IV.5.Typologie des sels et leurs répartitions	45
IV.5.1.Typologie et formation des sels	45
IV.5.2. Répartition des sels dans les profils étudiés	46
IV.6.Corrélation ionique	50
Conclusion	51
Conclusion générale	53
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre des tableaux	N° de page
01	Donnée climatique de la station d'ouargla, de période 2002-2012	11
02	Caractérisation du terrain nu (profil 01)	33
03	Caractérisation du terrain nu (profil 02)	36
04	Répartition des sels des horizons de profil 01	46
05	Répartition des sels des horizons de profil 02	48
06	Comparaisons entre les résultats obtenus sur notre site d'étude et les résultats obtenus par ailleurs	52

Liste des figures

N° de figure	Titre des figures	N° de page
01	Position géographique de la région de Ouargla (ONA, 2009)	03
02	Coupe géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette d'Ouargla (d'après Lelievre, 1969 in ANRH, 2011)	05
03	Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT), (UNESCO, 1972)	08
04	Diagramme ombrothèrmique de GUSSEN de la région pendant la période (2002-2012)	12
05	Climagramme d'EMBERGER de la région d'Ouargla	13
06	Situation géographique de la STEP de SAID OTBA (Ouargla)	23
07	Choix de site expérimental STEP	24
08	Présentation de site expérimentale	25
09	Photos de profil pédologique 1 et 2	27
10	Photo descriptive de profil 01	32
11	Photo descriptive de profil 02	35
12	Concentration des ions dans l'horizon 1 de profil 1	37
13	Concentration des ions dans l'horizon 2 de profil 1	38
14	Concentration des ions dans l'horizon 3 de profil 1	39
15	Concentration des ions dans l'horizon 1 de profil 2	40
16	Concentration des ions dans l'horizon 2 de profil 2	41
17	Concentration des ions dans l'horizon 3 de profil 2	42
18	Répartition des ions dans les horizons 1,2, 3 des deux profils	43
19	Variation de la CE de deux profils selon la profondeur	43
20	Pourcentage des sels dans l'horizon 1de profil 1	46
21	Pourcentage des sels dans l'horizon 2de profil 1	47
22	Pourcentage des sels dans l'horizon 3de profil 1	48
23	Pourcentage des sels dans l'horizon 1de profil 2	49
24	Pourcentage des sels dans l'horizon 2de profil 2	49
25	Pourcentage des sels dans l'horizon 3de profil 2	50
26	Corrélation entre la CE et Na ⁺ (profil1)	50
27	Corrélation entre la CE et Na ⁺ (profil2)	50
28	Corrélation entre la CE et Cl ⁻ (profil1)	51
29	Corrélation entre la CE et Cl ⁻ (profil2)	51
30	Corrélation entre la CE et SO ₄ ⁻ (profil1)	51
31	Corrélation entre la CE et SO ₄ ⁻ (profil2)	51

Liste des abréviations

ANRH	Agence National des Ressources Hydriques
ONM	Office National de Météorologie
CE	Conductivité électrique
SAR	Sodium Adsorption Ratio
STEP	Station de traitement des Eaux Polluées
pH	Potentiel d'Hydrogène
PIH1	Profil- Horizon
ONA	Office National d'Assainissement
TM	Température Moyenne Maximale
Tm	Température Moyenne Minimale
Tmoy	Température Moyenne
H	Humidité
V	Vitesse du vent
Evap	Evaporation
P	Précipitation
Inso	Insolation



Introduction

Introduction

Dans les régions arides, les sols d'une manière générale posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils présentent souvent des accumulations calcaires ou gypseuses et sont la plupart du temps. Salés et sujet à l'érosion et à une salinisation secondaire (AUBERT, 1960).

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 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).

La modification des propriétés du sol par les sels peut influencer la croissance des plantes et le développement du système racinaire. La réussite des cultures en sols salés ou par irrigations avec des eaux diversement minéralisées dépend d'une part des facteurs physiologiques tels que la résistance des plantes aux sels, et d'autre part, des propriétés des sols modifiées par les taux de sodium ou de magnésium échangeables et par la concentration saline de la solution du sol (SIGALA et al, 1988 in DJAMAI, 1993).

L'objectif de notre travail, consiste à une description et une caractérisation pédologique, qui vise à l'étude morphologique, physique et chimique d'un sol nu d'une région aride le cas de la STEP de SAID OTBA.

Le sol étudié il est caractérisé par deux critères principaux, c'est un sol nu sec, pas de végétation et l'absence d'humidité à cause de la profondeur de la nappe phréatique.

Cette étude comporte quatre parties :

Première partie : synthèse sur la présentation globale de la région d'étude.

Deuxième partie : est réservée à une généralité sur les sols nus sahariens et les travaux antérieurs réalisés sur les problèmes de salinité dans les terrains nus.

Troisième partie : nous présenterons le matériel et les méthodologies de travail.

Quatrième partie : est consacrée à l'interprétation et à la discussion des résultats obtenus en utilisant l'hypothèse de formation des sels.

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



Chapitre I

présentation de la région d'étude

I. Présentation de la région d'étude

Au cours de ce chapitre, nous nous proposons de présenter les principales données que nous avons recueillies et qui concernent le cadre physique de notre région d'étude.

I.1. Situation géographique de la région d'étude

Ouargla est considérée comme l'une des plus grandes oasis du Sahara

Algérienne ; elle occupe le centre d'une cuvette endoréique appelée (cuvette de Ouargla) ; elle se localise dans le lit de L'Oued M'YA, depuis les ruines de SEDRATA ET GARAKRIMA au Sud jusqu'à HASSI EL-KHEFIF au Nord ; dont les coordonnées Géographiques sont les suivantes :

Altitude moyenne : 137 m.

Latitude : 31°57' Nord.

Longitude : 5°20' Est.

-La wilaya de Ouargla est limitée au :

- ✓ Nord par : la wilaya d'EL-OUED.
- ✓ Sud par : la wilaya de TAMANRASSET et ILLIZI.
- ✓ Est par : la TUNISIE.
- ✓ Ouest par : la wilaya de GHARDAIA et la wilaya de DJELFA.

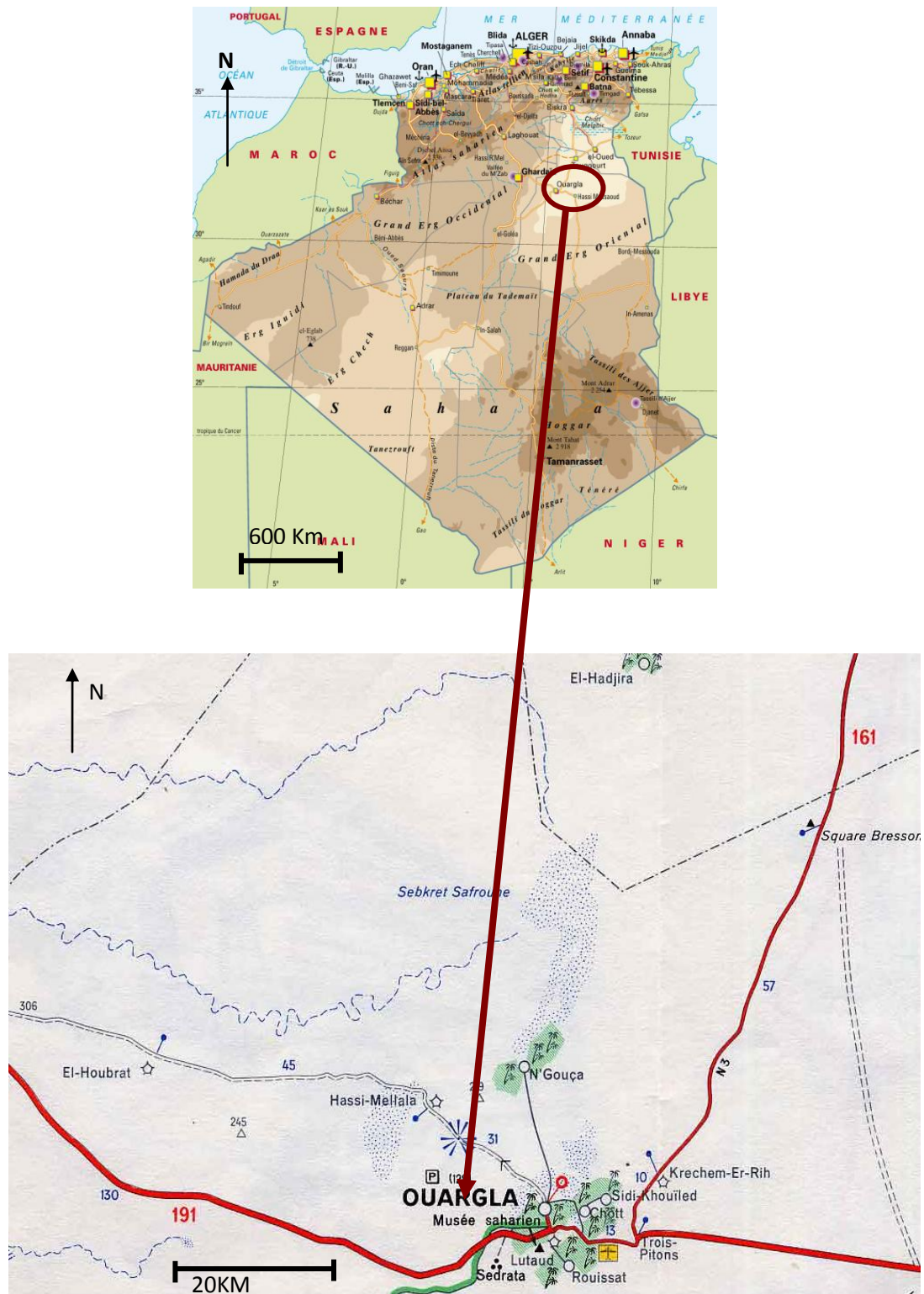


Figure N° 01: position géographique de la région de Ouargla (ONA, 2009).

I.2. Facteurs physiques de la région

I.2.1. Géologie de la région

De point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans les affleurements à travers le territoire de la wilaya, des alluvions actuelles des sebkhas et croutes gypso-salines, des sables éoliens mobiles, des regs et terrasses, des poudingues, des calcaires lacustres, des conglomérats, des calcaires marneux à rognon siliceux, des marnes et en fin des calcaires dolomitique.

I.2.2. Géomorphologie de la région

D'ouest à l'est on distingue quatre ensembles géomorphologiques dans la cuvette (HAMDI AISSA, 2001), on distingue

I.2.2.1. Plateau de la région

À l'ouest la vallée est limitée par le plateau de la hamada pliocène de 200 à 250m d'altitude, il s'abaisse dans le paysage une série de buttes témoins.

I.2.2.2. Les glacis

Le versant Ouest de la cuvette, présente quatre niveaux étages de glacis caractéristiques, le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau en buttes, son altitude s'abaisse de 225 m à l'Ouest jusqu'à 200 m environ à l'est.

Les glacis de 180m et 160m plus visibles se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Miopliocène, le glacié de 160m a été fortement démantelé lors de la formation du dernier glacié de 140m d'altitude environ.

I.2.2.3. Chott et Sebkha

Constituent les niveaux les plus bas du paysage (131 à 103m), le chott qui correspond aux bordures de la Sebkha est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et des sols gypseux à des croûtes gypseuses de surface et de sub-surface, en aval de Ouargla, en direction SSE-NNO, diverses Sebkhas alternant avec les massifs dunaires jusqu'à Sebkha Séfioune.

I.2.2.4. Dunes de sable

Formation éoliennes récentes en petit cordes, d'environ 150m d'altitude, elles occupent l'Est et le Nord-est de Ouargla et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'oued M'ya.

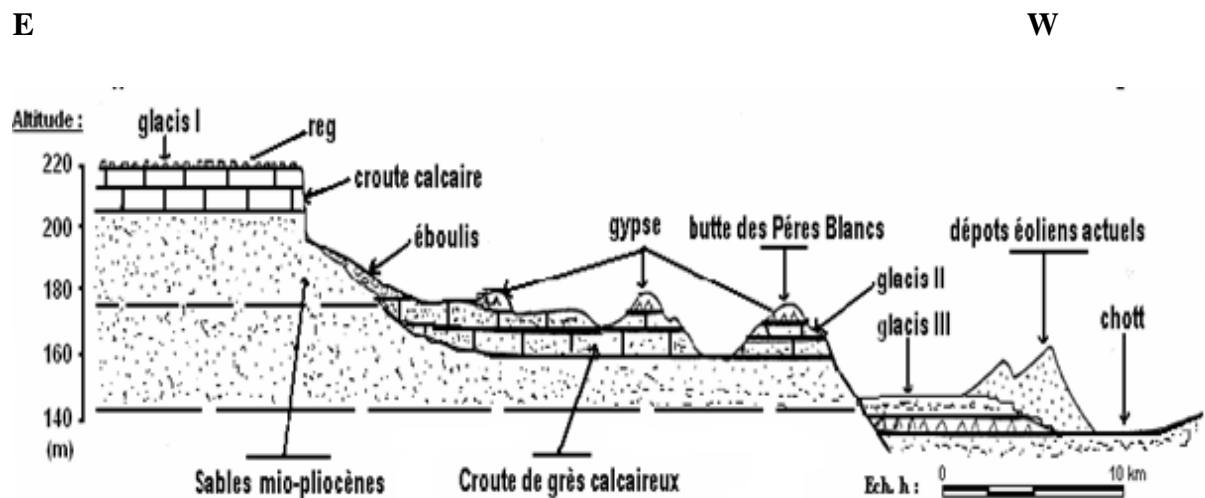


Figure N°02: coupe géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette d'Ouargla (d'après Lelièvre, 1969 in ANRH, 2011).

I.2.3. Pédologie de la région

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes (DUTIL, 1971).

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ses sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible, plus d'autres facteurs qui interviennent dans ce phénomène (DAOUD et HALITIM, 1994).

A travers l'étude réalisée par Hamdi-Aissa (2001), sur les sols de la cuvette d'Ouargla, basée sur des travaux de télédétection et complétée par une étude sur terrain, on peut mettre en évidence une toposéquence type constituée de cinq pédopaysages

- Un plateau à 180-200m d'altitude, caractérisé par une croûte pérocalcique surmontant une croûte pétrogypsiq. Ce pédopaysage est actuellement non fonctionnel à l'exception de transport éolien et d'humectation des premiers centimètres supérieurs lors des rares pluies ;
- Les glacis et le versant Ouest de la cuvette (entre 180 et 150m d'altitude) sont en grande partie recouverts de matériau alluvion-éoliens sans développement pédologique notable (REGOSOLS sableux et/ou à gravier) (AFES-INRA, 1995).

Ces REGOSOLS s'alternent latéralement avec des formations éoliennes (dunes, sebkhas, etc...);

- Les bordures des glacis étagés à 180m, à 160m et à 140m, bien visibles, en partie érodées, se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-pliocène (LITHSOLS) ;
- La cuvette comprend un ensemble légèrement surélevé constituant le pédopaysage gypseux caractéristique du chott situé entre 140 et 135m d'altitude.

Ce pédopaysage est subdivisé en deux sous-systèmes : à croûte gypseuse de surface, actuellement peu ou non fonctionnel gypso-salin, à croûtes gypseuses de sub-surface et croûtes salines de surface, actuellement fonctionnel.

- Le centre de la cuvette (135-130m d'altitude) correspond au pédopaysage salin à croûtes salines de surface

I.2.4. Hydrogéologie d'Ouargla

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, 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).
- ✓ 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 8,34 dS/m d'après NEZLI(2009), 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 200m (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 albienne, elle se situe entre 1100 et 1200 m de profondeur. Elle couvre une superficie de 600,000 Km, le toit est formé par les marnes et les argiles gypsifères du sénonien dont la base se situe entre 1000 m et 1100 m de profondeur, avec écoulement général du Sud vers le Nord, leur faciès chimique généralement (chloruré magnésien).

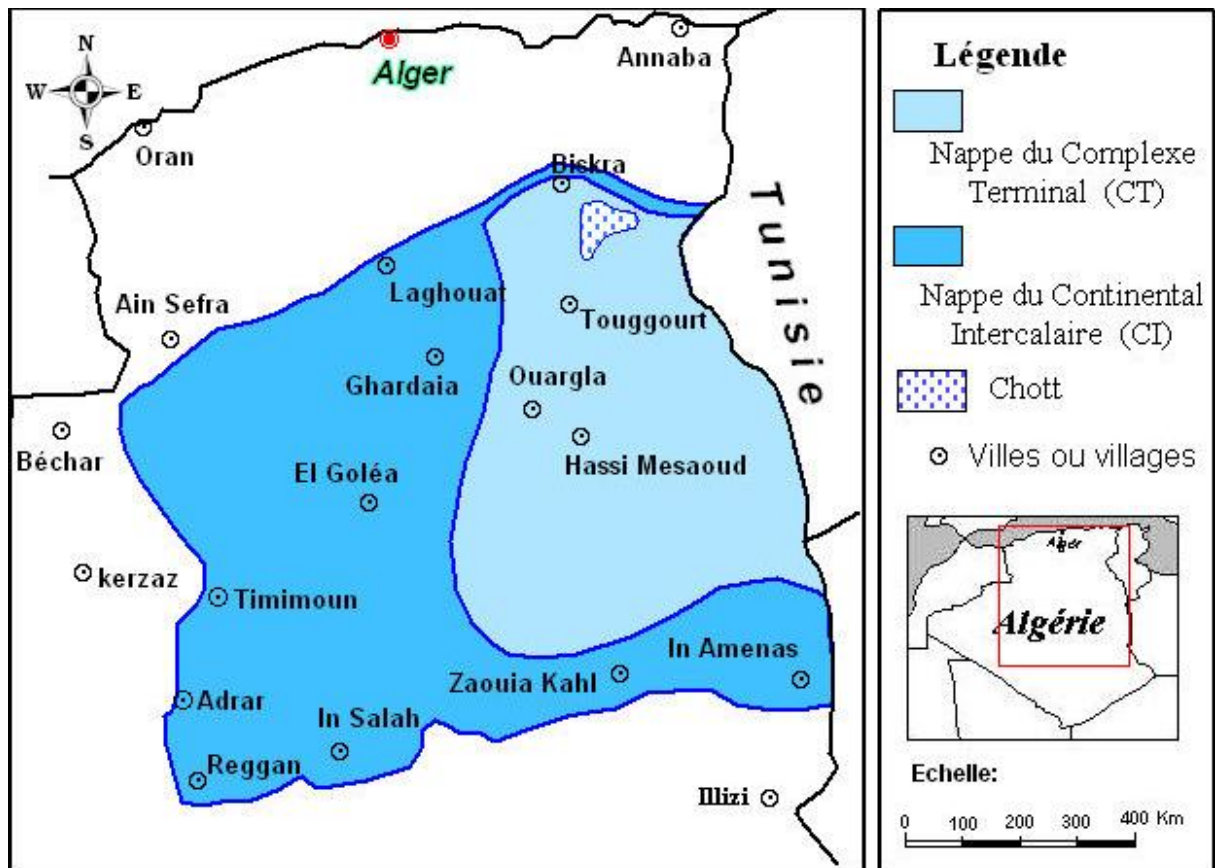


Figure N°03 : Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT), (UNESCO, 1972)

I.2.5. Caractéristiques climatiques

Le climat de la vallée d'Ouargla est un climat désertique chaud de type saharien, caractérisé par des précipitations très peu abondantes et irrégulières, par des températures élevées accusant des amplitudes journalières et annuelles importantes et par une faible humidité relative de l'air.

I.2.5.1. Température

La température moyenne annuelle est de 23,74 C°. Les mois les plus chauds et les plus froids sont, respectivement, celui de Juillet, avec une température moyenne de 36,22 C°, et celui de Janvier avec une température moyenne de 12,07 C°. Mis à part les mois de Décembre et de Janvier qui sont les mois les plus froids de l'année, sur les dix autres mois.

La moyenne des températures minimales moyennes est de 23,31 C° et celle des températures maximales moyennes est de 31,24 C°.

I.2.5.2. Pluviosité

La précipitation est rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace, le mois le plus pluvieux est Janvier avec 15,5 mm, et de quantités très faible (0,31 mm) peuvent être enregistrées pour le mois de Juillet, le cumul moyen des précipitations annuelles sur 10 ans (2002-2012) est de 3,80 mm.

I.2.5.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 42,6 %. Elle diminue au mois de Janvier 59,64 % jusqu'au mois de Juillet 26,55 %, puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 59,41 % au mois de Décembre.

I.2.5.4. Insolation

La durée annuelle moyenne d'insolation est de 270,16 heures par ans, avec un minimum de 213,18 heures par jour au mois de Novembre et un maximum de 327 heures par jour au mois de Juillet.

I.2.5.5. Evaporation

L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 459,49 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 104,56 mm au mois de Décembre, le cumule annuel est de 3239,80 mm.

I.2.5.6. Vents

Les vents sont fréquents Durant toute l'année, avec une moyenne qui varie entre 2,62 et 4,81 m/s, les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-Est/Sud-Ouest (vent chaud sirocco).

Tableau 1 : Données climatiques de la station d'Ouargla, période 2002-2012

	T M (C°)	T m (C°)	T.moy (C°)	H (%)	P (mm)	V (m/s)	Evap (mm)	Ins. (h)
Janvier	19,31	4,77	12,07	59,64	9,345	2,65	116,98	248,7
Février	21,23	6,51	13,79	51,59	1,255	3,08	149,26	239
Mars	25,93	9,85	18,03	44,82	5,664	3,54	217,90	258,8
Avril	30,76	14,67	22,94	37,91	1,527	4,06	280,39	281,9
Mai	35,55	19,43	27,77	33,68	0,636	3,95	353,19	295,27
Juin	39,48	24,46	32,82	28,59	0,573	4,07	410,10	277,8
Juillet	44,11	27,93	36,22	26,55	0,318	3,69	459,45	327
Août	43,80	27,11	35,24	28,09	1,718	3,24	438,21	325,7
Septembre	37,96	22,54	30,35	39,36	3,691	3,02	310,00	267,3
Octobre	32,27	17,05	25,27	45,73	6,127	2,94	253,58	257,9
Novembre	24,67	9,86	17,80	56,00	5,755	2,53	146,17	249,4
Décembre	19,75	5,46	12,67	59,41	1,436	2,34	104,56	213,18
Moyenne/Cumul	31,23	15,80	23,74	59,6364	38,045	2,6545	3239,79	270,16

I.3. Synthèse climatique

Ce volet présenté par le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et de Climagramme d'EMBERGER.

I.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique appliquée pour la région de Ouargla pendant la période (2002-2012), indique que une période sèche s'étale durant toute la période (2002-2012)

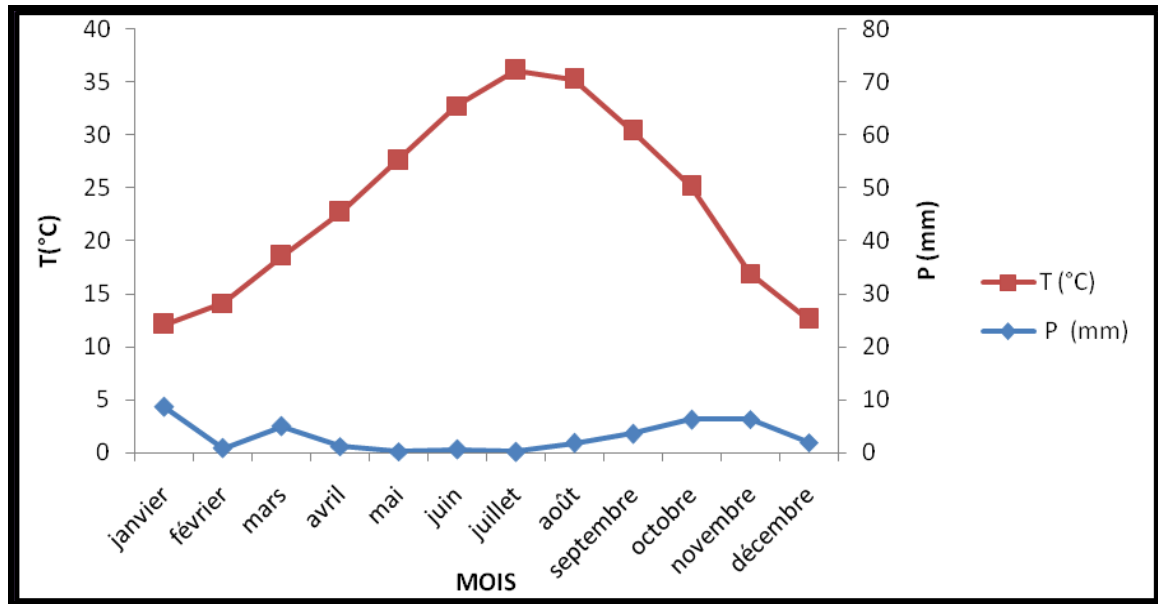


Figure N° 04 : Diagramme Ombrothermique de GUSSEN de la région d'Ouargla pendant la période (2002-2012)

I.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 :

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

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°.

D'après la figure (5), Ouargla se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q3) est de 5,8.

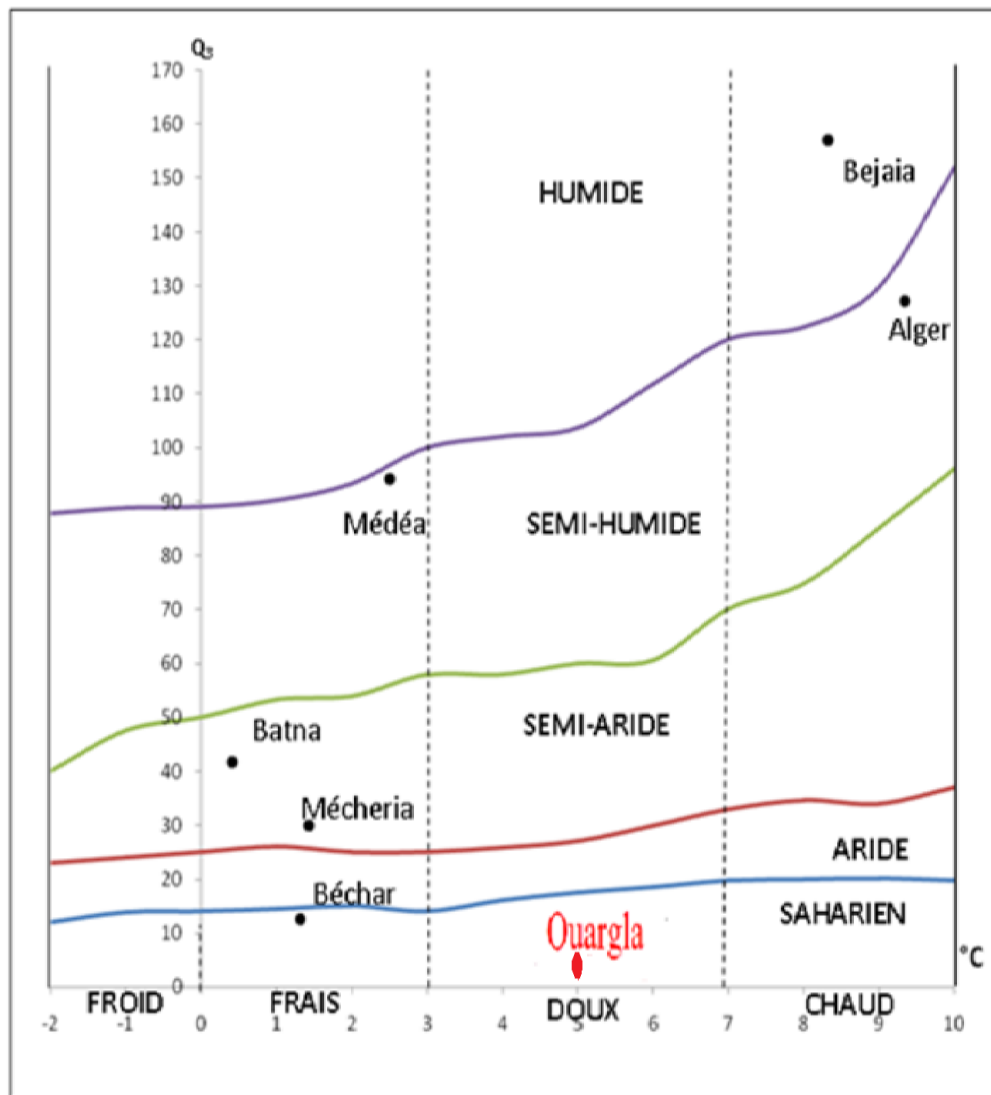


Figure N°05 : Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla

Conclusion

Le climat de la région de Ouargla 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 très 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.



Chapitre II:

Généralité sur les sols Sahariens

II.1.Salinité et sols salés

II.1.1.Définition des sols salés

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de forte quantités de sels solubles-plus solubles que le gypse-ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffuse (BAIZE, 1988).

II.1.2.Répartition des Sols Salés

II.1.2.1.Dans le monde

Les sols salés et sodiques peuvent être rencontrés en des situations proches de la mer et, dans ce cas, leur existence est prévisible : polders, marais littoraux, estuaires

Mais il existe aussi, en milieu continental, en des situations plus inattendues, en relation avec des remontées d'eau chargées en sodium d'origine profonde (trias salifère, eaux thermales). On peut citer deux exemples : vallée de la seille à l'est de Nancy et selins de limagne à proximité de Clermont-Ferrand (BAIZE, 1988).

II.1.2.2.En Algérie

Selon AUBERT (1960) et HALITIM (1988) les sols salins sont très réponsus en Algérie dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Relizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certaines chottes comme chott Melrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla. Leur conductivité électrique est supérieure à 7mmhos/cm, sur l'ensemble du profil et le pourcentage de sodium échangeable sur la capacité d'échange cationique (C.E.C) est très variable (5à60%).

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 particulaire. Ils sont caractérisés également par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique et une bonne aération (HALILA. T, 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 croutes à la surface du sol (KHADRAOUI ,2005).

II.2.Profil salin pour les sols nus salés

Il constitue une image globale de la salinité dans la tranchée du sol. Sa lecture renseigne avec précision sur la distribution et sur la concentration des sels dans le profil (IDDER, 2006)

Un classement proposé distingue quatre formes principales désignées par les lettres A, B, C et D (SERVANT, 1975)

II. 2.1.Le type A

Il est caractérisé par une salinité ascendante, le maximum de salinité se situant dans les 10 ou 20 cm superficiels avec des valeurs très élevées par rapport aux horizons sous- jacents. Ce profil est typique pendant la saison sèche et parfois pendant la plus grande partie de l'année surtout dans des sols nus ou à faible recouvrement végétal. Cette classe de sol est bien exprimée dans le cas des textures limoneuses ou limono - sableuses avec des efflorescences salines en surface.

II.2.2. Le type B

Le type B est caractérisé par l'existence d'un maximum de salinité bien différencié, apparaissant dans la partie moyenne du profil, ordinairement à moins d'un mètre de profondeur. On peut le rencontrer dans des sols nus (en hiver) où il dérive d'une forme A d'été.

II.2.3. Le type D

Il est caractérisé par une salinité qui augmente avec la profondeur et présente un maximum de salinité pas toujours nette, situé ordinairement à plus de 1 mètre de profondeur.

II.2.4. Le type C

Il constitue une forme intermédiaire entre les types A et (D ou B) c.-à-d. une accumulation superficielle et en profondeur ou bien une accumulation superficielle et dans la zone médiane du profil.

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 nus. Dans le 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 et présence d'horizons gypseux dépend de la richesse initiale du milieu en ions sulfatés (SIMOUNEAU et AUBERT, 1963).

II.3.2. Horizon d'accumulation des chlorures

C'est le facies 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.3.3. 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.3.4. Sol salin sous sol nu ou de taches 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, possédant des réserves suffisantes pour maintenir pendant toute la saison sèche ou des années dont la pluviométrie est moyenne (GAHCHE et BURDIN, 1974).

II.4.1. Remonté des eaux phréatiques

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 remontée 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 (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 Cl₂**) : généralement, c'est un sel qui réagit avec Na_2SO_4 ou Na_2CO_3 pour former du CaSO_4 ou CaCO_3 peu soluble.

Le chlorure de magnésium (**MgCl₂**) : 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 CO₃**) : sa solubilité est plus élevée, il réagit avec H_2CO_3 pour former $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ augmentant aussi sa solubilité.

Le carbonate de sodium (**Na₂ CO₃**) : c'est un sel très toxique à la fois par sa solubilité et par son alcalinité.

Le carbonate de potassium (**K₂ CO₃**) : ses effets sont pratiquement identiques à ceux de Na_2CO_3 . Il est extrêmement rare de le trouver en grande quantité (FAO/UNESCO, 1967 in OMEIRI, 1994)

- **sulfates :**

Les sulfates de magnésium (MgSO_4) : 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_2SO_4) : 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_2SO_4) : c'est un sel très proche de Na_2SO_4 il se trouve en très faible quantité dans le sol. (FAO/UNESCO, 1967 in OMEIRI, 1994).

II.6. 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 **BEN Brahim, F** en **2001**, a mis en évidence l'effet de la nappe sur la dynamique des sels dans un sol de la cuvette d'Ouargla. Cette étude a porté principalement sur l'évolution de la salinité dans deux parcelles différentes, cultivée et non cultivée.

Dans la parcelle cultivée la texture du sol est en totalité limono-sableuse, non calcaire à peu calcaire, la teneur en gypse est très élevées, pauvre en matière organique, ce sol est alcalin à fortement alcalin.

La conductivité électrique est très élevée, pouvant atteindre jusqu'à 8,17 ds /m ce qui fait que ce sol est très salé à extrêmement salé

L'eau utilisée pour l'irrigation est très salée la conductivité électrique dépasse 4,9 ds/m, le PH est alcalin, c'est une eau de classe C_5S_2

Le sol de la parcelle non cultivée (E1) de l'exploitation de l'exploitation de L'ITAS est de texture dominante limono-sableuse, est non calcaire, la teneur en gypse est très élevée, très pauvre en matière organique, ce sol est alcalin à fortement alcalin, la conductivité électrique

est très élevée 21,82 ds/m ce qui fait que ce sol est très salé à extrêmement salé. Le faciès chimique global chloruré sodique, sulfaté chloruré sodique.

L'eau de la nappe phréatique est extrêmement salée la conductivité électrique avoisine 21,17 ds/m, très salée, c'est une eau de classe C₅S₂

L'étude de **IDDER, A** en **2006**, a porté sur la dynamique des sels au niveau de la région de Ouargla, sur un sol nu de texture sableuse et de classe Solanchak. Ce sol est soumis à l'influence du climat estival présentant un fort pouvoir évaporant en surface et une nappe phréatique (C₅ S₃) à faible profondeur.

Les principaux résultats obtenus à partir des horizons examinés dans l'exploitation de l'université d'Ouargla (I.T.A.S.) sur le secteur E1 indiquent remarquablement un déséquilibre au profit des éléments chlore, sulfate et sodium, cela confère à ce sol le caractère salin de type A et B.

Les importantes valeurs de la conductivité électrique, pouvant atteindre jusqu'à 62,1 ds/m montre que c'est la conséquence de la forte présence des sels d'une part et d'autre part des faibles quantités d'éléments structurants (argile et matière organique).

Pour tous les profils de secteur E1 de LITAS il cite que les sels se localisent majoritairement dans les horizons de surface et intermédiaire (essentiellement les sulfates et les chlorures de sodium), les pourcentages enregistrés de Na Cl dans l'horizon 0 et 2 sont (50% et 42%) successivement et de Na₂SO₄ dans l'horizon 0 et 2 sont (40% et 33%) successivement, Pour le Ca(HCO₃)₂ et CaSO₄ en quantité remarquablement réduite par rapport aux autres sels

L'étude de **BERRABAH, F** en **2009**, qui s'intéresse à la caractérisation et la compartimentation des sels sur deux sols (à texture sableux, fortement salins et très faible en matière organique) l'un est nu et l'autre cultivé, il a trouvé que les valeurs de la CE (leur maximum est de 33ds /m dans le sol nu et 22ds/m dans le sol cultivée).

Ces deux sols sont soumis à deux agissements principaux : la nappe phréatique classe C₅S₄ à la base et à l'effet de saison hivernale en surface

Leur principaux résultats obtenus à partir des deux profils et les sondages examinés sur les deux types de sols dans l'exploitations de l'université de Ouargla (I T A S) indiquent un déséquilibre au profit des éléments chlore, sulfate et sodium

Dans la parcelle nue, Il note que les ions dominants dans la majorité des horizons sont ; le sodium (78,57%) et chlore (77,65%). Pour les sels formés le NaCl colonise remarquablement tous les horizons avec des taux dépassants 50% du total des autres sels. Les plus grands pourcentages sont affichés dans les horizons médians successivement (77% et 86%). Quant au CaSO₄ son accumulation est progressive du premier horizon au dernier horizon (0% à 2%).

NIBOUA, Y en 2010, a réalisé une étude qui a porté sur une comparaison des sels sur trois types des 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/13 ds/m) selon l'ordre précité.

Ces sols sont soumis à deux agissements principaux : la nappe phréatique classé 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 de surface en faveur du NaCl (83,79%) majoritairement et le CaSO₄ (50,18%) en un second lieu. Le Na₂SO₄ dans les horizons profonds avec des proportions moins importantes (32,67). La présence des MgCl₂ et MgSO₄ seulement dans le second et le troisième horizon avec des pourcentages (20,44%, 21,19%) successivement.

L'étude de **BENMOUAFFEKI, DJ en 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.

Les résultats de mesures de 655 points avec l'utilisation de l'EM38, indiquent qu'il existe une grande variabilité spatiale de la salinité en surface (CEH) et en profondeur (CEV) avec des valeurs très importantes dans les sols nus de l'exploitation.

Conclusion

Parmi ces travaux antérieurs, on peut ressortir que les sols nus 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 et au niveau de l'horizon médian.

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:

Matériels et méthodes

Pour la réalisation de notre travail de caractérisation pédologique d'une espace vert d'une région aride cas de la STEP de SAID OTBA (Ouargla) ; nous avons suivi les étapes suivantes :

Chapitre I : Matériels

I.1. Choix du site expérimental

Dans le but de promouvoir et de rationaliser les échanges entre les auteurs scientifiques et les partenaires des secteurs (économiques, industriel, professionnel). L'université de Ouargla , à travers les projets d'études et l'ONA (Office National d'Assainissement) ont mis en place une convention permettant les échanges sur plusieurs plans. Pour cette raison, l'ONA (Ouargla) à mis à la disposition de l'université son patrimoine sol dans le but de le valoriser. Ainsi, après expertise et prospection des différents sols, les pédologues et nous même avons désigné le site à étudier (Voir figure 06 et 07).



Figure N° 06 : Situation géographique de la STEP de Said Otba (Ouargla)



Figure N° 07 : choix de site expérimental STEP (Ouargla) .

I.2. Présentation du site expérimental

La station de lagunage d’Ouargla (STEP), mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l’ONA. Elle se situe dans la région de Saïd Otba au nord de la RN 49 (Voir figure 07).

Le site d’implantation est limité :

- ✓ Au nord : par des exploitations privés.
- ✓ Au sud : par un terrain vague se prolongeant jusqu’aux constructions traditionnelles.
- ✓ Au sud-est : par des palmeraies.
- ✓ A l’ouest : par des terrains nus.

Le site étudié caractérisé par les limites suivantes :

- ✓ Une largeur de : 8m
- ✓ Une longueur de : 58m
- ✓ Une surface de : 464m²



Figure N° 08 : présentation de site expérimental

I.3. Matériel utilisé :

Pour la réalisation de notre travail nous avons utilisé le matériel suivant :

I.3.1. Sur terrain

- Un bloc notes : pour noter toutes les remarques et les informations.
- Un appareil photo numérique : pour photographier la station étudiée.
- Une tarière de 1,20 m : pour faire le sondage du sol.
- Des sachets en plastique avec des étiquettes : pour transporter les sondages du sol.
- Charte Mancel : pour la détermination de la couleur des sols.
- Les couteaux pédologiques : pour délimiter les horizons.
- La mire : pour délimiter la profondeur des horizons.

I.3.2. Au laboratoire

- Agitateur rotatif : pour préparer l'extrait aqueux sol/eau.
- Une balance numérique : pour peser les échantillons.

- Un pH-mètre : pour mesurer le pH des solutions aqueuses du sol.
- Un conductimètre : pour mesurer le taux de salinité des solutions aqueuses du sol.
- Des tamis à différentes tailles : pour l'analyse granulométrique.
- Un calcimètre de BERNARD : estimation du taux de calcaire total.
- Un spectrophotomètre à flamme : dosage des ions en solution (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})
- Four à moufle : pour l'estimation de la teneur de gypse.
- Spectrophotomètre UV DR 2800 : pour l'estimation de la teneur du sulfate.

I.4.Méthodes utilisés

I.4.1.Echantillonnage du sol :

Pour caractériser morphologiquement le sol nu de la partie étudiée nous avons réalisé sur terrain deux profils pédologiques, en raison de bien caractériser les horizons et leurs contenus en sels.

Nous notons le faite que notre sol d'étude est homogène et que chaque profil est destiné pour une culture arboricole définie (Voir figure 09).

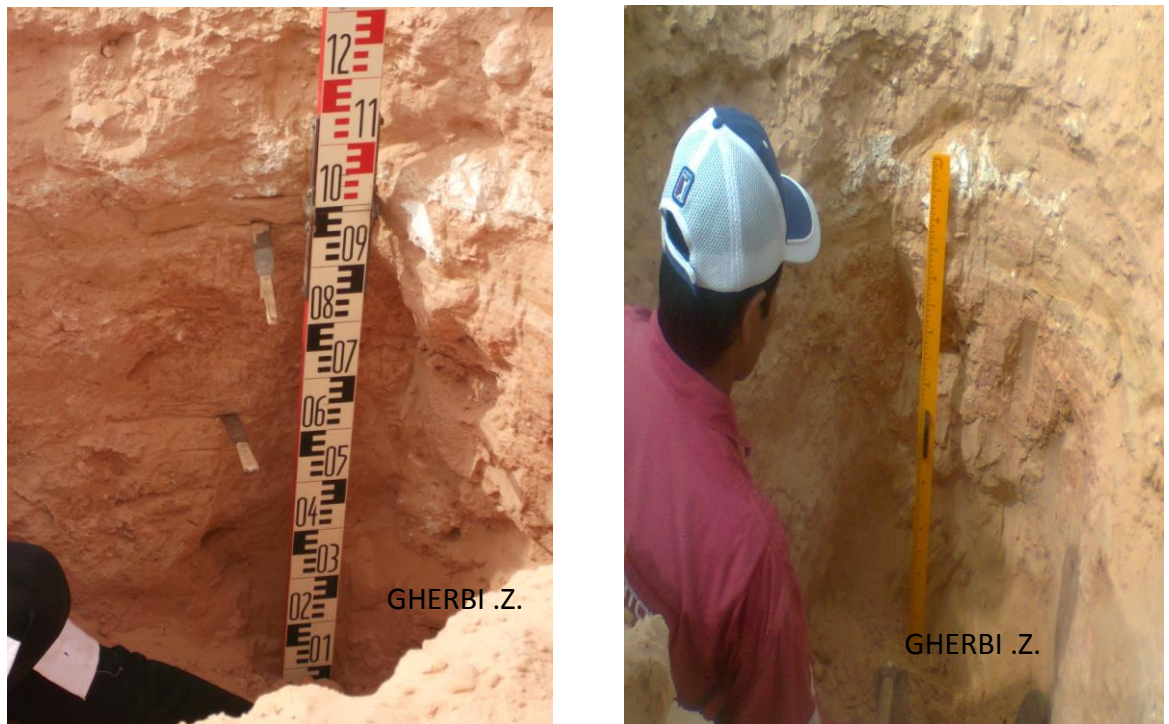


Figure N° 09 : Photos de profil pédologique1 et 2.

Après la réalisation des profils pédologiques, nous avons procédé au défrichage et à la détermination des horizons, jusqu'à une profondeur de 100cm jusqu'à une limite dure. Les échantillons ont été séchés à l'air libre, tamisés à 2mm puis analysés dans différents laboratoires (laboratoire pédagogique du département des sciences agronomiques, et le laboratoire d'algérienne des eaux (ADE)).

I.4.2.Les analyses au laboratoire

I.4.2.1.Analyses physiques :

I.4.2.1.1.Granulométrie :

La granulométrie a été effectuée par tamisage à sec, (tamis de : 1mm, 0.5mm, 0.2mm, 0.1mm, 0.045mm).

I.4.2.2.Analyses physico-chimiques

I.4.2.2.1.pH :

Le pH est mesuré avec un pH mètre à électrode en verre, avec un rapport (sol/eau) 1/5.

I.4.2.2.2. Conductivité Electrique (C.E.)

Elle est mesurée au conductimètre à partir de l'extrait du sol dont le rapport (terre/eau) est de 1/5, elle est exprimée en ds/m (Voir figure 11).

Réactifs :

✓ Solution de KCL à 0,02 N.

I.4.2.3. Analyses chimiques**I.4.2.3.1. Dosage des anions****A. Carbonate et Bicarbonate (CO_3^{2-} et HCO_3^-) :**

Ont été effectués par titrimétrie à H_2SO_4 (0.1N) en présence des indicateurs (phénolphtaléine et orange de méthyle). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rosâtre.

B. Chlorures (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 (SO_4^{2-})

Est analysé par le spectrophotomètre UV.

1.4.2.3.2. Dosage des cations**A. Na^+ , K^+ , Ca^{2+}**

Sont analysés par le spectrophotomètre à flamme.

B. Magnésium (Mg^{2+})

Mg^{2+} dosé par la méthode de complexométrie, d'abord Ca+Mg, puis Ca, Mg est obtenue par différence.

Réactifs:

- ✓ Solution 0.02N d'EDTA.
- ✓ Solution tampon pH= 10.
- ✓ Noir eriochrome T en poudre.

1.4.2.3.3. Gypse

Par la méthode chimique (la méthode de gravimétrie), consiste à doser les ions SO_4^{2-} libérés après attaque au carbonate d'ammonium.

1.4.2.3.4. Calcaire total

Application de la méthode gazométrique par le calcimètre de Bernard.

I.5. Méthodologie d'obtention des sels

I.5.1. Hypothèse de la formation des sels

La formation des sels s'obtient, par la combinaison des cations et des anions à condition que leurs concentration soit connue à 25C°.

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

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{CaSO}_4, \text{NaSO}_4, \text{NaCl}, \text{MgCl}_2$.

Nous avons choisi la méthode de BAZILEVICH et PANKOVA (1968).

I.5.1.1. Bicarbonates (HCO_3^-)

Les ions HCO_3^- peuvent provenir de 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 HCO_3^- avec les ions Ca^{2+} , ensuite les ions HCO_3^- avec les ions Mg^{2+} , puis avec les ions Na^+ s'il reste des ions HCO_3^- en excès.

I.5.1.2 Sulfates (SO_4^{2-})

Comme les ions HCO_3^- , les sulfates (SO_4^{2-}) peuvent être reliés avec les sels Na_2SO_4 , MgSO_4 , et CaSO_4 . On commence à former le sel de sulfate de calcium (CaSO_4) en premier

lieu en combinant les ions SO_4^{2-} avec les ions Ca^{2+} (l'excès de Ca^{2+} restant de la combinaison $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, ensuite on passe à la constitution de Na_2SO_4 et de MgSO_4 si des ions SO_4^{2-} restent en excès.

I.5.1.3. Chlorures (Cl⁻)

Pour reconstituer les sels de chlorures, on commence par la formation de NaCl en combinant les ions Cl^- et Na^+ (éventuellement ceux qui sont en excès par rapport à Na_2CO_3). Ensuite on procède à la formation de MgCl_2 , puis de CaCl_2 s'il reste des ions de chlorures en excès et surtout des Mg et Ca non combinés aux carbonates et aux sulfates.



Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Caractérisation morphologique et analytique du sol

Pour la caractérisation morphologique et analytique du sol objet de notre expérimentation, nous avons creusé deux profils, l'un sur le terrain destiné à la culture **Acacia fernesiana**, et l'autre sur le terrain destiné à la culture **Albizia julibrissin**. Nous présentons dans ce qui suit les principaux résultats obtenus.

IV.1.1. Caractérisation morphologique et analytique du profil 01

- Date de prélèvement et de description : 05/03/2013
- Topographie : pente très faible
- Situation : STEP
- Temps : Ensoleillé
- Végétation : inexistante
- Aspect de la surface : sol nu avec sable dunaire
- Occupation du sol : sol nu sans végétation
- La saison d'étude : hivernal

Horizon H1 (0-09 cm) : à l'état sec la couleur 7,5 YR 8/4 (pink), moyenne effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines ; activité biologique non décelable et une transition nette, texture sableuse, friable et peu de caillaux.

Horizon H2 (09-67cm) : à l'état sec la couleur 7,5 YR 8/4 (pink), pas d'effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines ; activité biologique non décelable et une transition nette, texture sableuse, friable et peu de caillaux.

Horizon H3 (67-100 cm) : à l'état sec la couleur 5 YR 6/8 (redish yellow), faible effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines ; activité biologique non décelable et une transition nette, texture sableuse et faible argile, friable et sans caillaux.



Figure N° 10 : photo descriptive de profil 01

Tableau N°02 : caractérisation du terrain nu (profil1)

Caractéristiques		Horizons (cm)		
		H 1	H 2	H 3
Profondeur (cm)		0 – 09	09 -67	67 – 100
Calcaire total(%)		4.82	0.75	0.70
Gypse(%)		4.82	13.25	81.93
Ph		7.51	7.40	7.25
pH _{KCL}		7.02	7.36	7.06
C.E (ds /m) à 25° C extrait 1/5		3.14	2.93	1.9
Granulométrie(%)	S. t .g	7.5	4.9	1.9
	S. g	8.7	6.5	6.1
	S. m	28	19.4	37.4
	S. f	38.7	56.1	49.6
	S. t .f	13.1	11.3	4.7
	L+A	2.6	0.2	0.5
Classe texturale		Sablenuse	Sablenuse	Sablenuse
Bilan ionique de l'extrait 1/5(meq /l) aqueux	Cl ⁻	19.10	12.10	4.53
	HCO ₃ ⁻	1.03	0.9	0.1
	SO ₄ ²⁻	12.40	5.10	5.55
	Faciès des anions	Chloruré sulfaté	chloruré	Sulfaté chloruré
	Na ⁺ +K ⁺	28.01	13	5.68
	Ca ²⁺	4.20	3.1	6.1
	Mg ²⁺	1.33	1.22	0.9
	Faciès des cations	sodique	sodique	Calcique sodique
S.A.R		16.87	8.90	3.04

A partir des résultats des analyses du sol de profil 1, le sol présente majoritairement une texture sableuse, une absence d'indicateurs d'activité biologique à l'œil nu, le sol est peu

calcaire ($0,70\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 4,82\%$) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont faible à très élevés surtout au niveau des horizons de surface ($4,82\% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 81,93\%$).

Les valeurs de la conductivité électrique sont élevées ($1,9 \text{ ds/m} \leq \text{C.E} \leq 3,14 \text{ ds/m}$) (AUBERT, 1978), ce que fait du sol de la parcelle étudiée un sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est chloruré sodique, chloruré sulfaté calcique. Avec un pH entre la neutralité et l'alcalinité (GAUCHER, 1968) les valeurs du SAR sont comprises entre 3,04 et 16,87 ce qui indique que le sol est fortement sodique, elle appartient à la classe C_5S_3 (Tableau 2).

IV.1.2. Caractérisation morphologique et analytique du profil 02

- Date de prélèvement et de description : 05/03/2013
- Topographie : pente très faible
- Situation : STEP
- Temps : Ensoleillé
- Végétation : inexistante
- Aspect de la surface : sol nu avec sable dunaire
- Occupation du sol : sol nu sans végétation
- La saison d'étude : hivernal

Horizon H1 (0-07 cm) : à l'état humide la couleur 7,5 YR 7/6 (redish yellow), moyenne effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines et de matières organiques, texture sableuse, friable et peu de caillaux, transition nette.

Horizon H2 (07-35cm) : à l'état humide la couleur 7,5 YR 8/4 (pink), pas d'effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines ; activité biologique non décelable et une transition nette, texture sableuse et faible argile, friable et peu de caillaux.

Horizon H3 (35-100 cm) : à l'état humide la couleur 5 YR 6/8 (redish yellow), faible effervescence à l'HCl, l'existence des éléments grossiers, pas de racines ; activité biologique non décelable et une transition nette, texture sableuse et faible argile, friable et peu de caillaux.

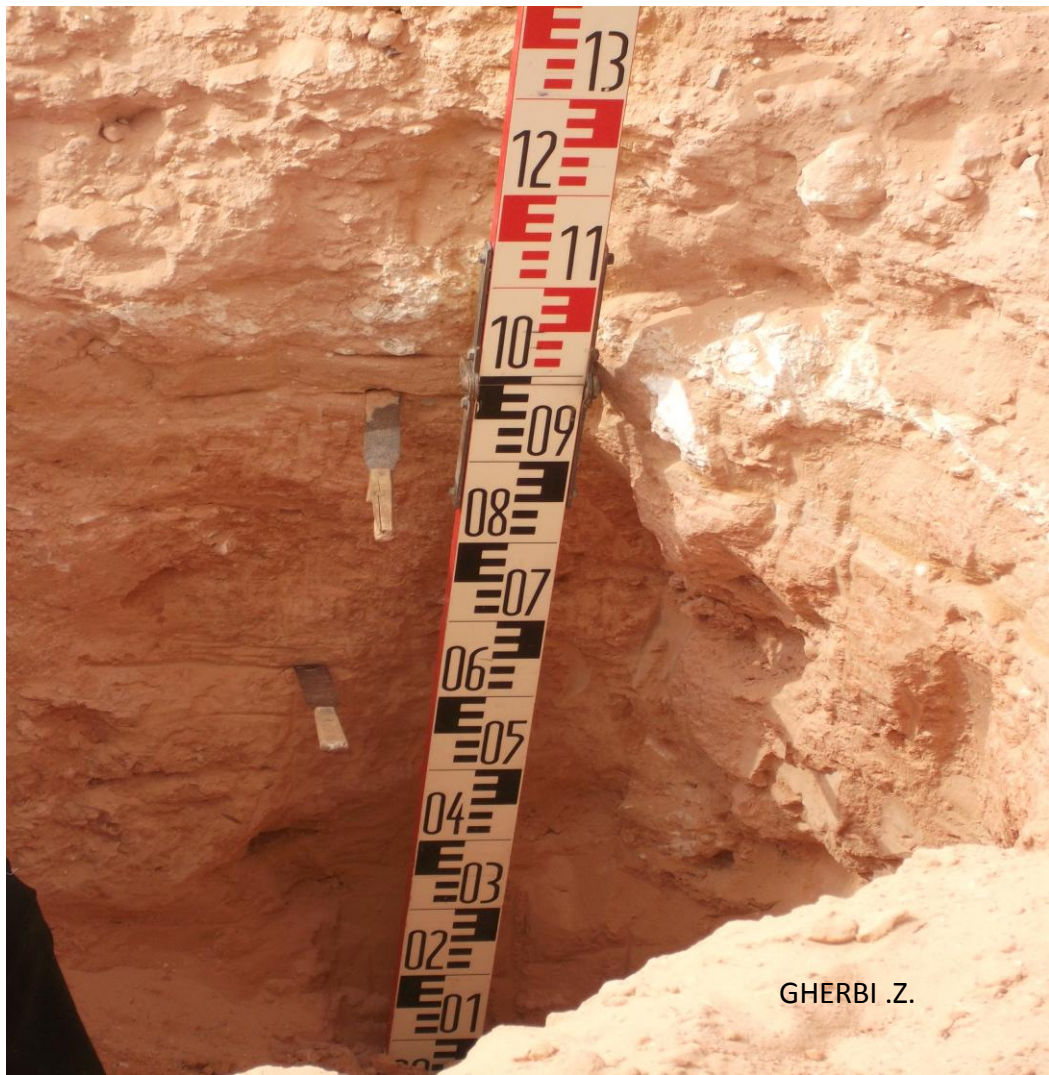


Figure N° 11 : photo descriptive de profil 02

Tableau N°03 : caractérisation du terrain nu (profil 2)

Caractéristiques		Horizons (cm)		
		H 1	H 2	H 3
Profondeur (cm)		0 – 07	07- 35	35- 100
Calcaire total(%)		1.68	0.65	19.35
Gypse(%)		49.15	44.07	6.78
Ph		7.52	7.4	7.33
pH _{KCL}		7.02	7.02	6.96
C.E (ds /m)		4.80	2.54	1.94
Granulométrie(%)	S. t .g	0.9	1.9	2.6
	S. g	1.2	3.5	4.7
	S. m	34.7	36.2	20.4
	S. f	51.2	42.2	53.3
	S. t .f	11.6	13.1	18
	L+A	0.4	3.1	0.7
Classe texturale		Sablenuse	Sablenuse	Sablenuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5(meq /l)	Cl ⁻	20.62	10.10	6.1
	HCO ₃ ⁻	1.18	1	0.9
	SO ₄ ²⁻	15.10	7.33	7.8
	Faciès des anions	Chloruré	chloruré	sulfaté
	Na ⁺ +K ⁺	33.33	15.16	6.2
	Ca ²⁺	3.1	3.2	6.8
	Mg ²⁺	1.22	1.07	0.25
	Faciès des cations	Sodique	Sodique	Calcique sodique
S.A.R		22.83	1.46	1.87

A partir des caractéristiques morphologiques et analytiques qui se présentent dans le profil 2 on a constaté que le sol est majoritairement à texture sableuse, une absence d'indicateurs d'activité biologique selon l'observation visuelle, le sol est non calcaire à modérément calcaire ($0,65\% \leq \text{CaCO}_3 \leq 19,35\%$) (BAIZE ,1988), le sol est légèrement gypseux à extrêmement gypseux ($6,78\% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 49,15\%$)

Le sol est caractérisé par une conductivité électrique élevée ($1,94 \text{ ds/m} \leq C.E \leq 4,8 \text{ ds/m}$), ce qui fait que le sol est très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est chloruré sodique et sulfaté calcique sodique. Avec un pH entre la neutralité et l'alcalinité ($7,33 \leq \text{pH} \leq 7,52$) (GAUCHER, 1968) les valeurs du SAR sont comprises entre 1,87 et 22,83 ce qui indique que le sol est fortement sodique, elle appartient à la classe C_5S_3 (Tableau 3).

IV. 2. Répartition ioniques des horizons 1, 2, 3 du profil 1

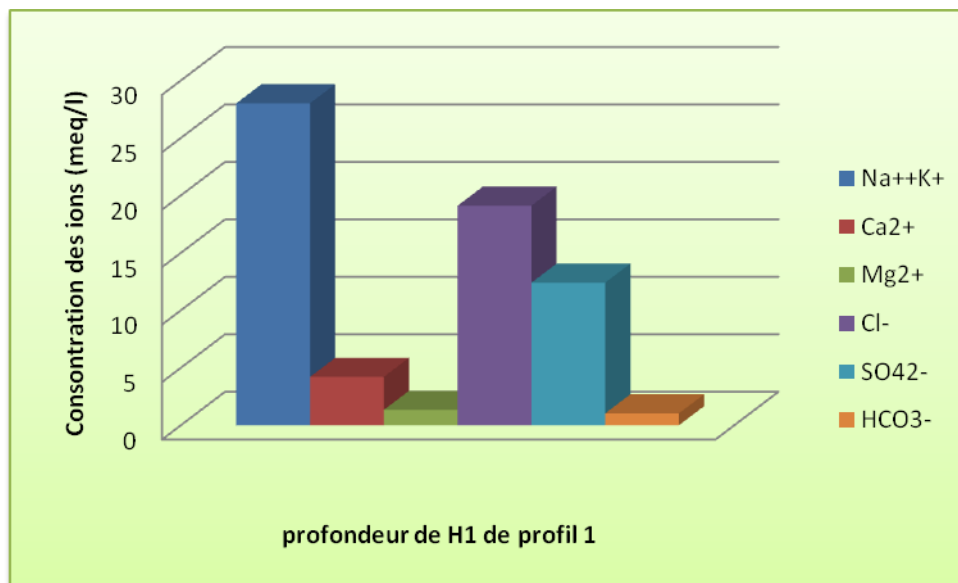


Figure N°12 : concentration des ions dans l'horizon 1 de profil 1.

La concentration des ions dans cet horizon est caractérisée par une colonisation remarquable de sodium 83,51% pour les cations et le chlore, sulfate à proportion sensiblement égale 58,71% et 38,11% pour les autres ions affichent des concentrations très minimums.

Les valeurs élevées des concentrations des ions : sodium, chlore et sulfate indiquent que ces derniers se localisent dans l'horizon de surface en saison sèche à cause de leur mobilité provoquée par la remontée capillaire. Cela s'explique aussi que cette zone est une zone d'accumulation des sels.

Le bilan chiffré est comme suit : pour le sodium par rapport aux autres cations, pour le sulfate et pour le chlore par rapport aux anions. L'ordre de dominance est comme suit :

- Pour les cations : $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ avec des valeurs en meq/l : $28,01 > 4,20 > 1,33$.

➤ Pour les anions : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-}$ avec des valeurs en meq/l : 19,10 > 12,40 > 1,03 (Voir figure12).

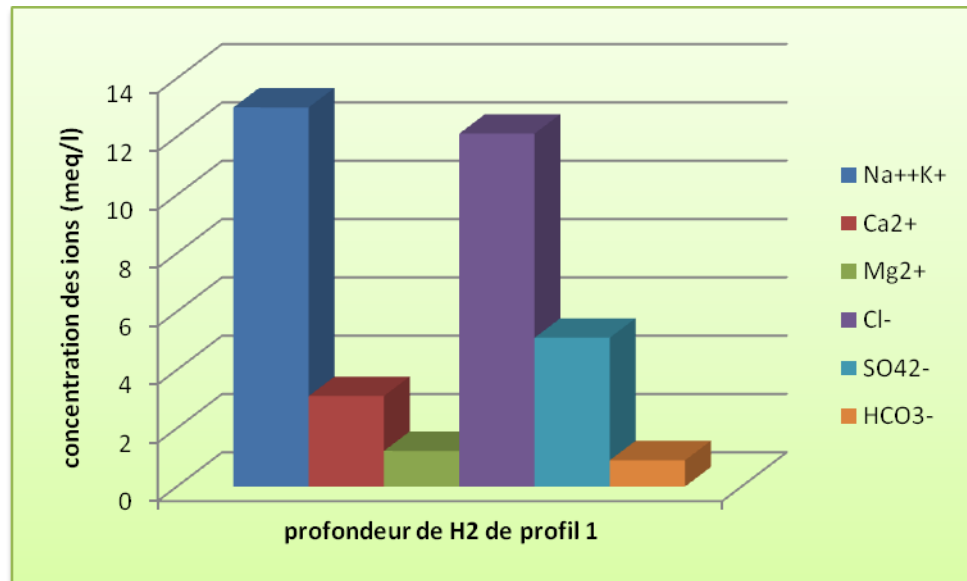


Figure N°13: concentration des ions dans l'horizon 2 profil 1.

En matière de concentration des ions dans cet horizon comme l'autre horizon précédent H1, un déséquilibre remarquable de sodium atteignant à 75,05 % par rapport aux restes des cations, suivi du chlore 66,85% pour le total des anions. D'après les remarques constatées à partir de cette figure on n'observe que le taux des concentrations des ions : sodium, chlore et sulfate sont élevés par rapport aux autres anions, 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 :

- Pour les cations : $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ avec des valeurs en meq/l : 13 > 3,1 > 1,2.
- Pour les anions : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-}$ avec des valeurs en meq/l : 12,10 > 5,10 > 0,9 (Voir figure13).

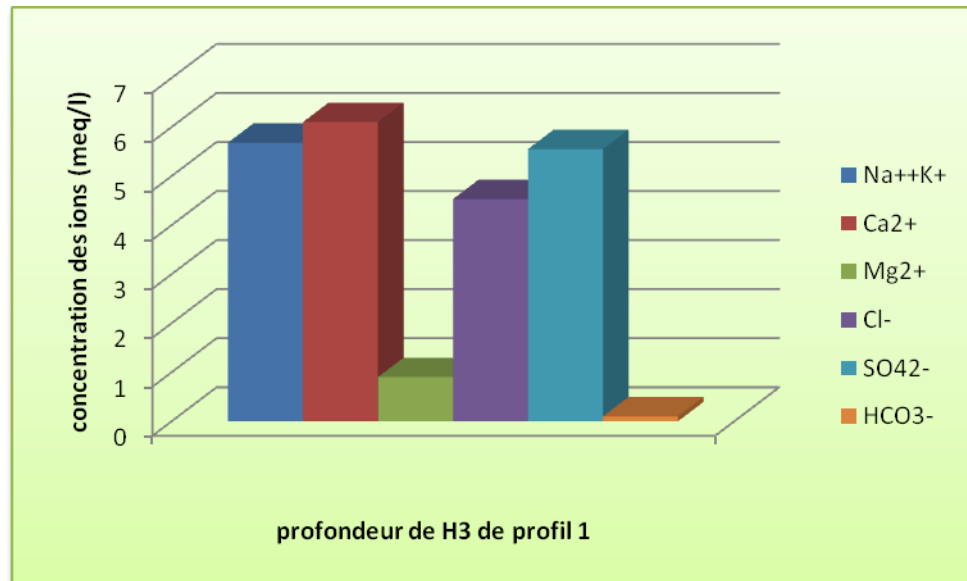


Figure N°14: concentration des ions dans l'horizon 3 profil 1.

Dans ce cas la répartition des cations et des anions sont presque équilibrés avec une dominance ionique attribuée aux ions sodium et calcium avec une proportion de 48,10% et 44,79% par rapport aux cations, chlore et sulfate à proportion de 44,49% et 54,51% par rapport aux anions.

Comme les autres horizons de cet profil les observations sont les mêmes mais on remarque la colonisation des ions Ca²⁺ et SO₄²⁻ par rapport aux autres, qui s'explique la formation du gypse.

L'ordre de dominance est le suivant :

- Pour les cations : Ca²⁺ > Na⁺+K⁺ > Mg²⁺ avec des valeurs en meq/l : 6,1 > 5,68 > 0,9.
- Pour les anions : SO₄²⁻ > Cl⁻ > HCO₃²⁻ avec des valeurs en meq/l : 5,55 > 4,53 > 0,1 (Voir figure 14).

IV. 3. Répartition ioniques des horizons 1, 2, 3 du profil 2

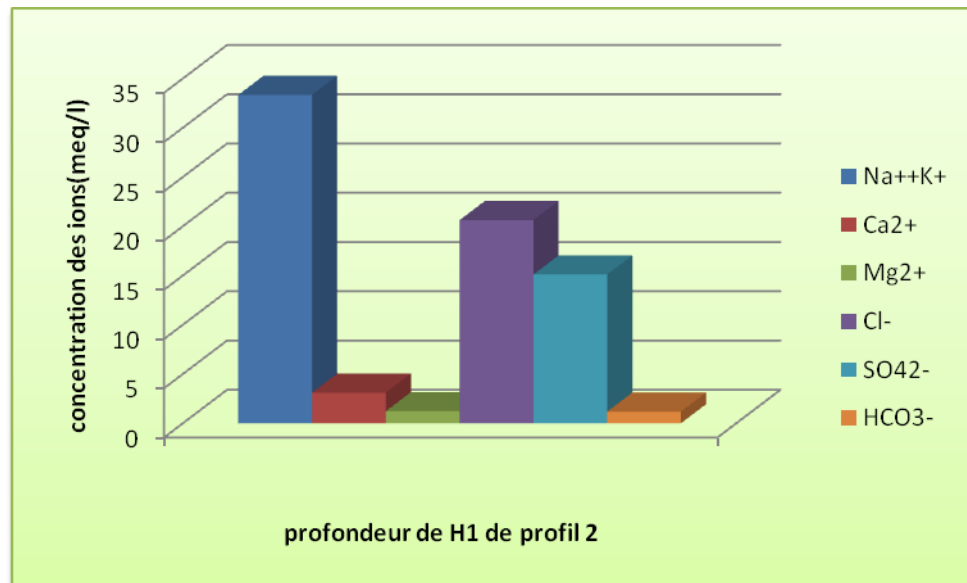


Figure N°15: concentration des ions dans l'horizon 1 profil 2.

A partir de ce horizon il ya un déséquilibre entre les anions et les cations, toute fois la dominance de sodium reste prioritaire, avec un bilan chiffré de 88,52% par rapport aux total des cations. Concernant le chlore et le sulfate leurs valeurs sont respectivement 55,88 % et 40,92% par rapport aux anions. Les valeurs importantes de ces ions dans cet horizon indiquent aussi la mobilité de ces ions par la capillarité comme l'horizon 1 de profil précédant. C'est-à-dire que cet horizon c'est une zone d'accumulation des sels.

L'ordre de dominance est comme suit :

- Pour les cations : $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ avec des valeurs en meq/l : 33,33 > 3,1 > 1,22.
- Pour les anions : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-}$ avec des valeurs en meq/l : 20,62 > 15,10 > 1,18 (Voir figure 15).

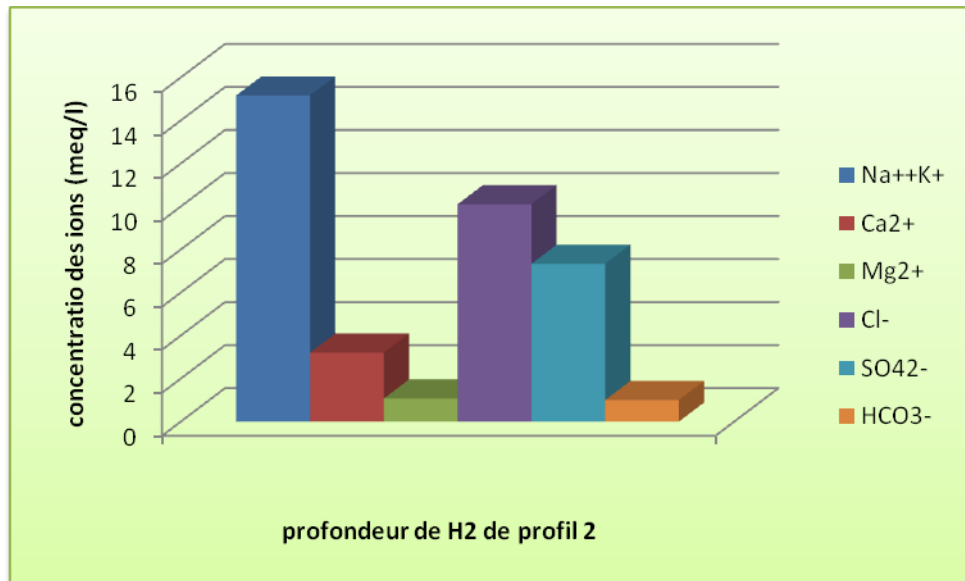


Figure N°16: concentration des ions de l'horizon 2 profil 2.

En matière de concentration des ions dans cet horizon la proportion de sodium est égale à 78,02% quant aux ions le chlore et le sulfate affichent des valeurs respectivement 54,80% et 39,77%. Ces teneurs sont importants à cause que ces ions sont mobiles par lixiviation des ions de l'horizon H1 de ce profil.

L'ordre de dominance est comme suit :

- Pour les cations : $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ avec des valeurs en meq/l : 15,16 > 3,2 > 1,07.
- Pour les anions : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^{2-}$ avec des valeurs en meq/l : 10,10 > 7,33 > 1 (Voir figure 16).

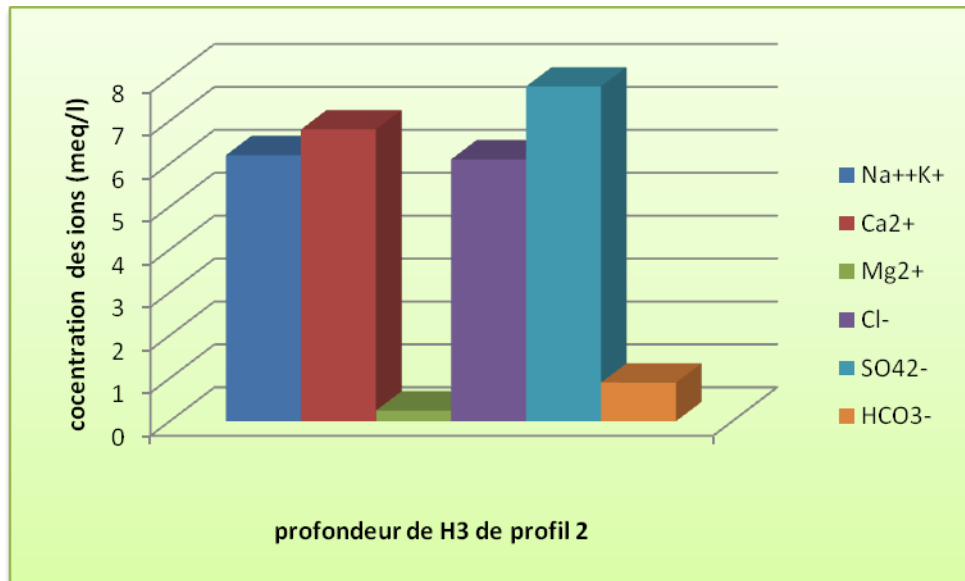


Figure N°17: concentration des ions de l'horizon 3 profil 2.

Dans ce cas les valeurs des cations est des anions sont presque équilibrés avec une dominance ionique attribuée aux ions sodium et calcium avec une proportion de 46,79% et 51,32% par apport aux cations, chlore et sulfate a proportion de 41,21% et 52,70% par apport aux anions. L'augmentation de la concentration de calcium et sulfate par apport aux autres ions indiquent la formation du gypse.

L'ordre de dominance est le suivant :

- Pour les cations : $Ca^{2+} > Na^{+} + K^{+} > Mg^{2+}$ avec des valeurs en meq/l : 6,8 > 6,2 > 0,25.
- Pour les anions : $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{2-}$ avec des valeurs en meq/l : 7,8 > 6,1 > 0,9 (Voir figure 17).

IV.4. Répartition des ions dans les horizons 1, 2,3 des deux profils

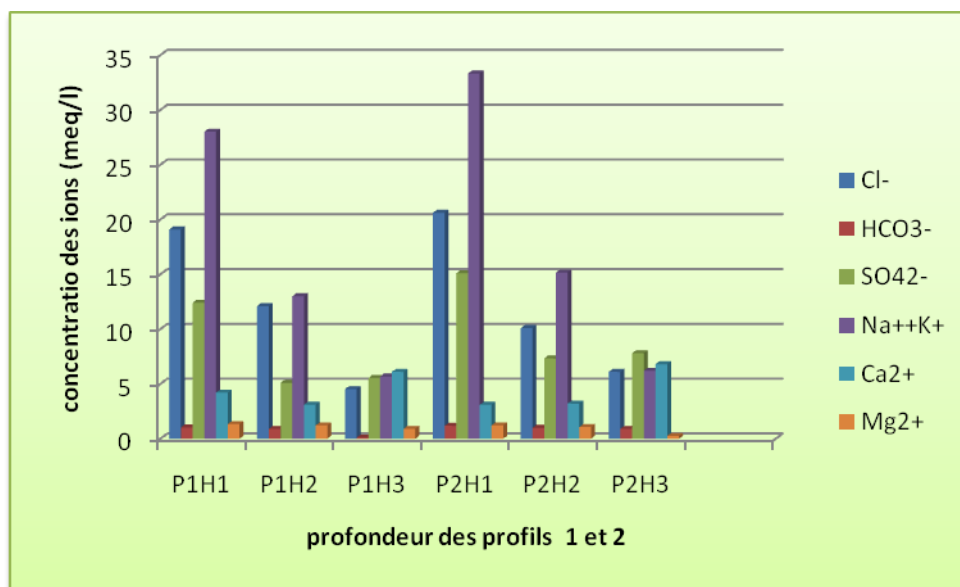


Figure N°18 : Répartition des ions dans les horizons 1, 2,3 des deux profils.

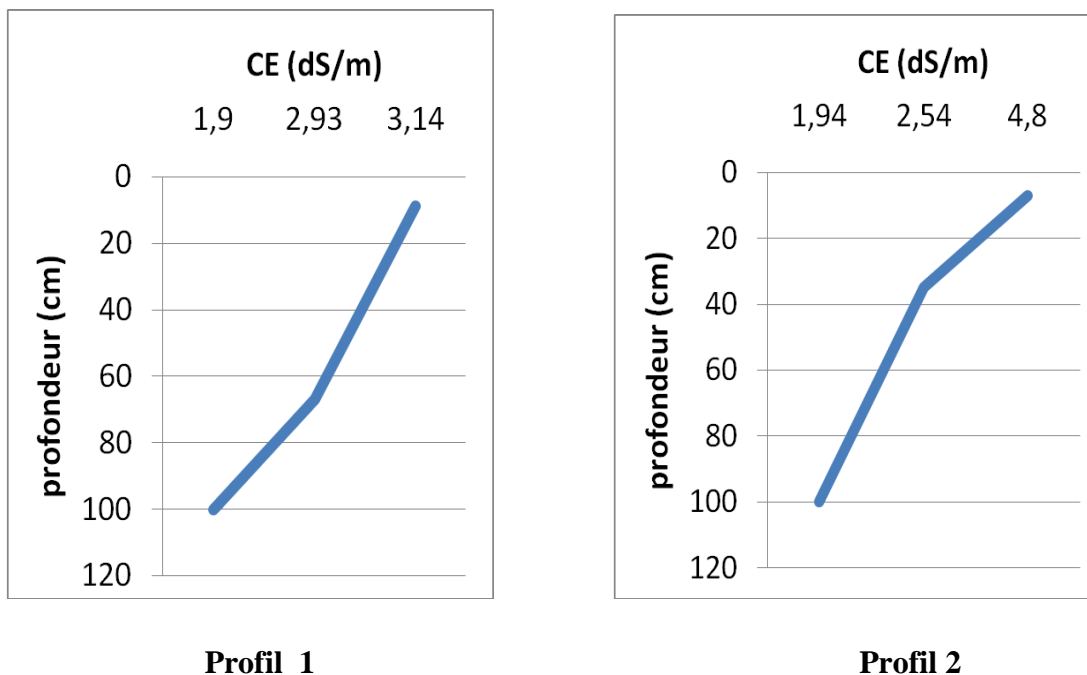


Figure N°19: Variation de la CE de deux profils 1 et 2 selon la profondeur.

A partir de la dynamique des ions sur les deux profils étudiés, 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 chlore, sulfate et sodium dans les horizons 1 et 2 des deux profils cela est confirmée par la valeur de la conductivité électrique qui atteint (4,80 ds /m).

La dominance ionique dans les horizons de différents profils est donnée par ordre décroissant :

Les cations : 1) $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ pour les horizons 1, 2 et 3 des profils 1 et 2.

Les anions : 1) $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ pour les horizons 1, 2 de profil 1 et les horizons 1, 2 de profil 2.

2) $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ pour l'horizon 3 des deux profils.

Le maximum de salinité se trouve visiblement dans la partie supérieure et intermédiaire de deux profils, elles indiquent que le sol subit une phase de la remonté capillaire des sels solubles (l'effet de l'absence de la nappe) présentant un profil salin de type A (SERVANT, 1978).

Les conductivités électriques (CE) des horizons 3 des deux profils sont remarquablement inférieures aux autres horizons qui explique la diminution de la formation des sels dans cet horizon par rapport les autres, donc nous constatons le mouvement ascendant des cations et des anions à partir des différents horizons.

En vue de cette présente étude menée sur un sol nu sableux sans action anthropique dans le site de la STEP (SAID- OTBA) nous avons constaté une similitude absolue et accrue comparé aux études antérieurs menés dans des sites différents sableux à savoir l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla et la région d'Oum Elraneb. Le profil ionique dans les trois zones précitées a affiché des concentrations très importantes en surface ou en surface plus la zone intermédiaire correspondant au type A ou au type A et B. Les ions majoritaires sont selon l'importance décroissante le chlore, les sulfates parmi les anions et le sodium parmi les cations. Toute fois il faut signaler que malgré les facies globaux identiques, les concentrations sont variables. On note 62,5 ds /m dans les sebkhas contre environ 5 ds/m dans le site a sable dunaire (Voir les figures 18 et 19). (IDDER M^{ed} A, 2006)

IV.5. Typologie des sels et leurs répartitions

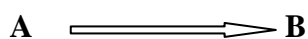
Dans cette partie, nous allons recenser les sels endossés par les différents horizons.

IV.5.1. Typologie et formation des sels

La méthode de BAZILEVICH et PANKOVA (1968) synthétisant de plusieurs hypothèses relatives à la formation des sels, a été utilisée pour constituer les différents sels. Il s'agit de la combinaison entre les cations et les anions, lesquels leurs concentrations sont connues dans la solution du sol.

Pour le principe, on opère de la manière suivante :

- ❖ Egaler les concentrations existantes dans le réactif et dans le produit



- ❖ Le surplus en quantité de A ou de B selon la concentration initiale, se lie à l'autre anion ou cation selon l'ordre stipulé dans la règle jusqu'à la consommation de tous les éléments.

Exemple de calcul

Au niveau du profil 1, horizon 1

Pour former le $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $1,03 \times 2 = 2,06 \text{ meq/l}$

Reste de Ca $3,17 \text{ meq/l}$

Pour former le CaSO_4 $3,17 \times 2 = 6,34 \text{ meq/l}$

Le reste de SO_4 $09,23 \text{ meq/l}$

Pour former Na_2SO_4 $09,23 \times 2 = 18,46 \text{ meq/l}$

Le reste de Na $18,78 \text{ meq/l}$

Pour former NaCl $18,78 \times 2 = 37,56 \text{ meq/l}$

Le reste de Cl $0,32 \text{ meq/l}$

Pour former le MgCl_2 $0,32 \times 2 = 0,64 \text{ meq/l}$

Le reste de Mg $1,01 \text{ meq/l}$

IV.5.2. Répartition des sels dans les profils étudiés

Tableau N°04: répartition des sels des horizons de profil 01

Sels obtenus (meq/l)	H1	H2	H3
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	2,06	1,8	0,2
CaSO_4	6,43	4,4	12
Na_2SO_4	18,46	5,8	0
NaCl	37,56	20,2	11,36
MgCl_2	0,64	4	0
Reste en excés	Mg=1,01	Cl=2	Ca=6

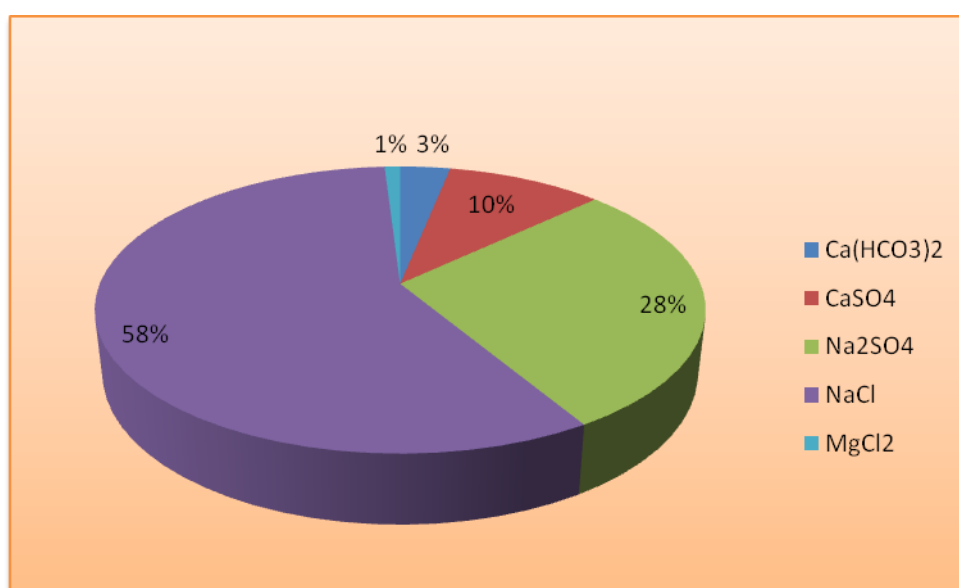


Figure N°20: pourcentage des sels dans l'horizon 1 de profil 1.

La valeur élevée de la conductivité électrique met en évidence la quantité très importante de sel, appelée essentiellement les chlorures et les sulfates de sodium (série neutre). Les ions chlore et sodium sont incontestablement les meilleurs indicateurs de la conductivité électrique (DROUBI, 1976), les autres sels dont l'hydrogénocarbonate de calcium et le sulfate de calcium ; en quantité remarquablement réduite par rapport aux sels NaCl et Na_2SO_4 . (Voir figure20)

Le bilan chiffré offre au chlorure de sodium 58% et 28% au sulfate de sodium. Les 14% restant sont attribués aux autres sels $MgCl_2$, $CaSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$

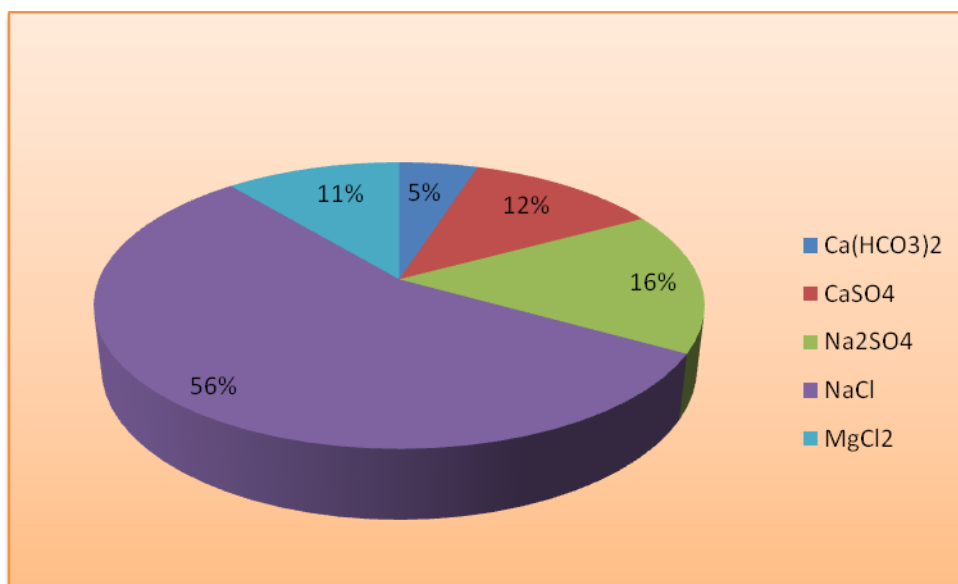


Figure N°21: pourcentage des sels dans l'horizon 2 profil 1.

Il est observé que le chlorure de sodium colonise remarquablement le deuxième horizon avec un taux de 56%. Il est suivi du sulfate de sodium avec un taux de 16% de total des autres sels (figure). Supériorité observée des sels de la série neutre (Voir figure21).

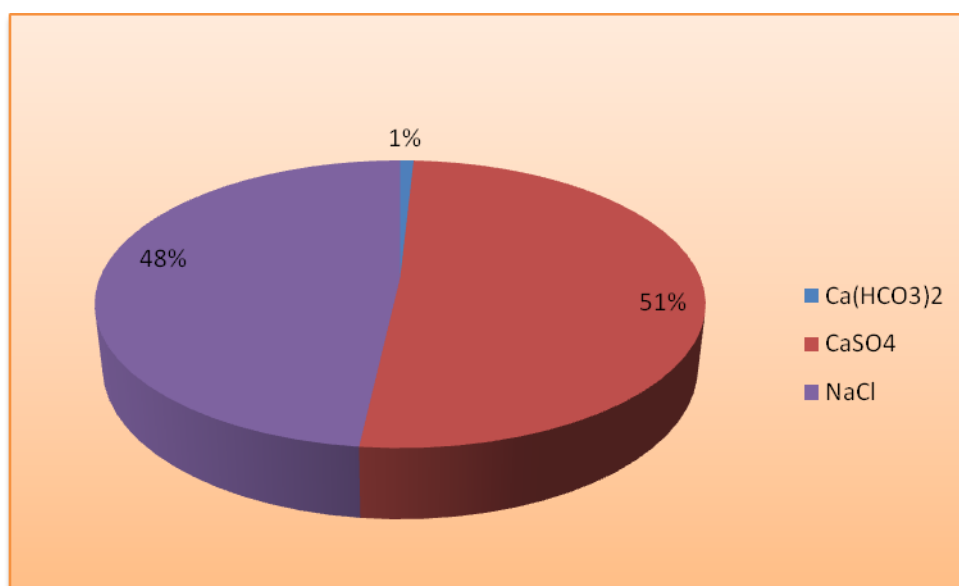


Figure N°22: pourcentage des sels dans l'horizon 3 profil 1.

Il est noté que CaSO₄ affiche une dominance remarquable qui enregistre un pourcentage de 51% et en suite le NaCl à un pourcentage de 48%. Les autres sels sont négligeables sauf le Ca(HCO₃)₂ (Voir figure22).

Tableau N°05 : répartition des sels des horizons de profil 02

Sels obtenus (mé/l)	H1	H2	H3
Ca(HCO ₃) ₂	2,36	2	1,8
CaSO ₄	3,84	4,4	11,8
Na ₂ SO ₄	26,36	5,86	3,8
NaCl	40,30	24,46	8,6
MgCl ₂	0,94	0	3,6
Reste en excés	Mg=0,75	Na=12,23	Cl=1,8

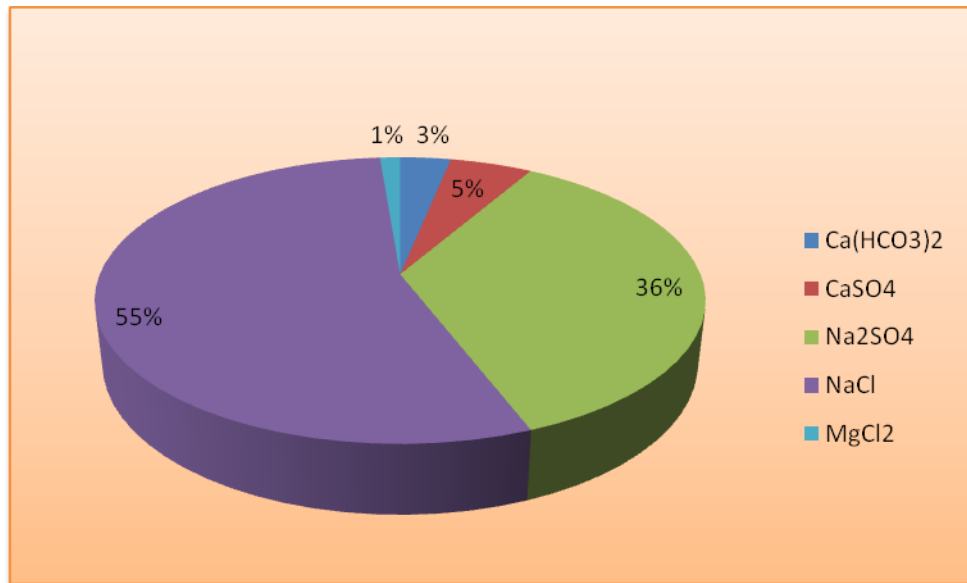


Figure N°23: pourcentage des sels dans l'horizon 1 profil 2.

Semblablement aux horizons des stations précédentes, le NaCl se démarque largement dans ce cas, son pourcentage a atteint 55% il est suivi du sel Na₂SO₄ avec un taux de 36% par apport aux autres sels. (Voir figure23).

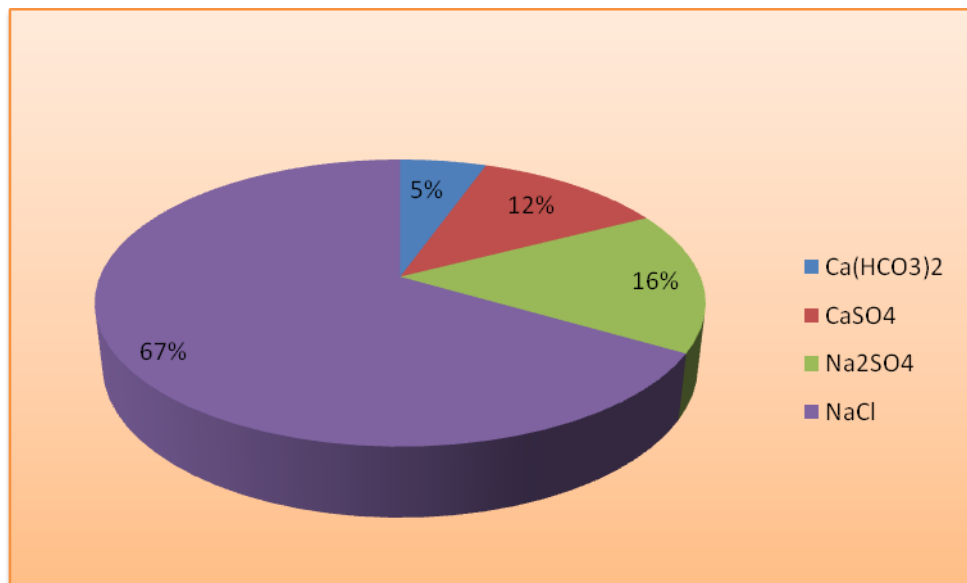


Figure N°24: pourcentage des sels dans l'horizon 2 profil 2.

Nous avons noté que le chlorure de sodium se démarque largement par apport aux autres sels avec un taux atteint 67%, et le sulfate de sodium avec un taux de 16%(Voir figure24).

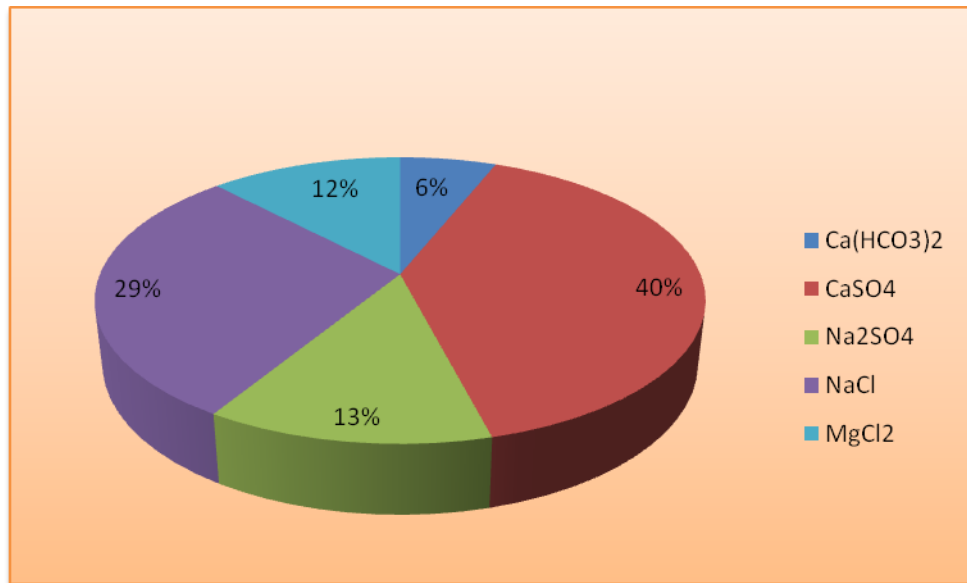


Figure N°25: pourcentage des sels dans l'horizon 3 profil 2.

Nous avons constaté que le sulfate de calcium et le chlorure de sodium à des taux successivement élevés 40%, 29% par rapport aux autres sels (Voir figure25).

IV.6.Corrélations ioniques

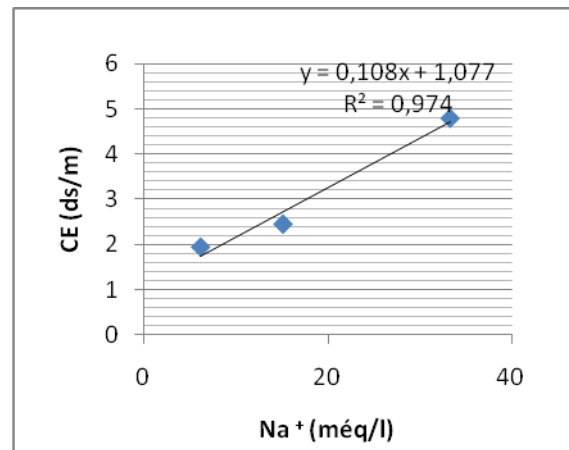
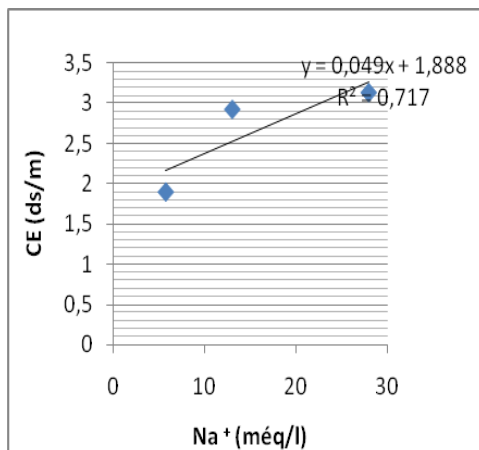


Figure 26: corrélation entre la CE et Na⁺ (profil1) **Figure27 :** corrélation entre la CE et Na⁺ (profil2)

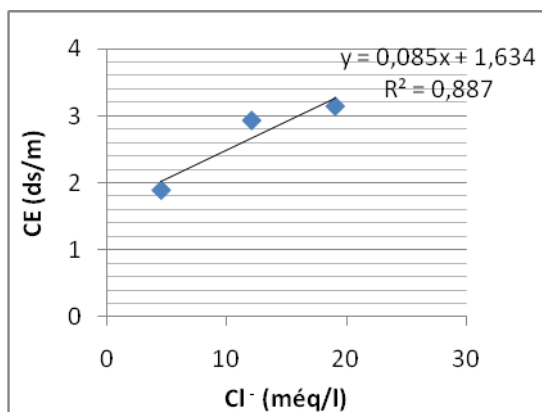


Figure 28: corrélation entre la CE et Cl⁻ (profil1)

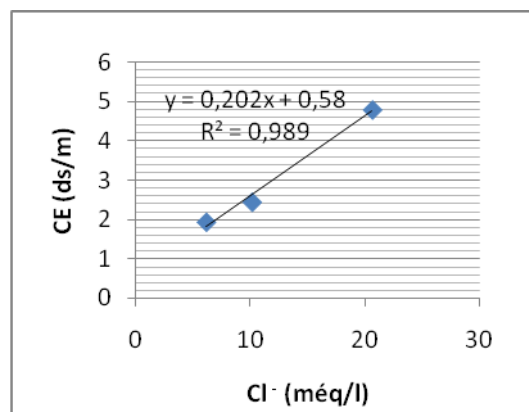


Figure 29: corrélation entre la CE et Cl⁻(profil2)

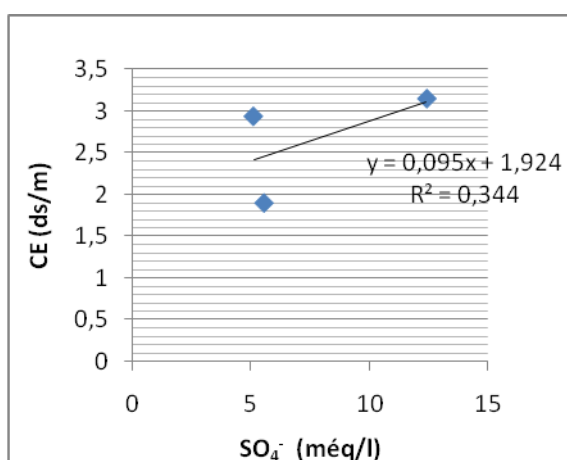


Figure 30: corrélation entre la CE et SO₄⁻ (profil1)

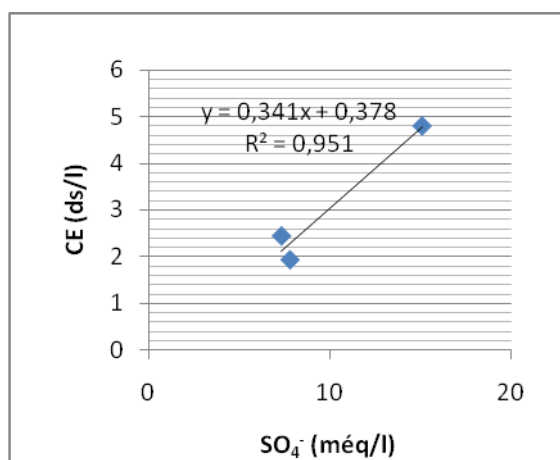


Figure31: corrélation entre la CE et SO₄⁻(profil2)

Par rapport aux conditions de travail et les paramètres étudiés on remarque l'existence d'une relation très hautement significative entre la conductivité électrique et les ions solubles (Na⁺ Cl et SO₄⁻), comme l'atteste les régressions linéaires entre la CE et Na⁺ (figure26 et 27) la CE et SO₄⁻(figure 28 et 29), CE et Cl⁻(figure 30et 31).

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 horizons de différents profils).

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'hydrogencarbonate et en fin le chlorure de magnésium à une proportion très faible.

Conformément à la bibliographie l'occupation majoritaire de notre sol par le NaCl (49%) et NaSO₄ (39%), sels hautement solubles donc très mobiles rend très toxique notre sol.

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 NaCl et Na₂SO₄, cette constatation est semblable aux résultats obtenus par ailleurs.

Sur les sols d'origine dunaire ou sabkha. La salinité elle est analogue seulement à des concentrations variables selon le tableau suivant

Tableau N°06 : Comparaisons entre les résultats obtenus sur notre site d'étude et les résultats obtenus par ailleurs.

		H1			H2			H3		
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺
Notre Résultat (meq/l)	Profil 01	19,10	12,40	28,01	12,10	5,10	13	4,53	5,55	5,68
	Profil 02	20,62	15,10	33,33	10,10	7,33	15,16	6,1	7,8	6,2
Résultat antér- ieur (meq/l)	Profil 01	30,73	33,81	32,90	174, 64	154, 45	348,29	21,69	26,64	8,36
	Profil 02	25,12	29,14	20,28	72,42	68,66	79,70	24,88	30	22,69
	Profil 03	37,78	29,89	36,51	503, 99	415, 34	693,99	40,64	35,05	37,11



Conclusion générale

Conclusion générale :

A la lumière de cette étude menée sur le sol nu de la cuvette d'Ouargla, en saison hivernale et sous l'influence des facteurs climatiques qui caractérisent l'aridité et la sécheresse de cette région, les résultats ont montré plusieurs caractères spécifiques.

Ce travail s'est proposé d'expliquer la distribution des sels dans le profil d'un terrain nu ainsi que les différentes interactions pouvant en découler. Il va sans dire que les sols salés ou sols halomorphes sont ceux qui renferment en quantités anormales des sels plus solubles que le gypse. C'est la raison pour laquelle le profil salin constitue pour nous un descripteur du niveau de la salinité le long du profil pédologique.

Notre sol nu, soumis au processus ascendant des sels ainsi qu'une accumulation saline en surface. Nous pouvons déduire que le profil salin de notre sol est de type A.

La caractérisation physique du sol indique exclusivement une texture sableuse, montrant ainsi le caractère squelettique de ce sol.

Les principaux résultats des analyses chimiques du sol nu indiquent :

- Un taux de salure le plus important est atteint au niveau des horizons de surface atteint 4,8 ds/m sur extrait aqueux 1/5.
- Dans ces mêmes horizons de surface, le pH a atteint des valeurs entre 7,4 et 7,52 d'où une neutralité et alcalinité dégradante de la structure du sol ; ces valeurs inférieures à 7,52 pour les horizons sous-jacents.
- Les plus fortes concentrations ioniques sont plus importantes en surface surtout pour le cation alcalin sodium et l'anion halogène le chlore ce qui atteste de leur grande mobilité des sels et leur concentration en surface.
- L'existence et la formation de sels sont intimement liées aux concentrations salines présentes dans la solution du sol. La séquence hypothétique de formation de sels est intimement liée à la répartition des cations et anions sur l'ensemble du profil ; en effet, la composante ionique sur les profils considérés est visiblement déséquilibrée au profit des ions chlore, sulfate et sodium. Il en résulte par conséquent une présence massive de sels formés à partir des ions sur cités essentiellement le NaCl et le Na₂SO₄ ; au niveau des horizons de surfaces prioritairement et au milieu du profil secondairement (horizon médian) attestant du profil salin de type A

Conclusion générale

En fin nous signalons le faite que la répartition et la compartimentation ionique et saline est la même dans les sols sableux à sebkha au les sols sableux dunaire.



Références bibliographiques

- 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.
- A.N.R.H., (2011)**- Agence National des Ressources Hydrauliques, 67P.
- AUBERT G., 1960** : Méthode d'analyse des sols. C.R.D.P, Marseille, 546 P.
- AUBERT.,1975**-Les sols sodiques en afrique du nord. Annuaire de l'I.N.A.Alger,6(1),pp.185-195.
- BAIZE D., 1988**- Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression-présentation-interprétation).ED.INRA, 172p.
- BERRABEH 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 de Ouargla, Mém, Ing, Univ, Ouargla, 89p.
- BAZILEVICH, et PANKOVA ., (1968)**-polycopie cours INA El-Harrach-1972,72 P
- DAOUD Y., HALITIM A., 1994**- Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse.
- DJAMAL R., 1993**- Contribution a l'étude de la salinité des sols et des eaux du lac fetzara. Mém.Mag, Univ, (ANNABA), 75 P.
- DROUBI. A, FRITZ. B., et TARDY. Y. (1976)**. Équilibres entre minéraux et solution. Programmes de calcul appliqués à la prédiction de la salure des sols et des doses optimales d'irrigation. Cah. ORSTOM, série Pédo., 14, 13-38.
- DUTIL P., 1971**. Contribution à l'étude des sols et des paléosols sahariens. Thèse de doct. Sciences de l'université Strasbourg, 346p.
- GAUCHER G., BURDIN S., 1974** – Géologie, Géomorphologie et Hydrologie des terrains salés. Ed. P.U.F., Paris, 231 p.
- HALILAT M. T., 1998**- Etude expérimentale de sable additionne d'argile. Comportement physique et organisation en condition salines et sodique. Thèse. doct, I.N.A.P-G, Paris, 206p.
- 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.

- HALITIM A., 1988-** Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 141p
- HAMDI AISSA B., GIRARD M.C., 2000-** Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatial des pédopaysages. Revue sécheresse, vol.11 (3).
- HAMDI AISSA,2001-**Le fonctionnement actuel et passé de sols du nord du Sahara (cuvette d'Ouargla . Approches micro morphologique , géochimique , minéralogique et organisation spatial , Thèse Doct .,I.N.A.-G , Paris,310p
- HULLIN M., 1983-** Cours de drainage, partie consacrée aux sols salés, Cours polycopié, vol, 3, INA, Alger ; 139p.
- IDDER M^{ed} A., 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.
- KHADRAOUI., SAFIA., 2005 :** qualité des eaux dans le sud algérien, 169p.
- LELIEVRE. R.F. (1969).** Assainissement de la cuvette d'Ouargla. Ministère des travaux Publiques et de la Construction, rapports Géohydrauliques n°2, 18p ; n°3, 84p.
- NEZLI I D., 2009.** Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la asse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla), mémoire de doctorat, Univ, Biskra, 111p.
- NIBOUA Y., 2010-** Etude comparative de la salinité dans trois situations agricoles différentes .Application à la palmeraie de l'université de Ouargla . Mém. Ing. Univ, Ouargla 66p.
- OMEIRI N., 1994-** Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette de Ouargla. Mém. Ing, INFS/AS, Ouargla, pp. 23-24.
- ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975-** Le pays de Ouargla (Sahara algérien) Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique, pub Université du Sorbonne, Paris, 316p.
- 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.
- SERVANT J.M., 1978-** La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes D'irrigation drainage. Bull. B. R. G. M. Sect. N°2, PP. 123-142\$

SIMOUNEAU .P, AUBERT .G, (1963)- « L'utilisation des eaux salées au sahara »,
Ann .Agr . O.R.S.T.O.M, Ser.Péd., 14(5), pp859-872



Annexe

Echelles utilisées à l'interprétation des résultats

Tableau I : Salinité du sol (extrait aqueux 1/5) (AUBERT, 1978)

CE (ds/m) à 25°C	Degrés de salinité
$CE < 0,6$	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

Tableau II: pH du sol (extrait aqueux 1/5) (GAUCHER, 1968)

pH	Sol
$6,75 < pH \leq 7,25$	Neutre
$7,25 < pH \leq 8,5$	Alcalin
$pH > 8,5$	Très alcalin

Tableau III: Calcaire total (BAIZE, 1988)

CaCO ₃ (%)	Sol
$CaCO_3 \leq 1$	Non calcaire
$1 < CaCO_3 \leq 5$	Peu Calcaire
$5 < CaCO_3 \leq 25$	Modérément calcaire
$25 < CaCO_3 \leq 50$	Fortement calcaire
$50 < CaCO_3 \leq 80$	Très calcaire
$CaCO_3 > 80$	Excessivement calcaire

Tableau IV : Classe des sols gypseux (BARZANJI, 1973 in HELIMI, 2010)

Gypse	Nom de la classe
<0,3	Non gypseux
0,3-10	Légèrement gypseux
10-15	Modérément gypseux
15-25	Fortement gypseux
25-50	Extrêmement gypseux

Tableau V : Classe du danger d'alcalinisation du sol U.S.S.L(1954)

Classe	SAR	Caractéristiques
S1	0 à 10	Eaux faiblement sodiques, utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaine culture sensible au sodium puissent être gênés (avocatier)
S2	10 à 18	Eaux moyennement sodique, le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et forte capacité d'échange
S3	18 à 26	Eaux très fortement sodiques, provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols



Photo n°1 :le materiel utilisé sur terrain



Photo n°2 :l'exploitaion étudiée



Photo n°3 :prélèvement des échantillons



Photo n°4 :prélevement des échantillons



Photo n°5 :défrechement de profil



Photo n°6 :tamisage du sol



Photo n°7 : conductimètre

Résumé

Notre travail s'est intéressé à la caractérisation pédologique d'une exploitation agricole irriguée d'une région aride cas de la STEP de SAID-OUTBA (Ouargla), qui se caractérise par une texture sableuse du sol avec des conductivités électriques plus au moins élevées, le maximum et le minimum sont de (4,80 ds/m à 1,9 ds/m).

A partir des prélèvements des échantillons dans les horizons de chaque profil les principaux résultats indiquent une supériorité remarquables des ions chlore et sulfate parmi les anions et le sodium parmi les cations. Cela se confirme par la présence majoritaire des sels neutres NaCl (Halite) et N_2SO_4 (thénardite). Ces mêmes sels sont caractérisés par une diminution en concentrations selon l'augmentation de la profondeur.

Mots clés : caractérisation pédologique, SAID OTBA, Ouargla, sols salés , typologie des sels .

ملخص

يهتم عملنا هذا بدراسة خصائص تربة لمستنمرة زراعية مسقاة لمنطقة جافة على مستوى مؤسسة معالجة المياه الملوثة بسعيد عتبة (ورقلة) والتي تتميز ببنية نسيجية رملية وذو قيمة للناقلية الكهربائية من 1.9ds/m إلى 4.80ds/m.

من خلال العينات المختبرة أظهرت النتائج انه هناك أكثرية للشوارد، الكلور، الصلفات، الصوديوم، بالنسبة للكتيونات وهذا يؤكد وجود الغالب للأملاح المتشكلة المعتدلة $Na_2SO_4, NaCl$ ، هذه الأملاح تتميز بالانخفاض في تركيزها على حسب زيادة العمق .

الكلمات المفتاحية: خصائص التربة، سعيد عتبة، ورقلة، تربة مالحة، تصنيف الأملاح.

Summary

Our work has focused on the pédology characterization of an irrigated farm in an arid(dry) region , the case of STEP of SAID-OUTBA (Ouargla), it is characterized by sandy structure (texture) of sil with slightly high electric conductivity. The maximum is 4,80 ds/m and the minimum is 1,9 ds/m).

From the samptes taking of each profil, the main results has showed a remarkable superiority of the anion chlorine and sulfate (sulphate) among the anions and the sodium among action. That , what has been confirmed by the major presence of neutral solt NaCl (Halite) and N_2SO_4 (Thénardite) these salts are characterized by a decrease in concentration according to the increase of depth

Kay words: characterization pédology, SAID OTBA, Ouargla, salt soil, typology of salts.