UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques
Spécialité : Agronomie saharienne
Option : mise en valeur des terres sahariennes

THEME

Etude comparative de la salinité dans trois situations agricoles différentes. Application à la palmeraie de l'université

Présenté et soutenu publiquement par :

Melle, ***NIBOUA Yamina.***
Le 04 /10/2010

Devant le jury :

Président :	***M$_r$ SAKER M^{ed}. L.***	*M.C.A. Université KASDI MERBAH*
Promoteur :	***M$_r$ IDDER M^{ed}A.H.K.***	*M.A.A. Université KASDI MERBAH*
Co-Promoteur	***M$_r$ BERKAL .I.***	*M.A.A. Université KASDI MERBAH*
Examinateur :	***M$_r$ NEZLI .I.Edd***	*M.C.B. Université KASDI MERBAH*
Examinatrice :	***M^{me}YOUCEF.F.***	*M.A.A. Université KASDI MERBAH*

Année Universitaire : 2009/2010

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant pour son aide durant des longues années d'étude, et qui nous a permis de réaliser ce travail en nous donnant la force et la volonté.

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à monsieur **IDDER. A.** pour m'avoir proposé se thème et pour son encadrement et aide.*

*Je dois une mention particulière à monsieur **BERKAL. I.** Co-promoteur par son efficacité du point de vue méthodologie au niveau de tout le thème.*

*Je remercie Mr **SAKER.M.L.** Pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

Mes remerciements s'adressent également à tous les autres membres de jury, composés de mes enseignants Mr NEZLI. I.Edd. et Meme YOUCEF. F.comme examinateurs de ce travail.

Je remercie par cette occasion les directeurs et les travailleurs des laboratoires pour les moyens qu'ils ont mis à ma disposition.

Je remercie enfin touts les étudiants de la 22eme promotion et toutes les personnes qui m'ont aidé.

Yamina

Liste des abréviations

ABRIVIATION	SIGNIFICATION
A.N.R.H :	Agence National des Ressources Hydriques.
C :	Carbone organique.
C.E :	Conductivité Electrique.
C.I :	Continental Intercalaire.
CT :	Complexe Terminal.
Da :	Densité apparente.
Forg 2 :	Forage sénonien.
Forg1 :	Forage Miopliocène.
M.O :	Matière Organique.
O.N.M :	Office National de Météorologie.
PA2:	piézomètre de secteur A2.
PB1 :	piézomètre de secteur B1.
PB2, 1 :	piézomètre de secteur B2, 1.
PD1 :	piézomètre de secteur D1.
PF1 :	piézomètre de secteur F1.
pH :	Potentiel hydrogène.
SAR :	Sodium Adsorbtion Ration
SO4.Ca:	sulfaté-calcique.
SO4.Mg:	sulfaté-magnésique.
SO4.Na:	sulfaté-sodique

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Données climatiques de la station de Ouargla, période 1997- 2009	05
Tableau 02	Résultats des analyses du sol : secteurA2……..	26
Tableau 03	Résultats des analyses du sol : secteur B1……...…..	28
Tableau 04	Résultats des analyses du sol : secteur B2, 1……..……	30
Tableau 05	Résultats des analyses du sol: secteur B2, 2……..	32
Tableau 06	Résultats des analyses du sol : secteur D1…….	34
Tableau 07	Résultats des analyses du sol : secteur D2, 1…….	36
Tableau 08	Résultats des analyses du sol : secteurF1……	38
Tableau 09	Résultats d'analyses des eaux des forages……..	39
Tableau 10	Résultats d'analyses de l'eau de la nappe phréatique…….	40
Tableau 11	Répartition des sels dans le profil A2……	51
Tableau 12	Répartition des sels dans le profil B1……	53
Tableau 13	Répartition des sels dans le profil B2-1…….....	55
Tableau 14	Répartition des sels dans le profil B2-2……..	57
Tableau 15	Répartition des sels dans le profil D1…….	59
Tableau 16	Répartition des sels dans le profil D2-1…….....	61
Tableau 17	Répartition des sels dans le profil F1……..	62

Liste des figures

Figure	Le titre	Page
Figure 1:	Diagramme Ombrothérmique de la station de Ouargla (1999- 2009)	07
Figure 2 :	Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla……..	08
Figure 3:	Situation de d'exploitation de l'université de Ouargla (I.T.A.S)……	18
Figure 4:	Etat du réseau de drainage……...	19
Figure 5:	Classification des eaux d'irrigation dans le site d'étude selon Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND. …….	41
Figure 6:	Répartition des ions dans le profil A2…….	42
Figure7 :	Profil salin A2…….	42
Figure 8 :	Répartition des ions dans le profil B1…….	43
Figure 9:	Profile salin B1……	43
Figure 10 :	Répartition des ions dans le profil B2, 1……..	44
Figure 11:	Profil salin B2, 1……..	44
Figure 12 :	Répartition des ions dans le profil B2, 2……..	45
Figure 13:	Profil salin B2, 2……..	45
Figure 14:	Répartition des ions dans le profil D1…….	46
Figure *15:*	Profil salinD1..……...……..	46
Figure 16:	Répartition des ions dans le profil D2, 1…….	47
Figure17 :	Profil salin D2, 1……..	47
Figure 18:	Répartition des ions dans le profil F……	48
Figure 19 :	Profil salin F1……..	48
Figure 20 :	Répartition des sels dans le profil A2……..	52
Figure 21 :	Répartition des sels dans le profil B1……..	54
Figure 22:	Répartition des sels dans le profil B2, 1……..	56
Figure 23 :	Répartition des sels dans le profil B2, 2……..	58
Figure 24 :	Répartition des sels dans le profil D1…….	60
Figure 25 :	Répartition des sels dans le profil D2, 1……..	61
Figure 26 :	Répartition des sels dans le profil F1……..	63

Sommaire

Page

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale…….. 2

Chapitre I- Présentation de la région de Ouargla

1.1 Situation géographique ……..…. 5
1.2 Climat…….. 5
1.2.1 La température …….……. 6
1.2.2 Les précipitations ……. 6
1.2.3 Les vents …….. 6
1.2.4 L'évaporation…… 6
1.2.5 L'humidité …….. 6
1.2.6 L'insolation …….. 6
1. 2 .3 Synthèse climatique …….. 6
1. 3- Pédologie de la région…… 8
1. 4 Géomorphologie de la région…….. 9
1. 5 Hydrogéologie de la région…… 10
1. 5 .1 Nappe phréatique…… 10
1. 5. 2- Nappe Miopliocène : …… 10
1. 5. 3 Nappe Sénonien …… 10
1. 5.4 Nappe Albienne …….. 10
1. 6- Hydrographie de la région…….. 10

Chapitre II- Généralités

2. Généralités sur les sols nus …… 13
2.1. Profil salin …….. 13
2.1.1. Le type A…….. 13
2.1. 2. Le type B…… 13
2.1. 3. Le type D…… 13
2.1. 4. Le type C…… 14
2.2 . Action des accumulations salines dans le sol nu…… 14
2.2.1. Horizon d'accumulation des chlorures…….…… 14
2.2.2. Horizon d'accumulation du gypse…… 14
2.3. Sol salin sous sol nu ou de tâches salées……..…….. 14
2.4. Remontée capillaire……..…….. 15

Chapitre III- Matériels et méthodologie de travail

3.1. Matériels d'étude …… 17
3.1.1. Présentation du site expérimental …… 17
3 .1.2.Caractéristiques du site expérimentale ……..... 17
3.1.3. La production agricole…….. 18

3.1.3.1 palmier dattier …….... 18
3.1.3.2 Culture fourragère ……...….. 18
3.1.3.3 Culture maraîchère. ……...… 19
3.1.4. Sources d'irrigation ……..... 19
3.1.5. Le réseau de drainage ……..... 19
3.1.6 Brise vent …….. 19
3.2. Méthodologie……... 20
3.2.1. Echantillonnage de sol…….. 20
3.2.2. Caractérisation des eaux des forages et de la nappe phréatique…….. 20
3.2.3. Méthodes d'analyses……..... 20
3.2.3 .1. Analyses physiques…….. 20
3.2.3.1.1. Humidité……. 20
3 .2.3.1.2. Densité apparente……..... 21
3.2.3.1.3. Granulométrie……..... 21
3.2.3.2. Analyses chimiques……... 21
3.2.3.2.1.le pH ……..... 21
3.2.3.2.2. Conductivité Electrique (C.E.)……... 21
3.2.3.2.3. Dosage des anions…….. 21
a. Carbonate et Bicarbonate (CO32 – et HCO3-)…….. 21
b. Chlorures (Cl-)……... 21
c. Sulfates (SO42-)……. 22
3.2.3.2.4. Dosage des cations……. 22
e. Magnésium (Mg2+)…… 22
3.2.3.2.5. Gypse…….…… 22
3.2.3.2.6. Calcaire total…….……. 22
3.2.3.2.7. Matière organique …… 22
3.2.5 Typologie des sels……. 23
3.2.5.1. Hypothèse de la formation des sels……... 23
3.2.5. .1.1. Bicarbonates (HCO3-)……. 23
3.2.5.1.2. Sulfates (SO42-)……. 23
3.2.5.1.3. Chlorures (Cl-)……... 23

Chapitre IV- Résultats et discussions

4.1-Caractéristique morphologique et analytique du sol…… 25
4.1-1Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil de la palmeraie seine… 25
4.1-2. Caractéristiques morphologiques et analytiques des profils de la palmeraie dégradée……..……..…... 27
4.1.2.1 Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil secteur (B 1)…… 27
4.1.2.2 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur B2, 1…..... 29
4.1.2.3 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur B2, 2…..... 31
4.1.2.4 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur D1…… 33
4.1.2.5 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur D2, 1…..…… 35
4.1.3 Caractéristique morphologique et analytique de profil du sol nu (secteur F1)…… 37
4.2 Caractéristiques des eaux des forages et de la nappe phréatique ……... 39
4.3 Répartition des ions dans les différents profils……. 41

4.3.1 Répartition des ions dans le profil de la palmeraie seine A2…….……... 41
4.3.2 Répartition des ions dans les profils de la palmeraie dégradée…… 42
4.3.2.1 Répartition des ions dans le profil B1……... 42
4.3.2.2 Répartition des ions dans le profil B2, 1…….……... 43
4.3.2.4 Répartition des ions dans le profil B2, 2 ……... 44
4.3.2.5 Répartition des ions dans le profil D1…… 45
4.3.2.6 Répartition des ions dans le profil D2, 1…… 46
4.3.3 Répartition des ions dans le profil du sol nu : profil F1…… 47
Conclusion……. 49
4.4. Typologie des sels et leurs répartitions…….. 50
4.4.1 Typologie des sels …… 50
4.4.2 Répartition des sels dans les profils étudiés……. 51
4.4.2.1 Répartition des sels dans le profil de la palmeraie seine : Profil A2……. 51
4.4.2.2 Répartition des sels dans les profils de la palmeraie dégradée:(B1, B2, 1, B2, 2, D1, et D2, 1) :……... 53
4.4.2.2.1 Profil B1…….…….…… 53
4.4.2.2.2 Profil B2, 1…….…….…… 55
4.4.2.2.3 Profil B2, 2…….……. 57
4.4.2.2.4 Profil D1……..…… 59
4.4.2.5 Profil D2, 1……...…….…… 61
4.4.2.3 Répartition des sels dans le profil du sol nu :(F1)…….…. 62
Conclusion…….…… 64
Conclusion générale…….…… 66
Références bibliographiques……...…… 68
L'annexe…… 71

Introduction

Introduction

Les sols salés constituent un trait caractéristique des paysages des zones arides et semi arides.

En Afrique du Nord, la combination entre un passé géologique favorable au stockage des sels, l'aridité du climat, l'hydrographie, l'hydrogéologie et l'irrigation mal contrôlée font de la salinisation des sols une menace permanente (AUBERT, 1975; HULIN, 1983)

En Algérie, de l'Est à l'Ouest, de la côte au Sahara les sols agricoles sont dans leur forte majorité, affectés par les sels ou susceptibles de l'être (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1973).

Dans les régions sahariennes, l'agriculture n'est possible que grâce à l'irrigation, Cependant cette technique qui modifie considérablement les propriétés du sol peut être dangereuse.

En effet, les eaux d'irrigation sont plus souvent chargées des sels qui peuvent dans le sol atteindre une concentration néfaste pour les plantes.

D'après DURAND (1960) qui a montré que les apports d'eau destinés à augmenter la capacité de production du sol, vont modifier considérablement le milieu, et son évolution par l'augmentation de son humidité et les apports de sels.

La salure du sol peut rapidement évoluer. En conférant à ce dernier des caractéristiques spécifiques à chaque étape de cette évolution. La description et l'explication d'une situation momentanée des sols étudiés aura donc une vision limitée dans le temps. Pour mieux cerner les risques de salinisation progressive, il faut donc identifier les mécanismes responsables de leur évolution en précisant la nature des agents causaux.

Pour contribuer aux travaux traitant de la salure, une caractérisation de la salinité s'avère importante si non nécessaire pour identifier la présence saline très réputée dans nos régions.

Pour cela, nous aurons à comparer la variabilité spatiale de la salinité dans trois situations agricoles différentes (palmeraie saine, palmeraie dégradée, et un sol nu) à fin d'étudier le sol morphologiquement et physico- chimiquement, ainsi que l'eau d'irrigation.

En fin nous aurons à compartimenter les sels hautement toxiques qui existent dans le sol, à partir de la combinaison des cations et des anions déterminés par l'hypothèse de la formation des sels (BAZILEVICH et PANKOVA, 1968).

Cette étude comporte quatre chapitres :

- Premier chapitre s'articule sur des généralités. (sol nu).
- Deuxième chapitre pour la représentation de la région d'étude.
- Troisième chapitre prendra en compte le matériel et méthodologie de travail.
- Quatrième chapitre traitera les résultats obtenus.

Les sols étudies sont soumis à deux actions principales, la nappe phréatique à la base et le climat aride en surface.

.

Chapitre I :
Présentation de la région

Chapitre I- Présentation de la région de Ouargla

1.1 Situation géographique

La région de Ouargla se situe au sud-est de L'Algérie, à environ 800 Kms au fond d'une large cuvette de la vallée d'Oued M'ya. Elle se trouve à une altitude de 157m, ses coordonnées géographiques sont 31° 58' latitude nord, 5° 20' longitude Est.

Ouargla couvre une superficie de 99 000 hectares, elle est limitée :

- Au Nord par la ville de Touggourt ;
- Au Sud par la ville de Hassi-Messaoud ;
- A l'Est par la Tunisie sur 500 Kms ;
- A l'Ouest par la ville de Ghardaïa.

1.2 Climat :

Tableau -1 : Données climatiques de la station de Ouargla, période 1997- 2009 :

Mois	Températures (°C)			Précipitation (mm)	Vitesse du vent (m/s)	Evaporation (mm)	Humidité (%)	Insolation (heure)
	Min.moy	Max.moy	Moyenne					
Janvier	4,9	18,5	11,7	7,9	2,8	102,0	60,1	246,3
Février	6,6	20,9	13,7	1,0	3,2	128,2	52,4	240,3
Mars	10,1	25,5	17,8	4,0	3,8	218,2	41,9	248,1
Avril	14,9	29,9	22,4	1,6	4,4	289,7	35,3	281,4
Mai	20,0	34,8	27,4	1,2	4,8	343,2	32,2	275,2
Juin	25,0	39,4	32,2	0,3	4,6	431,9	26,2	299,2
Juillet	25,9	43,7	34,8	0,5	4,2	484,1	24,6	337,3
Août	27,3	42,9	35,1	1,4	4,0	451,8	25,4	320,3
Septembre	23,7	37,6	30,6	3,6	4,1	315,9	38,0	254,4
Octobre	17,8	31,8	24,8	8,3	3,5	239,6	46,4	259,9
Novembre	10,1	23,9	17,0	7,0	2,8	137,3	56,5	246,6
Décembre	5,9	20,5	13,2	1,9	2,7	95,2	60,5	201,3
Moyenne	16,0	30,8	23,4	38,7*	3,7	3237,2*	41,6	267,5

(O.N.M Ouargla, 2010)

***:** Cumul annuel moyen.

Min moy: température minimale moyenne.

Max moy : température maximale moyenne.

Les données climatiques représentées dans le tableau montrent :

1.2.1 La température : Une température moyenne annuelle de 23.4 °C, avec une température maximale moyenne de 43, 7 °C notée pour le mois de Juillet. La minimale moyenne est de 4,9 °C enregistrée pour le mois de Janvier.

1.2.2 Les précipitations : Elles sont très rares et irrégulières. Le mois le plus pluvieux est Octobre avec 8,3mm, en revanche des quantités très faibles (0,3mm) peuvent être enregistrées pour le mois de Juin.

1.2.3 Les vents : les vents soufflent pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 2,7 m/s en Décembre à 4,8 m/s en Mai.

1.2.4 L'évaporation: Elle est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds; la quantité maximale évaporée 84,1mm correspondant le mois le plus chaud par contre la quantité minimale avec 95,2 mm est enregistrée pour le mois le plus froid .Le cumule annuel est de 3237,2 mm.

1.2.5 L'humidité de l'air dans la wilaya est plus ou moins importante Où la moyenne annuelle est de 41,6%. L'humidité la plus haute est enregistrée en Décembre avec 60,5% et la plus basse est enregistrée en juillet avec 24,6%.

1.2.6 L'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 (337,3 heures) et Décembre en hiver (201,3 heures).

1. 2 .3 Synthèse climatique :

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

1. 2.3. 1-Diagramme Ombrothérmique de Gaussen de la région de Ouargla (1997-2009).

Le diagramme montre que la période sèche s'étale sur toute l'année.

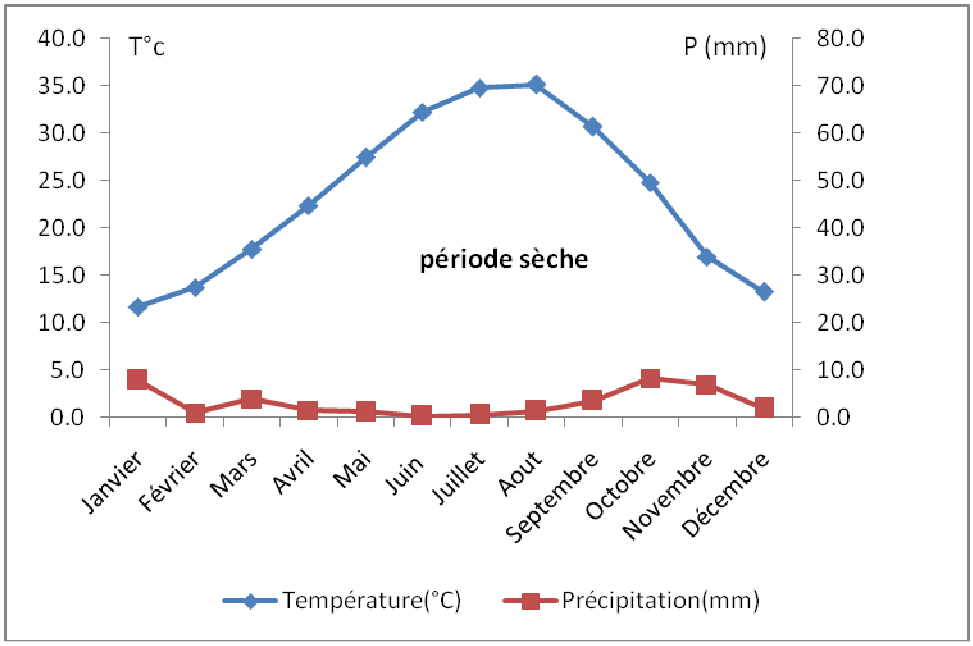


Figure 1 : Diagramme Ombrothérmique de la station de Ouargla (1999-2009)

1. 2.3. 2- Climagramme d'EMBERGER:

Pour l'Algérie et le Maroc une formule plus simple a été montrée par STEWART (1969):

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

Dont :

P : pluviosité moyenne annuelle en mm ;

M: moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C;

m : moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en °C ;

En fin pour la période (1999-2009) Q3=3,42, donc Ouargla se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (fig. 2)

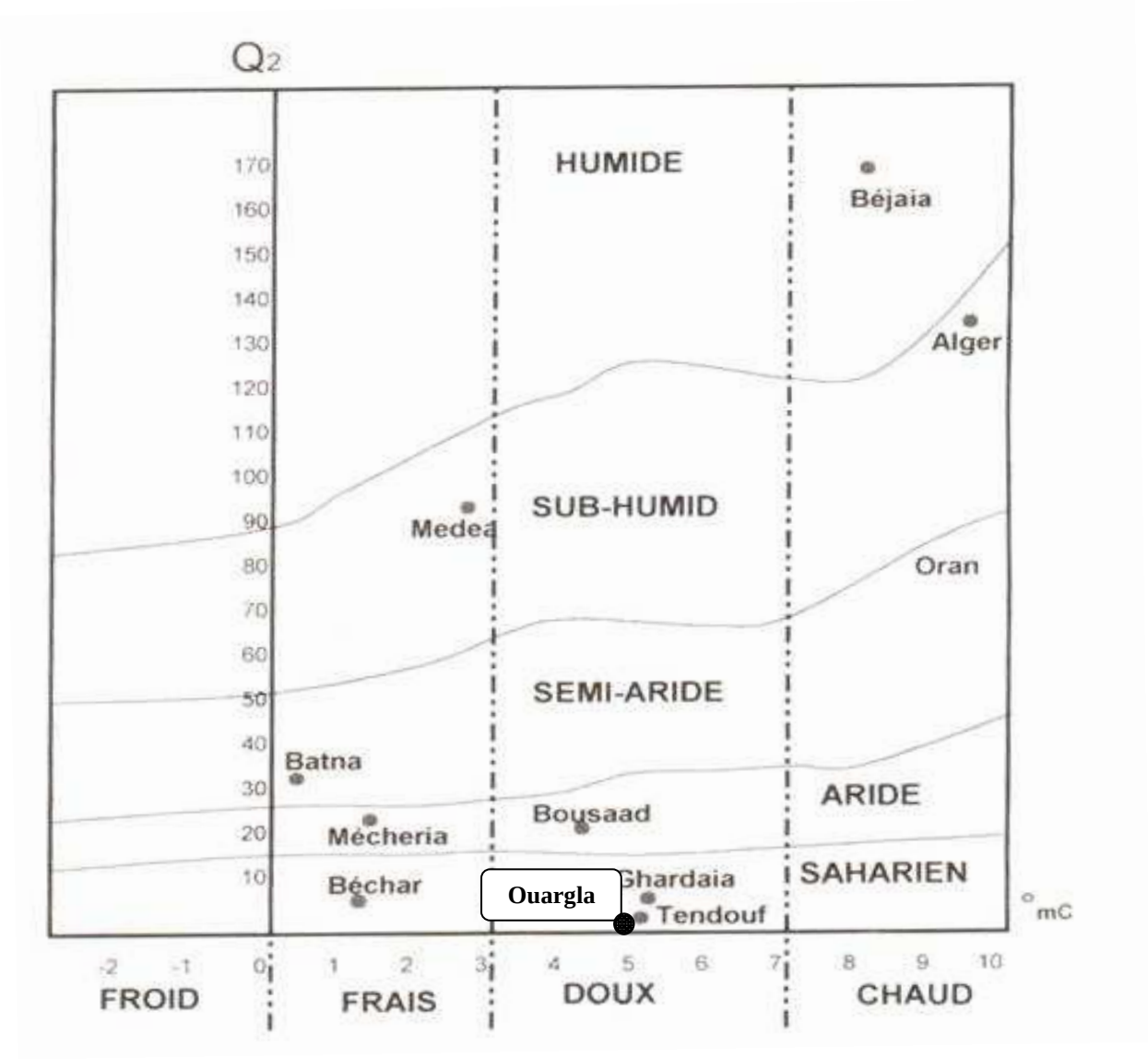


Figure 2 : Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla

1. 3- Pédologie de la région :

A Ouargla, comme dans la plupart des sols au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphie. La fraction minérale est constituée dans sa quasi- totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur 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 (BNEDER, 1994 in DADAMOUSSA, 2007).

Dans la région de Ouargla, la majorité des sols se situent dans les zones planes ou dans les dépressions, ils se caractérisent par une forte hydromorphie et une salinité élevée. A l'exception de certains sols qui se situent dans la périphérie nord d'Ain Moussa

et Bour El Haicha, les autres présentent un caractère fortement salin à très fortement salin.

La texture de ces sols est très grossière et la structure est le plus souvent (une forte teneur en gypse et un faible taux de matière organique). (BNEDER, 1994 in DADAMOUSSA, 2007).

1. 4 Géomorphologie de la région :

. Selon ROUVILLOIS BRIGOL (1975), la dissymétrie de la vallée est marquée par la présence d'une falaise occidentale (le baten), particulièrement nette et continue, tandis que la limite orientale est beaucoup plus imprécise :

A l'Ouest, un plateau calcaire surplombe la cuvette (à environ 20 m d'altitude) en confluence de l'Oued M'ZAB et de l'Oued N'SA et au-delà tout le long de l'Oued Right.

A l'Est, la limite est moins nette, le plateau très démantelé ne dépasse 160 m d'altitude et son rebord disparaît souvent sous les sables : ERG TOUIL, ERG BOUKHEZANA et ERG ARIFIDJI.

Au Sud, un massif dunaire recouvre les ruines de SEDRATASon altitude dépasse 150 m, dominant de 20 m le point le plus bas de la vallée qui, à cette altitude, se trouve au pied du baten occidentale.

Au Nord, la vallée reprend une direction (sud-sud-ouest) – (nord-nord-est). La SEBKHET SAFIOUNE en occupe le centre, tandis que ses rives sont couvertes de massifs dunaires.

Enfin, tout le long de la vallée, les SEBKHAS et les massifs dunaires alternent avec les fonds sur lesquels se sont installées les cultures irriguées et bours.

La pente générale de la vallée est légèrement inférieure à 1‰ (52 m de dénivelée par 55 Km) mais elle n'est pas constante. Nous pouvons isoler trois tronçons (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975) :

- Du pied du DJEBEL ABBAD à la rive 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 SEBKHAT SAFIOUNE où la pente est réduite à 0.6‰.

1. 5 Hydrogéologie de la région :

Les potentialités du Sahara en ressources en eau par région, sont évaluées par les services de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H, 1992) à 600.000 milliards de m³ répartis entre les deux grandes aquifères à savoir le Complexe terminal et Continental Intercalaire.

1. 5 .1 Nappe phréatique:

La nappe phréatique se trouvant à quelques mètres de la surface du sol. Elle reçoit ainsi une partie des eaux captives sous-jacentes en même temps qu'un apport du drainage des palmerais et une contribution des ruissellements superficiels (ROUVILLOIS BRIGOL, 1975).

Cette nappe est continue dans les sables alluviaux de la vallée. Elle s'écoule du sud vers le nord suivant la pente de la vallée. Sa profondeur varie de 1 à 8 m selon les lieux et les saisons elle est hyper chargée en sel (50 g/l) soit une salinité moyenne de 78dS/m (ROUVILLOIS BRIGOL, 1975).

1. 5. 2- Nappe du Miopliocène :

Les formations du complexe terminal (CT) appelées aussi Miopliocène, sont moins profondes (de 100 à 400 m) que le continental Intercalaire (C.I).La salinité de la nappe est très variable 4, 71, à 8,34 dS/m d'après NEZLI (2009).

Dans la région de Ouargla, les deux tiers des ressources hydrauliques disponibles sont fournis par la nappe du Miopliocène (HAMDI AISSA, 2001).

1. 5. 3 Nappe du Sénonien :

C'est une nappe de calcaire qui constitue avec la nappe des sables le complexe terminal. La nappe du Sénonien est peu exploitée vu son faible débit, sa profondeur d'exploitation varie de 140 à 200 m (ROUVILLOIS BRIGOL, 1975). La salinité de cette nappe selon NEZLI (2009) est aussi très variable 3,76 à 5 ,48 dS/m.

1. 5.4 Nappe Albienne : (Continental Intercalaire)

Les eaux du Continental Intercalaire présentent une composition chimique assez variable suivant les régions. Généralement la salinité de cette nappe est varie de 3,41 à 3,83 dS/m (NEZLI, 2009).

L'eau de cette nappe est caractérisée par une température élevée de l'ordre de 50° C à la surface.

1. 6- Hydrographie de la région:

Les Oueds, malgré leur nombre assez élevé, leur role est négligeable à cause de peu de crues enregistrées à l'exception de l'Oued M'ya (considéré aujourd'hui comme fossile) et de l'Oued Right (a écoulement permanent grâce aux eaux de drainage principalement.

.

Chapitre II : Généralités

2. Généralités sur les sols nus salés du Sahara

2.1. Profil salin

Il constitue une image globale de la salinité dans la tranché de sol considéré. Sa lecture renseigne avec précision sur la distribution et sur la concentration des sels dans le profil. Son interprétation est agronomiquement immédiate (IDDER, 2006).

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

2.1.1. 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 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.

2.1. 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.

2.1. 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.

2.1. 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.

2.2. 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 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. (SIMOUNEAU et AUBERT, 1963).

2.2.1. Horizon d'accumulation des chlorures

C'est le faciès le plus évident de la salinité. Il se manifeste par l'apparition d'efflorescences salines blanches à la surface. Les expériences ont montré que cette forme indique un profil salin de type A avec de 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).

2.2.2. 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 apparait 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).

2.3. 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).

2.4. Remontée capillaire

La hauteur de la frange capillaire est fonction de la nature des matériaux, et les expériences de MASSOUMI (1968) ont montré que le processus affectait une tranche de sol plus épaisse dans le cas des limons que dans le cas des sables. Plus la nappe est profonde et plus le débit d'ascension capillaire diminue.

Les variations de texture au niveau d'un profil donné vont par conséquent intervenir dans le processus. C'est ainsi que MASSOUMI (1968) a démontré expérimentalement que, par rapport à un sol uniformément limoneux, la superposition sable sur limon joue un rôle modérateur alors que par rapport à un sol uniformément sableux, la superposition limon sur sable joue un rôle accélérateur. Cet auteur constate que le front d'humidité capillaire ne présente pas la même allure dans le cas des sols hétérogènes que dans celui des sols homogènes.

JABER (1970) a d'autre part montré également par la voie expérimentale que la vitesse de la remontée capillaire est plus grande dans les profils homogènes (limon pur) que dans les profils hétérogènes (limon non enrichi en matière organique sur liomon pur). Il a montré que le débit de l'eau est plus fort dans un sol tassé que dans un sol engorgé sous climat évaporant. A sa surface, le système sol-nappe est donc caractérisé par un certain potentiel de çusssion de l'eau qui est d'autant plus élevé que le matériau est plus conducteur et la nappe plus proche de la surface du sol.

Chapitre III :
Matériels et méthodologie de travail:

3.1. Matériels d'étude

3.1.1. Présentation du site expérimental

Ce présent travail a été réalisé sur quatre secteurs cultivés (A, B, C et D) et une parcelle nue (F1) de l'exploitation d'université de Ouargla (exploitation ex: I.T.A.S.) soumise à l'influence des facteurs climatiques et à la remontée de la nappe phréatique d'une part et à l'influence de la culture et l'irrigation d'autre part.

L'objectif visé est le suivi et la comparaison de la salinité dans trois situations agricoles différentes (palmeraie seine, palmeraie dégradée, et un sol nu) dans une première phase et étudier la typologie des sels dans chaque profil dans la seconde phase.

3 .1.2.Caractéristiques du site expérimentale

L'exploitation, se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique.

Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 1340 m **(LE LIEVRE, 1969).**

Ses coordonnées

Coordonnée U.T.M, Fuseau 31

X = 819,82 Km.

Y = 3547,22 Km.

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. La dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres.

L'exploitation s'étend sur une superficie de 32 hectares, 14,4 hectares aménagés, répartis en quatre secteurs A, B, C et D occupant chacun une superficie de 3,6 hectares. Le reste se trouve inexploité correspondant à l'extension de l'exploitation représentée par des secteurs nus E. F. G et H.

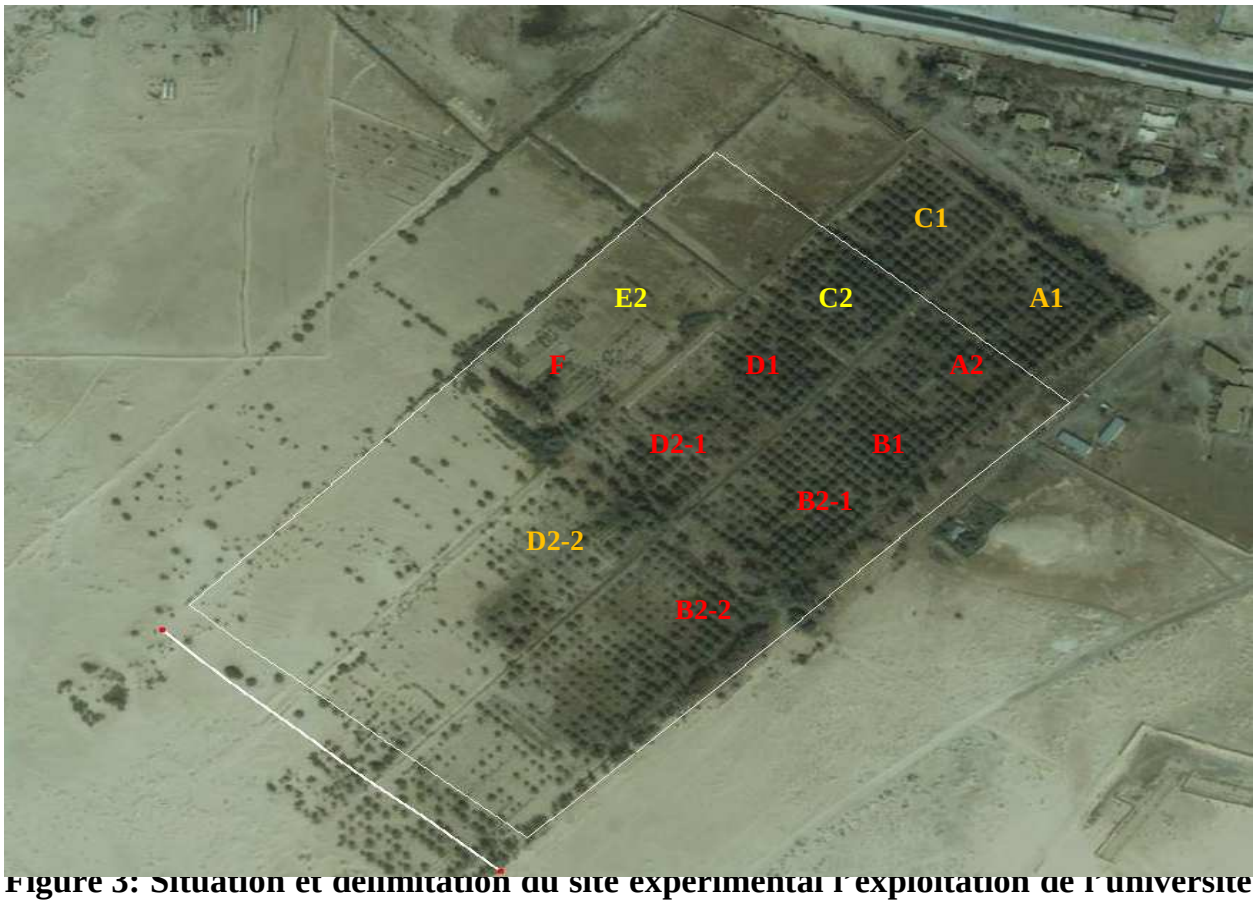


Figure 3: Situation et délimitation du site expérimental l'exploitation de l'université de Ouargla (Ex : I.T.A.S) (image Google Earth, 2001).

3.1.3. La production agricole

3.1.3.1 palmiers dattiers

La phoeniciculture représente la principale vocation de l'exploitation. Le nombre de palmier dattier est au tour de 1309 palmiers (MAHBOUB, 2008). Lesquels palmiers sont plantés au carrée d'une manière homogène avec un écartement de 9 x 9 m, soit 110 palmiers à l'hectare. L'âge des arbres varie entre 2 ans à 50 ans. Les palmiers sont relativement mal entretenus.

3.1.3.2 Culture fourragère

Les cultures fourragères pratiquées dans l'exploitation sont principalement l'orge, la luzerne et le sorgho. Elles sont pratiquées en intercalaire avec le palmier dattier. Le

choix des cultures fourragères se fait en fonction du programme des séances de terrain des étudiants dans les secteurs A1 et C1.L'irrigation, se fait par submersion.

3.1.3.3 Culture maraîchère

L'ex- ITAS possède quelques mètres carres en secteur A1 qui sont exploitées en plasticulture (piment, tomate, laitue) à des fin expirimentales.

3.1.4. Sources d'irrigation

L'irrigation de la palmeraie est assurée par deux forages :

- L'un sénonien, est situé au nord Est du secteur B, réalise en 1986, avec un débit de 18 l/s et une température de 18C°.

- Le second forage miopliocène, c'est le forage le plus ancien, réalisé en 1959, il est légèrement artésien, situé à proximité du secteur A, possédant un débit de 40I/s. les secteurs irriguées à partir ce forage sont A et C alors qu'une autre part de cette eau est destinée à l'irrigation de l'espace vert de l'université.

3.1.5. Le réseau de drainage

Le réseau entier de l'exploitation a été réalise en 1980 **(DOADI, SAHROUI, 1991 in MAHBOUB, 2008)**, mais il est peu fonctionnel à cause principalement des mauvaises herbes (tamarix, etc) qui empéchent la circulation des eaux ainsi que le mauvais écoulement des eaux dû à la topographie.

Figure 4: Etat du réseau de drainage.

3.1.6 Brise vent

L'exploitation de l'IT.A.S est dotée d'un réseau de brise vent, incorrect et mal entretenu constitué d'une double ligne des espèces d'Eucalyptus et Casuarina. Les arbres sont plantés à une distance ne dépassant pas deux mètres entre plantes d'eucalyptus et quatre mètres entre plantes de casuarina.

Sur le côté sud et le coté ouest, le brise vent est inexistant.

3.2. Méthodologie :

3.2.1. Echantillonnage de sol:

Pour caractériser morphologiquement et analytiquement les sols de la partie étudiée, on a effectué un profil pédologique représentatif pour chaque secteur car le terrain est homogène dans chaque secteur, et sa est assuré après le test à la tarrière.

Ces secteurs correspondaient à trois situations de sol différentes à savoir une palmeraie seine, palmeraie dégradée et un sol nu.

Après la délimitation des horizons, on a prélevé des échantillons, qu'on a séchés à l'air libre, tamisés à 2mm puis analysés aux laboratoires.(laboratoire pédagogique du département et le laboratoire des Travaux publiques à Ouargla).

3.2.2. Caractérisation des eaux des forages et de la nappe phréatique

Les eaux de la nappe phréatique et des deux forages ont été caractérisées dans le souci de connaître leurs compositions chimiques et leur rôle dans la salinisation.

Les eaux sont prélevées et analysées au laboratoire. Les eaux de la nappe phréatique provenaient des piézomètres installés dans chaque secteur. Ces analyses ont porté sur la conductivité électrique, le pH, le SAR, et le dosage des cations et des anions.

3.2.3. Méthodes d'analyses

3.2.3 .1. Analyses physiques

3.2.3.1.1. Humidité

L'humidité du sol a été mesurée juste après le prélèvement pendant la période printanière.

3 .2.3.1.2. Densité apparente

Méthode de cylindre: cette technique consiste à prélever un volume de terre effectué avec un cylindre enfoncé directement dans le sol et dont les extrémités sont soigneusement arasées. L'échantillon est recueilli, séché et pesé.

3.2.3.1.3. Granulométrie

Nous avons appliqué la méthode du tamisage électrique, à l'appareil (BA 200 N. CISA).

3.2.3.2. Analyses chimiques

3.2.3.2.1. pH

S'effectue au pH mètre sur des extraits aqueux des sols, le rapport (terre/eau) est de 1/5. **(**SOLTNER, 1989**).**

3.2.3.2.2. Conductivité Electrique (C.E.)

Mesuré au Conductimètre à partir de l'extrait aqueux de sols dont le rapport (terre/eau) est de 1/5. (AUBERT, 1978)

3.2.3.2.3. Dosage des anions

a. Carbonate et Bicarbonate (CO_3^{2-} et 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 (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 briqué.

c. Sulfates (SO_4^{2-})

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

3.2.3.2.4. Dosage des cations

d. Na^+, K^+ et Ca^{2+}

Sont analysés par le spectrophotomètre à flamme.

e. Magnésium (Mg^{2+})

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

Réactifs utilisés:

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

3.2.3.2.5. Gypse

Par la méthode chimique (la méthode de gravimétrie) qui consiste à doser les ions SO_4^{2-} libérés après attaque à l'HCl à 10% puis de chlorure de baryum en fin se forme les sulfates de baryum.

3.2.3.2.6. Calcaire total

Application de la méthode gazométrique par le calcimètre de Bernard. (BAIZE, 1988).

3.2.3.2.7. Matière organique

Elle a été déterminée par dosage du carbone organique (C) (Méthode Anne).

Le carbone est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sels de MOHR, en présence de diphénylamine la couleur passe du bleu foncé au vert. Pour obtenir le carbone organique on appliqué la relation suivante:

M.O.(%) = % de C x 1,72.

3.2.5 Typologie des sels

3.2.5.1. Hypothèse de la formation des sels:

La constitution des sels s'obtient par la combinaison des cations et des anions, a condition que les teneurs de ces derniers dans la solution du sol est supposée connue. Ce principe est la base de la méthode de BAZILEVICH et PANKOVA (1968) que nous avons choisie pour la formation des sels.

3.2.5. .1.1. Bicarbonates (HCO_3^-)

Les ions HCO_3^- peuvent provenir de $NaHCO_3$, de $Mg(HCO_3)_2$, et de $Ca(HCO_3)_2$ 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.

3.2.5.1.2. Sulfates (SO_4^{2-})

Comme les ions HCO_3^-, les sulfates (SO_4^{2-}) peuvent être reliés avec les sels Na_2SO4, $MgSO_4$, 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 $Ca(HCO_3)_2$, ensuite on passe à la constitution de Na_2SO_4 et de $MgSO_4$ si des ions SO_4^{2-} restent en excès.

3.2.5.1.3. Chlorures (Cl^-)

Pour reconstituer les sels de chlorures, on commence par la formation de NaCl en combinat 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^{2+} et Ca^{2+} non combinés aux carbonates et aux sulfates

Chapitre IV :
Résultats et discussions:

4.1-Caractéristique morphologique et analytique du sol :

Pour la caractérisation morphologique et analytique du sol, nous avons

Creusés un profil au niveau de chaque secteur de l'exploitation. Les principaux résultats obtenus sont les suivants:

4.1-1 Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil de la palmeraie saine (secteur A2)

Date de prélèvement et de description : 14/03/2010

- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation principale : palmier dattier

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 10YR5/6, taches abondantes et arrondis, blanchâtre, très salé, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-20cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, accumulation de sels sous forme d'une couche, pas des éléments grossiers, texture sableuse, non compact, la présence des racines de palmiers dattiers, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (20-40cm) : couleur à l'état humide 7,5YR8/3, pas d'accumulation des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, peu compact, pas de racines, faible effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (40-78 cm) : couleur à l'état humide 10YR7/8, pas de taches, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneux, compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (>78cm) : couleur à l'état humide 10YR6/6, pas de taches, éléments grossiers absents, peu compact, pas de la matière organique, pas d'effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présents comme suit :

Tableau 2: Résultats des analyses du sol : secteurA2

Caractéristiques		Horizons				
		H0	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
Profondeur (cm)		0-5	5-20	20-40	40-78	>78
Densité apparente (Da)		1,31	1,34	1,29	1,33	1,19
Calcaire total (%)		2,18	1,86	0,68	2,91	1,23
Gypse (%)		9,21	22,11	55,27	53,43	3,68
pH		8,16	7,81	7,32	7,36	7,44
pH $_{KCl}$		8,10	7,62	7,10	7,16	7,29
C.E. (dS/m) à 25 °C		3,57	14,05	6,26	6,15	5,00
Résidus secs (g/l)		1,27	4,66	2,45	1,37	1,12
Humidité (%)		27,01	40,63	28,5	32,33	43,93
Granulom étrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	65,3	70,48	57,4	68,8	74,7
	S.f (0,05-,2mm)	29,1	22,74	32	22,1	17,6
	L+A (< ,05mm)	4,6	5,98	9,6	8,2	6,4
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	5,88	86,96	37,08	24,30	23,66
	Ca^{2+}	21,83	43,15	24,37	23,86	23,35
	K^+	1,50	3,42	2,59	1,69	2,02
	Mg^{2+}	74,52	14,60	35,64	33,48	110,52
	Cl^-	0,01	0,10	0,03	0,01	0,02
	SO_4^{2-}	51,36	51,36	47,08	42,80	25,68
	HCO_3^-	0,50	1,25	1,00	0,00	3,25
Faciès chimique global		**SO4.Mg**	**SO4.Na**	**SO4.Na**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**
Le carbone organique (%)		0,42	0,28	0,36	0,07	0,34
La matière organique (%)		0,72	0,48	0,62	0,13	0,59

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est non calcaire à peu calcaire (0,68% ≤ $CaCO_3$ ≤ 2,91%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont très élevées, surtout au niveau des horizons médians (3,68% ≤ $CaSO_4$, $2H_2O$ ≤ 55,27%).

Le sol est très pauvre en matière organique (MO < 1%), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,32 ≤ pH ≤ 8,16).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont très élevées (3,57 dS/m ≤ C.E ≤ 14,05 dS/m), ce qui rend le sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

4.1-2. Caractéristiques morphologiques et analytiques des profils de la palmeraie dégradée

4.1.2.1 Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil secteur (B 1)

- Date de prélèvement et de description : 14/03/2010
- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation principale: palmier dattier

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/6, taches abondantes et arrondis, blanchâtre, très salé, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-43cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, pas des éléments grossiers, texture sableuse, non compact, la matière organique sous forme es racines des palmiers dattiers, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (43-65cm) : couleur à l'état humide 7,5 YR7/6, pas d'accumulation des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, peu compact, des raciness vivantes sous forme d'une couche, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (65-86 cm) : couleur à l'état humide 10YR7/8, pas de taches, pas d' éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, compact, quelques racines, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (>86 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR8/3, pas de taches, pas d'éléments grossiers, compact, pas de la matière organique, faible effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 3: Résultats des analyses du sol : secteur B1

Caractéristiques		Horizons				
		H0	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
Profondeur (cm)		0-5	5-43	43-65	65-86	>86
Densité apparente (Da)		1,38	1,27	1,32	1,41	1,21
Calcaire total (%)		3,77	2,28	4,09	2,14	1,59
Gypse (%)		12,90	9,21	27,63	47,90	9,21
pH		8, 39	7,62	7,66	7,97	7,80
pH $_{KCl}$		8,20	7,55	7,48	7,89	7,74
C.E. (dS/m) à 25 °C		13,22	3,81	3,08	3,18	3,66
Résidus secs (g/l)		4,40	3,03	1,51	1,57	2,31
Humidité (%)		8,13	13,74	28,41	31,97	24,48
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	74,55	71,1	5,12	35,8	80,
	S.f (0,05-0,2mm)	20,5	19,8	31,29	36,3	14,1
	L+A (< 0,05mm)	3,87	7,7	12,09	26,7	2,7
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sablo-limoneuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	109,97	12,79	4,73	5,24	1,28
	Ca^{2+}	40,61	22,34	22,34	22,84	22,84
	K^+	4,01	1,14	0,78	0,78	1,33
	Mg^{2+}	33,20	30,96	23,76	26,28	33,48
	Cl^-	0,07	0,01	0,005	0,01	0,01
	SO_4^{2-}	34,24	55,64	21,40	29,96	42,8
	HCO_3^-	2,50	1,50	1,75	0,50	2,00
Faciès chimique global		**SO4.Na**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**
Le carbone organique (%)		0,22	0,21	0,18	0,16	0,12
La matière organique (%)		0,37	0,36	0,32	0,28	0,21

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est peu calcaire (1% ≤ $CaCO_3$ ≤ 5%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont très élevées, surtout au niveau des horizons médianes (9,21% ≤ $CaSO_4$, $2H_2O$ ≤ 47,91%).

Le sol est très pauvre en matière organique (MO < 1%), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,48 ≤ pH ≤ 8,20).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont très élevées (3,08 dS/m ≤ C.E ≤ 13,22 dS/m), ce qui rend le sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

4.1.2.2 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur B2, 1

Date de prélèvement et de description : 14/03/2010

- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation essentielle : cultivé par palmier dattier

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, blanchâtres, pas d'accumulations de sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, friable, non compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-30cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, pas d'éléments grossiers, accumulation de sels sou forme d'une couche de quelques centimètre, texture sableuse, non compact, pas de matière organique, faible effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (30-46cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, pas d'accumulation des sels, pas d'éléments grossiers, accumulation de sels sous forme d'une couche de quelques cm, texture sableuse, non compact, pas de racines, très faible effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (46-57 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, compact, quelques racines, faible effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (7-84 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/6, pas des taches, pas des accumulations des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, absence de matière organique, forte effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 4: Résultats des analyses du sol : secteur B2, 1

Caractéristique		H0	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)		0-5	5-30	30-46	46-57	57-84
Densité apparente (Da)		1,27	1,39	1,25	1,21	1,18
Calcaire total (%)		2,64	0,55	0,82	1,05	1,82
Gypse (%)		9,21	47,90	5,53	12,90	5,53
pH		8,23	8,29	7,61	7,81	7,99
pH $_{KCl}$		8,14	8,07	7,58	7,78	7,82
C.E. (dS/m) à 25 °C		36,25	4,50	18,24	11,46	4,04
Résidus secs (g/l)		5,77	2,04	2,36	13,87	3,47
Humidité (%)		18,19	30,00	32,45	38,46	30,27
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	53,2	67,9	65	51,6	27,12
	S.f (0,05-0,2mm)	38,8	23,2	25,7	35,3	51,24
	L+A (< 0,05mm)	7,4	8,1	8,4	11,9	19,06
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	61,38	39,64	132,99	12,79	16,62
	Ca^{2+}	50,76	22,84	48,22	22,34	21,83
	K^+	16,98	2,66	4,82	1,14	1,57
	Mg^{2+}	13,00	27,00	13,80	28,80	29,16
	Cl^-	0,29	0,01	0,11	0,12	0,01
	SO_4^{2-}	25,68	47,08	47,08	29,96	47,08
	HCO_3^-	3,00	0,25	1,00	0,25	1,00
Faciès chimique global		**SO4.Na**	**SO4.Na**	**SO4.Na**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**
Le carbone organique (%)		0,45	0,35	0,51	0,36	0,29
La matière organique (%)		0,77	0,60	1,88	0,61	0,50

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est non calcaire à peu calcaire (0,55% ≤ $CaCO_3$ ≤ 2,64%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont très élevées, surtout au niveau des horizons médianes (9,21% ≤ $CaSO_4$, $2H_2O$ ≤ 47,91%).

Le sol est très pauvre en matière organique (0,50≤MO ≤ 1,88), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,61 ≤ pH ≤ 8,29).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont très élevées surtout en surface (4,50 dS/m ≤ C.E ≤ 36,25 dS/m), ce qui rend le sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

4.1.2.3 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur B2, 2

- Date de prélèvement et de description : 08/03/2010
- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation : palmier dattier et présence des plantes spontanés

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/6, pas d'accumulations des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-40cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/6, taches abondantes et arrondis, pas d'éléments grossiers, pas d'accumulation de sels, texture sableuse, structure peu compact, la matière organique est sous forme d'une couche des racines vivantes de 15cm, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (40-65cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, accumulation des sels sous forme de taches, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, compact, peu de racines, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (65-90 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, compact, pas de racines, faible effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (>103 cm) : couleur à l'état humide 10YR6/6, pas d'accumulations des sels, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, peu compact, peu de racines, faible effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 5: Résultats des analyses du sol: secteur B2, 2

Caractéristique		Horizons				
		H0	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
Profondeur (cm)		0-5	5-40	40-65	65-90	90-120
Densité apparente (Da)		1,30	1,28	1,36	1,41	1,32
Calcaire total (%)		2,23	1,64	1,41	1,91	1,73
Gypse (%)		9,21	3,68	11,05	44,22	7,37
pH		7,94	7,77	7,76	7,99	8,01
pH $_{KCl}$		7,91	7,65	7,67	7,94	7,94
C.E. (dS/m) à 25 °C		21,29	5,57	3,88	4,11	3,44
Résidus secs (g/l)		6,67	2,85	1,08	1,19	2,04
Humidité (%)		4,00	4,15	12,56	10,20	11,55
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	52,4	36,75	45,9	46,4	60,29
	S.f (0,05-0,2mm)	38,97	46,7	42,8	42,6	34,99
	L+A (< 0,05mm)	8,31	15,03	10,3	9,9	3,98
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	173,91	37,08	17,26	19,82	20,46
	Ca^{2+}	48,22	23,35	22,34	22,34	14,92
	K^+	6,43	3,56	1,97	1,90	1,64
	Mg^{2+}	49,80	32,04	27,36	27,36	13,32
	Cl^-	0,13	0,02	0,01	0,01	0,01
	SO_4^{2-}	29,96	38,52	40,66	29,96	38,52
	HCO_3^-	1,50	0,00	1,50	0,50	2,75
Faciès chimique global		**SO4.Na**	**SO4.Na**	**SO4.Ca**	**SO4. Mg**	**SO4.Na**
Le carbone organique (%)		0,30	0,04	0,67	0,21	0,16
La matière organique (%)		0,52	0,07	1,15	0,36	0,28

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est peu calcaire (1,41% ≤ $CaCO_3$ ≤ 2,23%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont élevées (3,68% ≤ $CaSO_4$ $2H_2O$ ≤ 44,22%).

Le sol est pauvre à très pauvre en matière organique (0,28≤MO≤1,15), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,76≤ pH ≤ 8,01).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont très élevées surtout en surface (3,44dS/m ≤ C.E ≤ 21,29dS/m), ce qui rend le sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

4.1.2.4 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur D1

- Date de prélèvement et de description : 15/03/2010
- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation principale : palmier dattier

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, pas d'accumulation des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, racines absentes, moyennne effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-31cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, taches abondantes et arrondis, pas d'éléments grossiers, accumulation des sels sou forme de taches, texture sableuse, peu compact, pas de matière organique, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (31-72cm) : couleur à l'état humide 7,5YR6/6, accumulation des sels sous forme d'une couche mince de quelqes cm, pas d'éléments grossiers, , texture sableuse, compact, presence de quelqes cm, moyenne effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (72-103 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/8, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, peu compact, peu de racines, faible effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (>103 cm) : couleur à l'état humide 10YR7/4, pas de taches, accumulations des sels sous forme d'une couche, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, peu compact, pas de matière organique, très faible effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 6: Résultats des analyses du sol : secteur D1

Caractéristiques		Horizons				
		H0	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
Profondeur (cm)		0-5	5-31	31-72	72-103	>103
Densité apparente (Da)		1,26	1,21	1,37	1,29	1,17
Calcaire total (%)		2,68	2,00	1,09	1,50	0,86
Gypse (%)		12,90	12,90	35,00	3,68	3,68
pH		7,45	7,78	8,13	7,42	8,10
pH $_{KCl}$		7,33	7,59	7,98	7,37	7,95
C.E. (dS/m) à 25 °C		8,37	3,01	2,96	3,05	2,85
Résidus secs (g/l)		2,23	1,49	1,98	2,38	2,92
Humidité (%)		1,22	5,19	15,90	31,49	37,47
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	79,2	56,5	72	70,7	82,41
	S.f (0,05-0,2mm)	14,7	31,4	20,9	21,1	10,52
	L+A (< 0,05mm)	5,5	11,4	6,4	7,5	2,12
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	26,85	4,73	4,73	4,86	4,22
	Ca^{2+}	38,07	23,35	21,83	22,84	21,83
	K^+	2,21	0,81	0,59	0,71	0,52
	Mg^{2+}	19,00	30,60	24,84	7,92	19,44
	Cl^-	0,04	0,003	0,003	0,003	0,0025
	SO_4^{2-}	04,28	47,08	8,56	42,8	36,38
	HCO_3^-	0,25	1,50	2,25	1,50	0,50
Faciès chimique global		**SO4.Ca**	**SO4. Mg**	**SO4. Mg**	**SO4.Ca**	**SO4.Ca**
Le carbone organique (%)		0,07	0,08	0,07	0,15	0,11
La matière organique (%)		0,13	0,14	0,12	0,26	0,19

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est non calcaire à peu calcaire (0,86% ≤ $CaCO_3$ ≤2,68 %) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont élevées surtout dans la partie médiane (3,68% ≤ $CaSO_4$, $2H_2O$ ≤ 35,00%).

Le sol est à très pauvre en matière organique (MO≤1), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,42≤ pH ≤ 8,13).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont élevées surtout en surface (2,85dS/m ≤ C.E ≤ 8,37dS/m), ce qui fait que le sol est très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté calcique, sulfaté magnésien.

4.1.2.5 Caractéristique morphologique et analytique de profil du secteur D2,1

- Date de prélèvement et de description : 10/03/2010
- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation : palmier dattier et existence des plantes spontanés

Horizon H0 (0-5 cm) : couleur à l'état humide 10YR7/6, pas d'accumulations des sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, pas de racines, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (5-35cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/6, taches abondantes et arrondis, pas d'éléments grossiers, accumulation des sels sous forme des taches, texture sableuse, peu compact, quelques racines vives, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (35-80cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/8, pas d'accumulation de sels, pas d'éléments grossiers, texture sablo-limoneuse, non compact, presence des raciness vivantes, forte effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (80-120 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/8, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, quelques racines, faible effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 7 : Résultats des analyses du sol : secteur D2, 1

Caractéristique		**Horizons**			
		H0	**H1**	**H2**	**H3**
Profondeur (cm)		0-5	5-35	35-80	80-120
Densité apparente (Da)		1,16	1,24	1,30	1,29
Calcaire total (%)		2,73	2,00	4,14	4,36
Gypse (%)		12,90	3,68	5,53	3,68
Ph		8,39	7,73	7,78	7,90
pH $_{KCl}$		8,17	7,64	7,66	7,87
C.E. (dS/m) à 25 °C		11,85	3,65	0,18	0,15
Résidus secs (g/l)		5,00	1,14	0,79	0,60
Humidité (%)		4,16	5,14	5,10	5,86
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	77,26	34,91	49,37	45,3
	S.f (0,05-0,2mm)	12,78	57,59	48,74	52,1
	L+A (< 0,05mm)	4,54	7,35	1,25	2,4
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	117,65	14,70	5,50	14,07
	Ca^{2+}	43,15	22,34	9,64	5,58
	K^+	5,27	1,83	0,78	0,85
	Mg^{2+}	21,80	24,84	15,48	6,48
	Cl^-	0,07	0,01	0,01	0,01
	SO_4^{2-}	36,38	29,96	8,56	19,26
	HCO_3^-	0,5	1,25	1,00	2,00
Faciès chimique global		**SO4.Na**	**SO4. Mg**	**SO4. Mg**	**SO4.Na**
Le carbone organique (%)		0,17	0,37	0,20	0,17
La matière organique (%)		0,29	0,63	0,35	0,30

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est peu calcaire (2,00% ≤ $CaCO_3$ ≤4,36%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont élevées surtout dans la partie médiane (3,68% ≤ $CaSO_4$, $2H_2O$ ≤ 12,90%).

Le sol est très pauvre en matière organique (MO≤1), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,73≤ pH ≤ 8,39).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont différentes ; élevées en surface et très faible en profondeur (0,15dS/m ≤ C.E ≤ 11,85dS/m), ce qui rend le sol non salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

4.1.3 Caractéristique morphologique et analytique du profil du sol nu (secteur F1)

- Date de prélèvement et de description : 15/03/2010
- Topographie : plane
- Temps : ensoleillé
- Végétation : non cultivée, existence de tamarix (végétation naturelle)

Horizon H0 (0-25 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/4, pas d'accumulations de sels, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, pas de racines, très faible effervescence à l'HCl.

Horizon H1 (25-75cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/4, pas d'éléments grossiers, accumulation des sels sou forme de taches, texture sableuse, peu compact, existence des racines, très faible effervescence à l'HCl.

Horizon H2 (75-95cm) : couleur à l'état humide 7,5YR5/6, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, compact, peu des racines, très faible existence, très faible effervescence à l'HCl.

Horizon H3 (95-111 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR7/4, pas d'éléments grossiers, texture sableuse, compact, très peu de racines, très faible effervescence à l'HCl.

Horizon H4 (111-120 cm) : couleur à l'état humide 10YR7/4, pas des taches, pas

d'éléments grossiers, texture sableuse, non compact, peu de racines, très faible effervescence à l'HCl.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 8 : Résultats des analyses du sol nu : secteurF1

Caractéristique		Horizons				
		H0	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
Profondeur (cm)		0-25	25-75	75-95	95-111	111-120
Densité apparente (Da)		1,30	1,32	1,50	1,34	1,46
Calcaire total (%)		1,77	0,41	1,00	1,14	0,68
Gypse (%)		5,53	9,21	14,74	5,53	11,05
pH		7,95	7,67	7,79	7,94	7,85
pH $_{KCl}$		7,83	7,62	7,71	7,89	7,78
C.E. (dS/m) à 25 °C		26,13	6,20	4,99	4,24	4,82
Résidus secs (g/l)		6,03	3,87	2,29	2,12	1,66
Humidité (%)		1,66	2,86	38,92	27,68	34.47
Granulométrie (%)	**S.g (0,2-2mm)**	43,5	40,3	64,5	63,7	82,55
	S.f (0,05-0,2mm)	48,5	51,8	31	31,7	9,82
	L+A (< 0,05mm)	7,3	7,2	4,8	4,4	3,84
Classe texturale		Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Bilan ionique de l'extrait aqueux 1/5 (meq/l)	**Na^+**	194,37	26,85	22,38	15,35	25,58
	Ca^{2+}	48,22	38,07	23,35	21,83	23,35
	K^+	29,44	2,75	2,26	1,33	1,61
	Mg^{2+}	19,00	24,00	32,04	24,84	33,84
	Cl^-	0,18	0,02	0,01	0,01	0,01
	SO_4^{2-}	34,24	25,68	53,5	53,5	34,24
	HCO_3^-	1,25	2,00	1,00	2,00	0,25
Faciès chimique global		**SO4.Na**	**SO4.Ca**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**	**SO4.Mg**
Le carbone organique (%)		0,17	0,18	0,14	0,17	0,04
La matière organique (%)		0,29	0,31	0,23	0,30	0,06

Le sol possède une homogénéité morphologique.

La texture du sol est en totalité sableuse. Le sol est non calcaire à peu calcaire (0,41% ≤ CaCO3 ≤1,77%) (BAIZE, 1988), les teneurs en gypse sont élevées surtout dans la partie médiane (5,53% ≤ CaSO4, 2H2O ≤ 14,74%).

Le sol est très pauvre en matière organique (MO≤1), (HENIN, 1969), le pH du sol est alcalin (7,67≤ pH ≤ 7,95).

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont très élevées surtout en surface (4,24dS/m ≤ C.E ≤ 26,13 dS/m), d'où d'un sol très salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté magnésien, sulfaté sodique.

4.2 Caractéristiques des eaux des forages et de la nappe phréatique

Les eaux de la nappe phréatique et de forage utilisé pour l'irrigation sont prélevées et analysées au laboratoire. Les analyses des eaux ont porté sur la conductivité électrique, le pH, dosage des cations et des anions.

Tableau 9: Résultats d'analyses des eaux des forages

	CE à 25°C (dS/m)	**SAR**	**pH**	**Les anions (meq/l)**			**les cations (meq/l)**			
				HCO_3^-	**Cl^-**	**SO_4^{2-}**	**Na^+**	**K^+**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**
Forage Miopliocène	5,28	6,3	7,32	0,5	20,5	21,62	26,28	1,14	6,02	22,78
Forage sénonien	3,74	12,46	8,08	1,5	31	43,2	40,13	1,07	7,60	13,20

Le seul secteur irrigué est A2, où l'eau utilisée pour l'irrigation provient de la nappe du Miopliocène, a une température de 24,30°C, Cet eau est très salée (C.E à 25°C= 5,2 dS/m), moyennement sodique (SAR = 6,3), un pH alcalin (pH=7,32) et leur faciès chimique globale est Sulfaté sodique. D'après la figure qui présente le diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après RIVERSIDE modifié par DURAND (1958), notre eau d'irrigation appartient à la classe C5-S3 (eau de mauvaise qualité pour l'irrigation).

Le second forage sénonien est moins salé que le premier et il convient mieux à l'irrigation.

Tableau 9: Résultats d'analyses de l'eau de la nappe phréatique

	CE à 25°C (dS/m)	SAR	pH	les anions (meq/l)				les cations (meq/l)		
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
PA2	12,24	12,51	7,4	4,5	41	47,57	71,19	2,08	27,55	37,25
PB1	13,71	1,21	7,18	3	77,83	25,95	7,17	1,59	29,59	40,41
PB2,1	15,93	12,03	7,19	6	90,17	12,98	79,79	2,29	27,55	60,45
PD1	5,97	7,94	7,27	5	18,83	51,90	36,79	1,21	26,53	13,47
PF1	12,33	10,15	7,47	4,5	65,83	21,63	58,77	0,73	51,02	16,18

D'après l'A.N.R.H. (2000), la nappe phréatique est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Elle s'écoule du sud vers le nord suivant la pente de la vallée, sa profondeur varie de 1 à 8 m selon les lieux et les saisons.

Selon les résultats d'analyses que nous avons obtenu de l'eau de la nappe phréatique à partir les piézomètres de chaque secteur, ces eaux sont très salées à fortement salées (5,97 ≤ C.E. à 25°C ≤15,93), moyennement sodique dans la parcelle cultivée et fortement sodique dans la parcelle nue (SAR = 24,02), un pH légèrement alcalin à alcalin (7,18 ≤ pH ≤ 7,47), un faciès chimique sulfaté sodique dans le secteur A2 et D1, chloruré sodique dans le secteur nu, et chloruré magnésien pour B1 et B2,1.

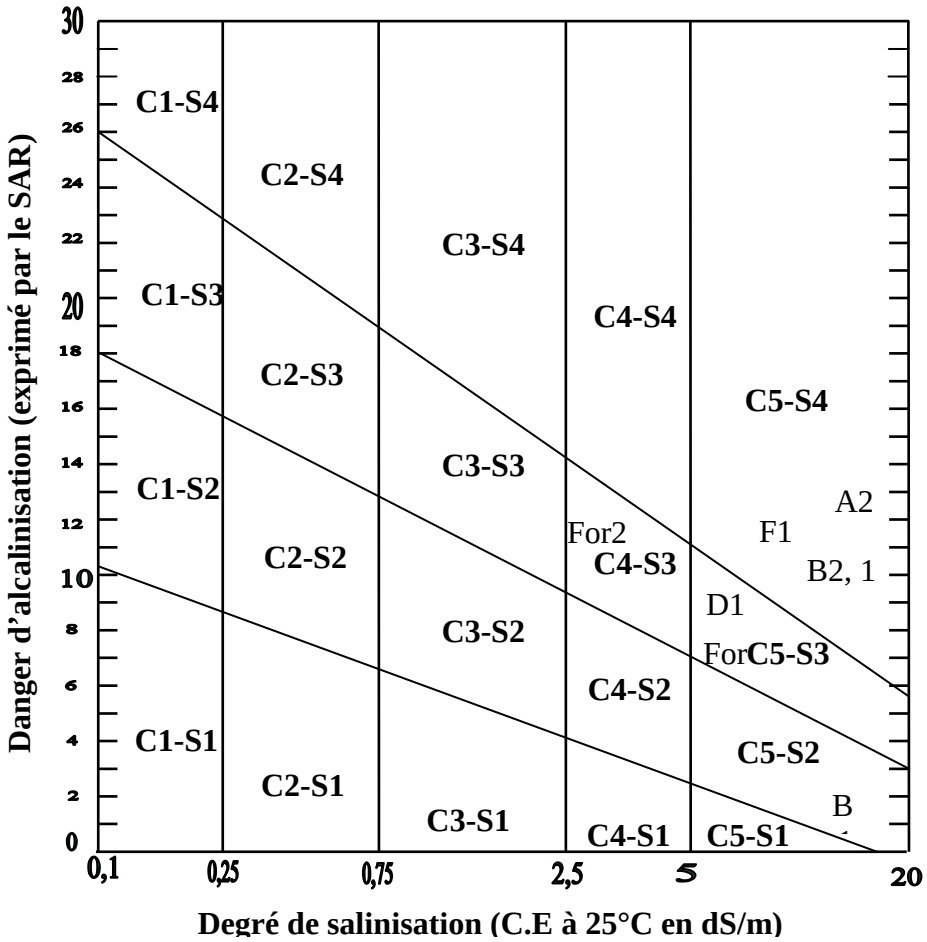


Figure 5: Classification des eaux d'irrigation dans le site d'étude selon Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND.

4.3 Répartition des ions dans les différents profils

4.3.1 Répartition des ions dans le profil de la palmeraie saine A2

Dans ce profil, la partie médiane correspond à un maximum de salinité (profil salin de type B), et il est expliqué par les valeurs élevés de la C.E (14,05 dS/m) qui reflètent sur le taux des concentrations des ions dans cette zone, il s'agit généralement du profil dont la dynamique saline est caractérisée par une remonté capillaire et une lixiviation des sels, avec une dominance :

- Pour les cations : $Mg^{2+} > Na^{+} > Ca^{2+} > K^{+}$.
- Pour les anions : $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$.

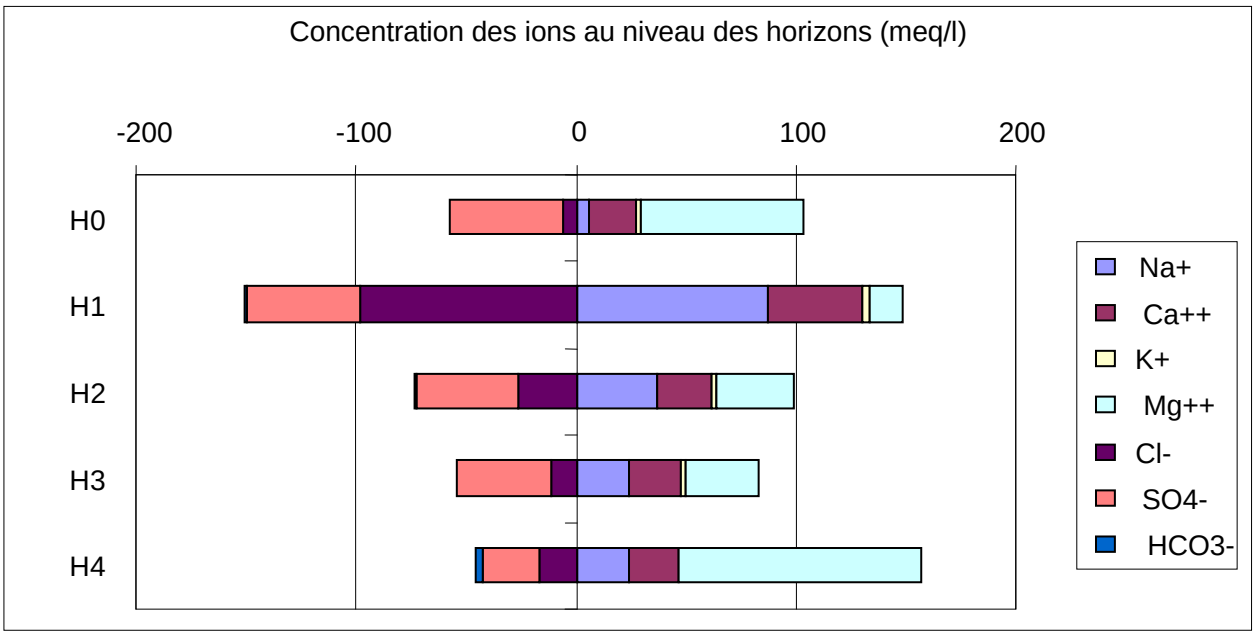


Figure 6: Répartition des ions dans le profil A2

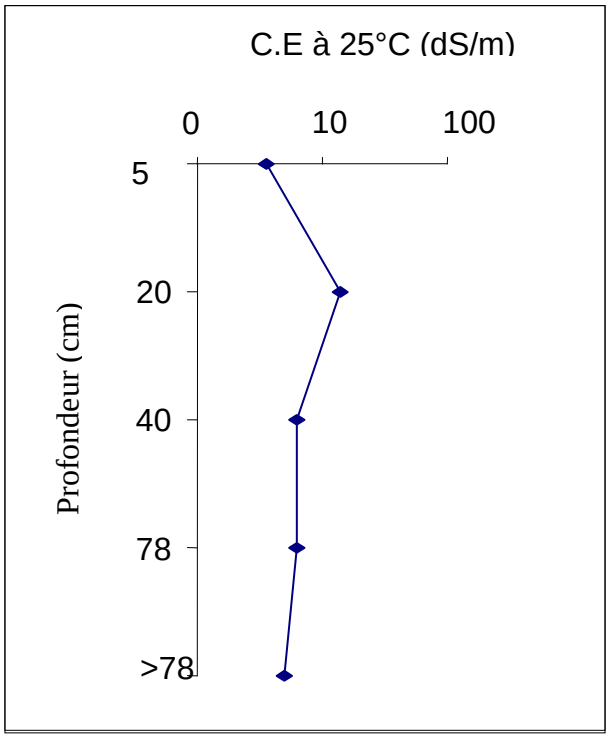


Figure7 : Profil salin de A2

4.3.2 Répartition des ions dans les profils de la palmeraie dégradée

4.3.2.1 Répartition des ions dans le profil B1

Pour ce profil, l'horizon de surface correspond à un maximum de salinité (profil salin de typeA), et il est expliqué par les valeurs élevés de la C.E (13,22dS/m) qui sont

provoqués par la salure de la nappe (C.E= 13,71dS/m) reflètent sur la concentration des ions dans cette zone avec une dominance des ions :

- Pour les cations : Na+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}>K+.
- Pour les anions : $SO4^{2-}$> Cl- > H

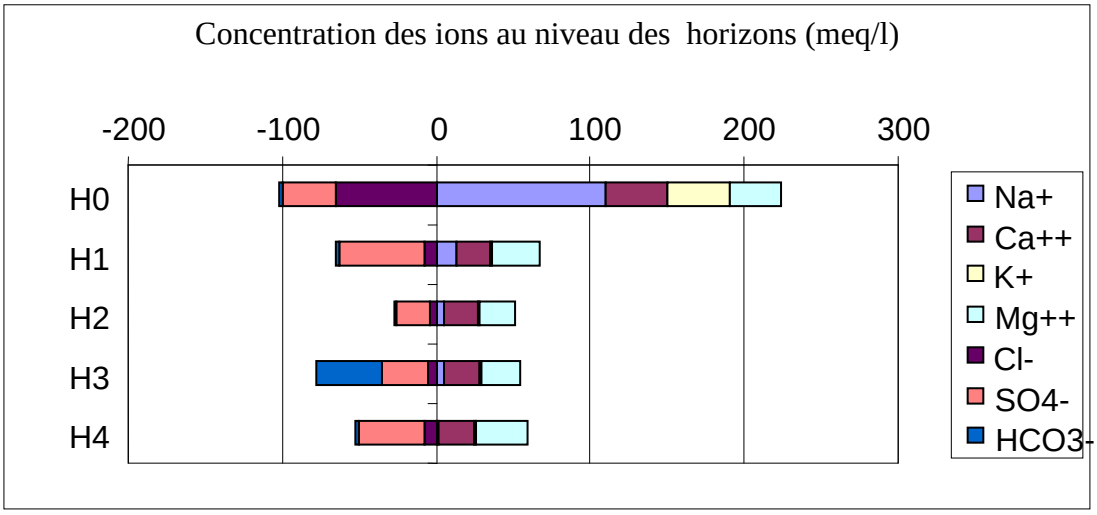


Figure 8 : Répartition des ions dans le profil B1

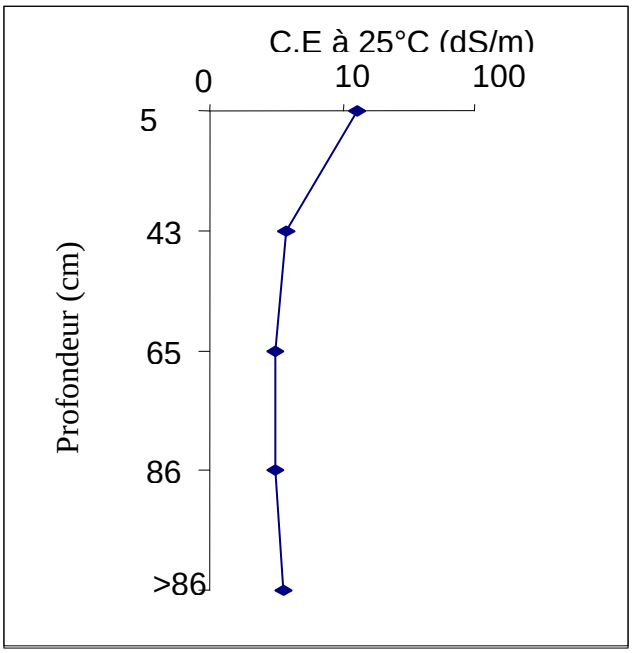


Figure 9: Profile salin de B1

4.3.2.2 Répartition des ions dans le profil B2, 1

A travers les deux figures ci-dessous, l'horizon de surface et la zone médiane représentent le maximum de la salinité (profil salin de type C), cette répartition est

confirmée par les valeurs de la C.E qui indiquent 36,25dS/m pour la pseudo-horizon contre 18,24 dS/m pour la zone médiane n'oubliant pas l'action de la remonté de la nappe avec une salure élevée qui correspond à une C.E de 15,93dS/m, et une dominance des ions :

- Pour les cations : $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$.
- Pour les anions : $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3$.

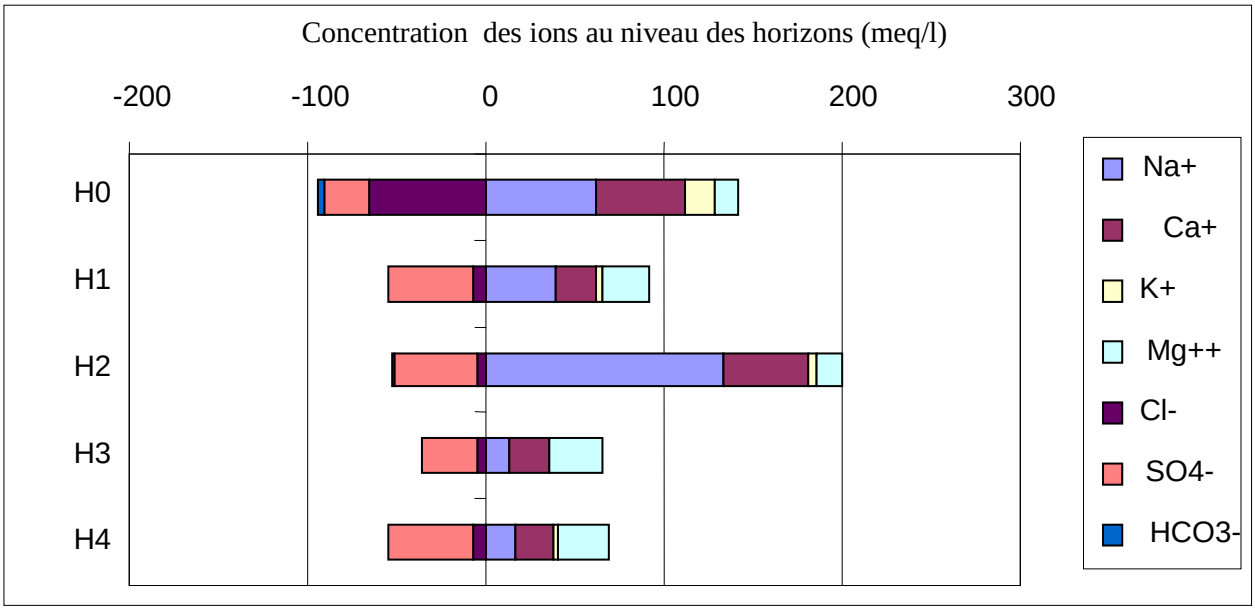


Figure 10 : Répartition des ions dans le profil B2, 1

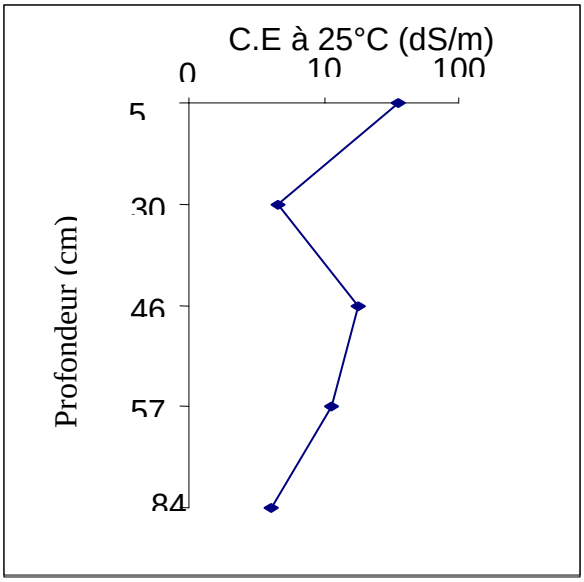


Figure 11: Profil salin de B2, 1.

4.3.2.4 Répartition des ions dans le profil B2, 2

C'est le cas du profil B1 ; une salinité majoritaire en surface (profil salin type A) exprimée par un mouvement ascendant des cations et des anions et par une valeur importante de la conductivité électrique en surface (21,29 dS/m) avec une dominance des ions :

- Pour les cations : $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$.
- Pour les anions : $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3$.

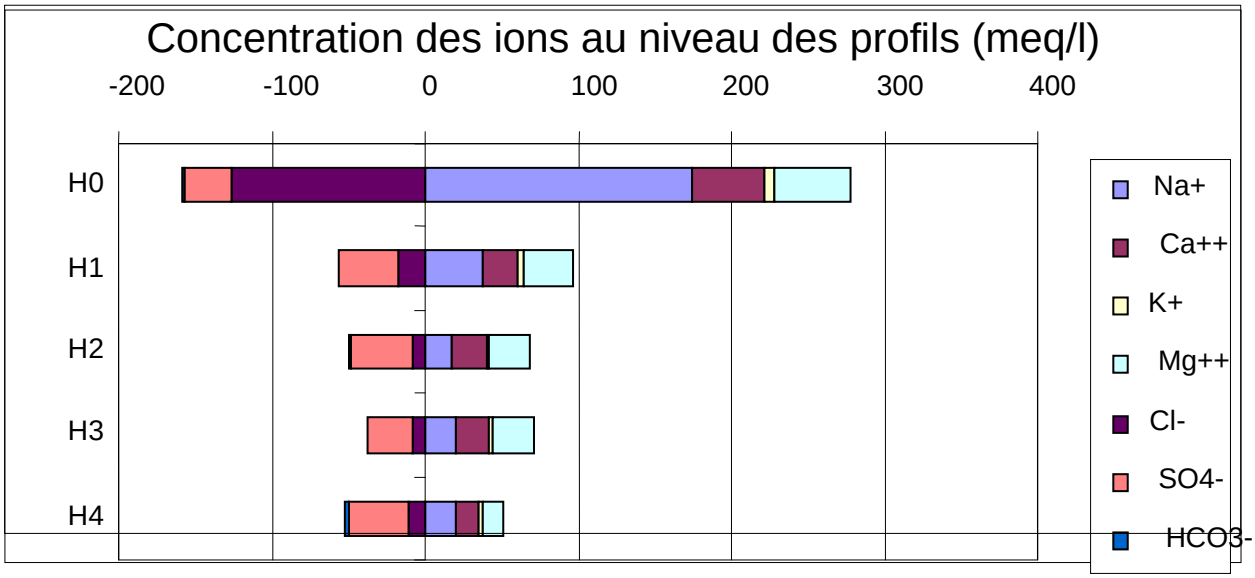


Figure 12 : Répartition des ions dans le profil B2, 2.

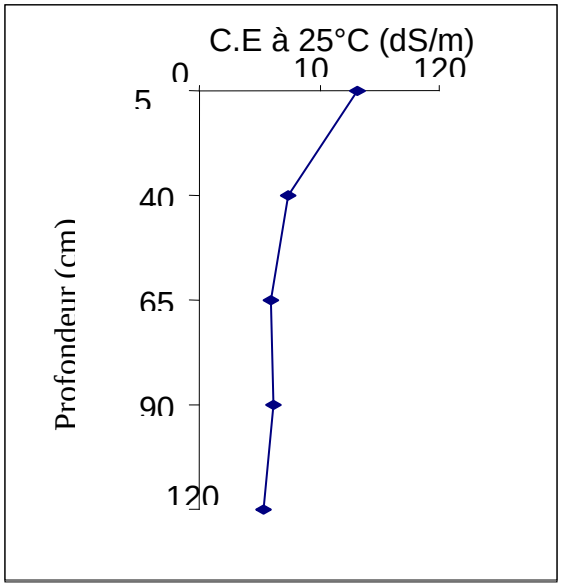


Figure 13: Profil salin de B2, 2.

4.3.2.5 Répartition des ions dans le profil D1

Différemment aux autres profils, le maximum de salinité se rencontre sur les deux horizons extrêmes (horizon de surface avec C.E= 8,37 dS/m et profond avec C.E= 3,05 dS/m) (profil salin de type C). La dominance ionique attribuée aux cations calcium, pour les anions aux sulfates.

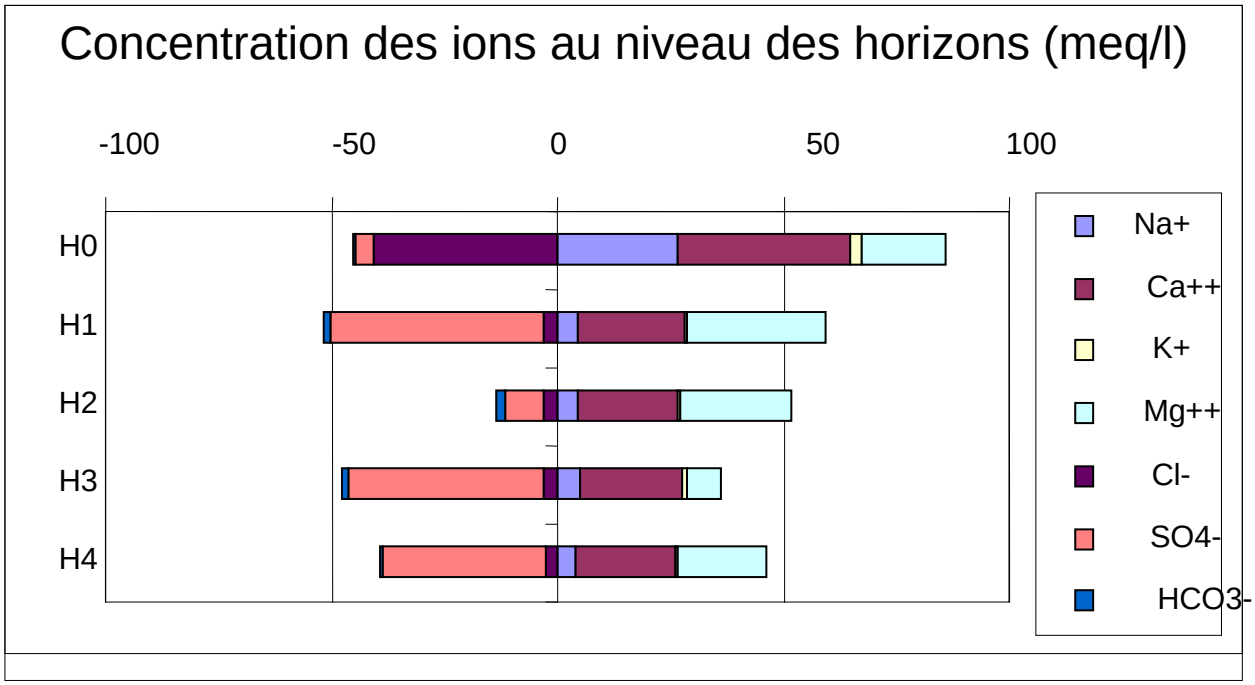


Figure 14: Répartition des ions dans le profil D1.

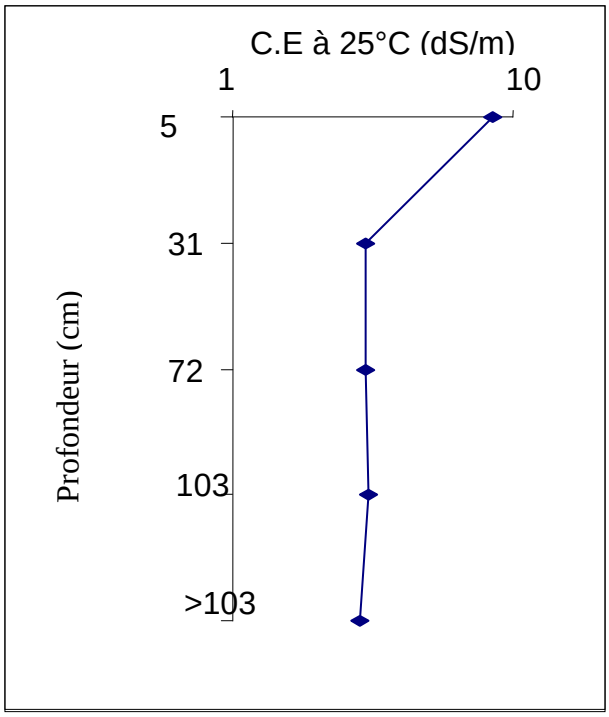


Figure 15: Profil salin de D1.

4.3.2.6 Répartition des ions dans le profil D2, 1

Les concentrations des ions sont plus importantes dans les horizons supérieurs (profil salin de type A), ce qui témoigne d'un mouvement ascendant des sels solubles. Le sodium et les sulfates sont dominants dans le profil.

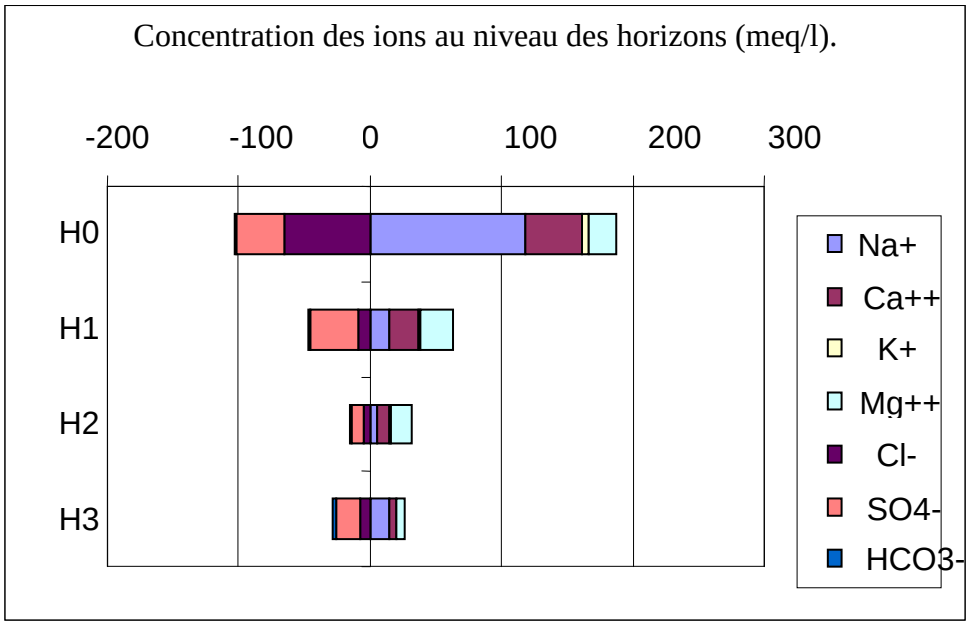


Figure 16: Répartition des ions dans le profil D2, 1.

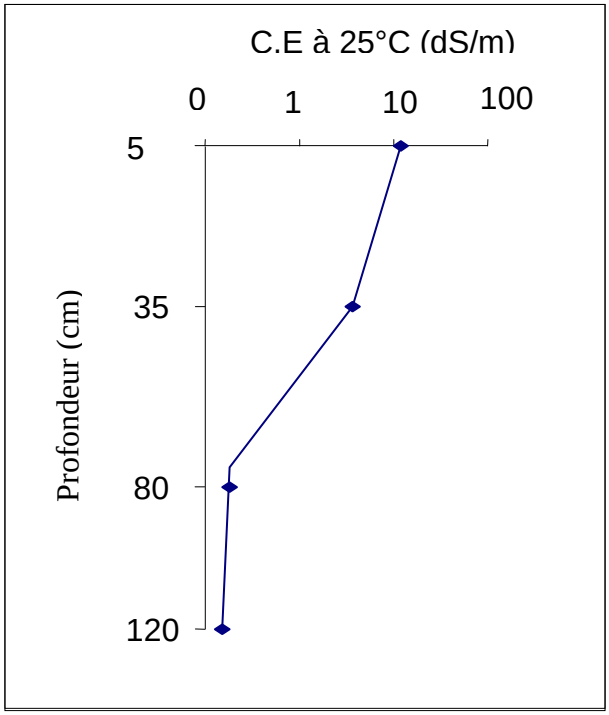


Figure17 : Profil salin de D2, 1.

4.3.3 Répartition des ions dans le profil du sol nu : profil F1

Dans ce profil, La majorité des ions s'accumulent dans l'horizon superficiel (profil salin type A) à fin d'un mouvement ascendant des ions signalés par une valeur importante de la conductivité électrique(26,13dS/m) provoquée par la nappe phréatique ayant une C.E de 12,33 dS/m. La dominance des ions est profit du sodium et le chlorure.

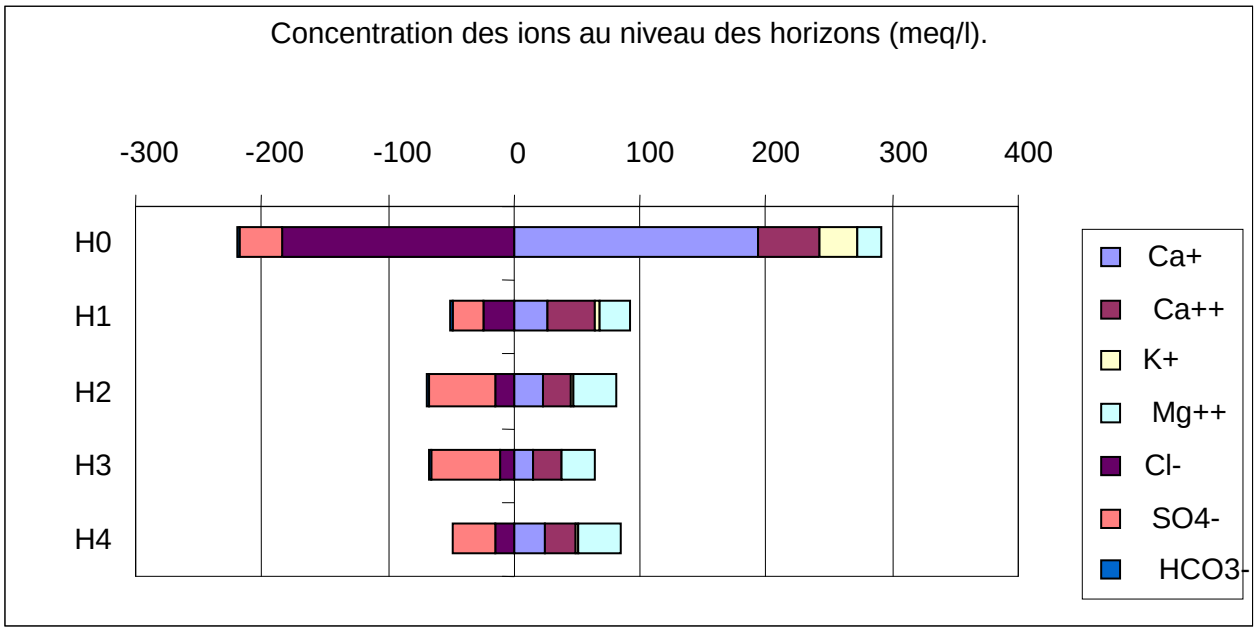


Figure 18: Répartition des ions dans le profil F1

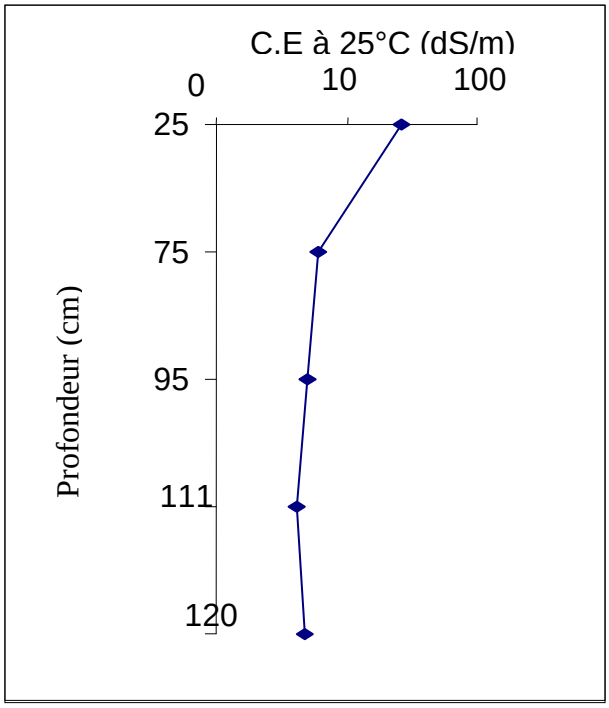


Figure 19 : Profil salin de F1

Conclusion

A partir de la caractérisation et la répartition des ions dans les différents profils nous remarquons que:

- La concentration des ions dans la partie médiane du profil A2 s'explique par la remonté de la nappe et une lixiviation des sels des horizons de surface peut être dûe au pratique de l'irrigation et les disfonctionnement du système de drainage. Les ions dominants dans le profil par ordre décroissant :

  Pour les cations : $Mg^{2+} > Na^{+} > Ca^{2+} > K^{+}$.

  Pour les anions : $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$.

- L'accumulation saline dans les profils de la palmeraie dégradée (Secteur B1, B2, 1, B2, 2, D1 et D2,1) est au niveau de l'horizon superficielle, avec une concentration des ions remarquée dans la zone médiane du profil B2,1 et en profondeur dans le profil D1, ces deux derniers cas peuvent s'expliquer que les profils passent par une phase de désalinisation pour les horizons autres que le médian du B2, 1 et le profond pour D1. Les ions dominants en général pour les cations c'est le sodium et pour les anions c'est les sulfates à l'exception du chlorure pour Le B2, 2.

- Pour le profil F1 du terrain nu le maximum d'accumulation saline est remarquée au niveau de la surface ce qui peut s'expliquer par le mouvement ascendant de la nappe, absence de l'irrigation pour la lixiviation des sels.

4.4. Typologie des sels et leurs répartitions

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

4.4.1 Typologie des sels

La réalité physique de la précipitation des sels hors d'une saumure, apparaît donc très complexe mais il est possible de dégager une séquence moyenne d'apparition des sels qui servira de modèle pour constituer successivement les différents produits. Cette séquence est exprimée en terme d'espèce chimique à 25°C, elle ne tient pas compte des sels potassiques. Les sels seront successivement constitués par combinaison préférentielle des anions et de cations en milliéquivalents, suivant la démarche notée dans la partie matériel et méthodes.

La méthode de BASILIVICH et PANKOVA (1968) synthétisante de plusieurs hypothèses relatives à la formation des sels, a été utilisée comme outil dans notre cas pour les constituer. 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 (A) dans le réactif et (B) 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 (les carbonates, les sulfates et les chlorures) jusqu'à la consommation de touts les éléments.

*** Quelques résultats obtenus pour la typologie des sels avec l'application de la méthode de BAZILEVICH et PANKOVA (1968) dans le même site**

D'après BEN ZAHI (1994), et dans le même lieu (parcelle cultivée) sous l'effet de l'irrigation, il a trouvé que le sol est riche en $CaSO_4$ dans un premier lieu, le $MgCl_2$ et le $CaCl_2$ sont les autres principaux sels reconstitués.

Selon IDDER A.H.K (2006) et sur un terrain nu dans la période estivale, il a trouvé une présence majoritère des sels Na_2SO_4 et NaCl avec une présence moins marquée de $CaSO_4$, $MgCl_2$ et $Ca(HCO_3)_2$.

En fin et pour BERRABAH (2009), dans deux type de sol nu et cultivé dans une période hivernale, il a montré qu'il ya une présence majoritaire des sels formés soient le NaCl et Na_2SO_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 : NaCl majoritaire, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$ et $CaSO_4$.

4.4.2 Répartition des sels dans les profils étudiés

A partir des tableaux 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 profil et pour les différents horizons.

4.4.2.1 Répartition des sels dans le profil de la palmeraie seine : Profil A2

Il est observé que la concentration des sels est au niveau de l'horizon intermédiaire, et on observe que les deux sels neutres NaCl et Na_2SO_4, et le $CaSO_4$ se démarquent largement par rapport aux autres.

La présence des $Ca(HCO_3)_2$, $MgCl_2$ et le $MgSO_4$ est moins importante ; le premier est négligeable, le deuxième avec des concentrations faible tout le long de profil sauf le dernier horizon où il est absent tandis que le dernier s'accumule qu'au surface.

Tableau 10- Répartition des sels dans le profil A2

Sels obtenus en (meq/l)		**H0**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**
$Ca(HCO_3)_2$		1	2,5	2	0	6,5
$CaSO_4$		21,33	83,8	46,74	46,52	40,2
Na_2SO_4		11,76	18,92	47,42	37,88	11,16
NaCl		0	15,5	26,74	10,72	33,5
$MgCl_2$		11	29,2	24,76	11,28	0
$MgSO_4$		48,3	0	0	0	0
Reste en exé	**Ca**	0	0	0	0	0
	SO_4	0	0	0	0	0
	Na	0	0	0	0	1,33
	Cl	0	5,9	0	0	0
	Mg	44,87	0	23,26	27,84	110,52

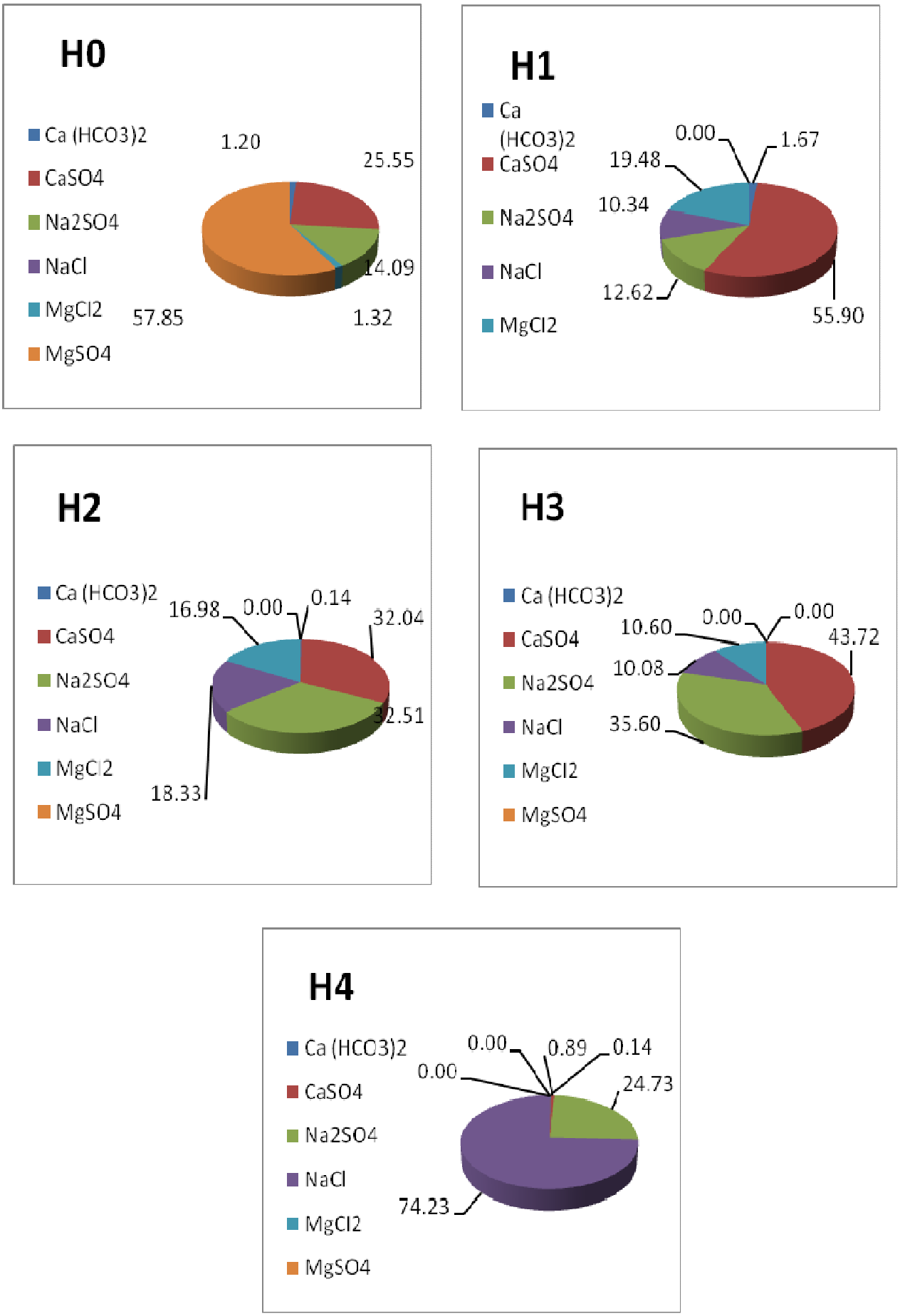


Figure 20 : Répartition des sels dans le profil A2

4.4.2.2 Répartition des sels dans les profils de la palmeraie dégradée:(B1, B2, 1, B2, 2, D1, et D2, 1) :

4.4.2.2.1 Profil B1

Il est remarqué que la concentration saline se trouve aux premiers horizons et elle est confirmée par les valeurs élevées de la conductivité électrique et les valeurs importantes enregistrées pour le $CaSO_4$ et le Na_2SO_4. Le NaCl est absent sauf dans l'horizon médian et il est négligeable. Les autres sont faibles à l'exception du $MgSO_4$ au milieu et en profondeur avec des valeurs plus ou moins importantes.

Tableau 11- Répartition des sels dans le profil B1

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3	H4
$Ca(HCO_3)_2$		5	3	3,5	1	4
$CaSO_4$		68,5	41,68	41,18	43,68	41,68
Na_2SO_4		126,5	25,58	1,62	10,48	2,56
NaCl		0	0	7,84	0	0
$MgCl_2$		0	15	1,16	10,5	14,5
$MgSO_4$		0	44,02	0	5,76	41,36
Reste en exé	Ca	3,87	0	0	0	0
	SO_4	0	0	0	0	0
	Na	46,72	0	0	0	0
	Cl	0	0	0	0	0
	Mg	33,20	1,45	23,18	18,15	5,55

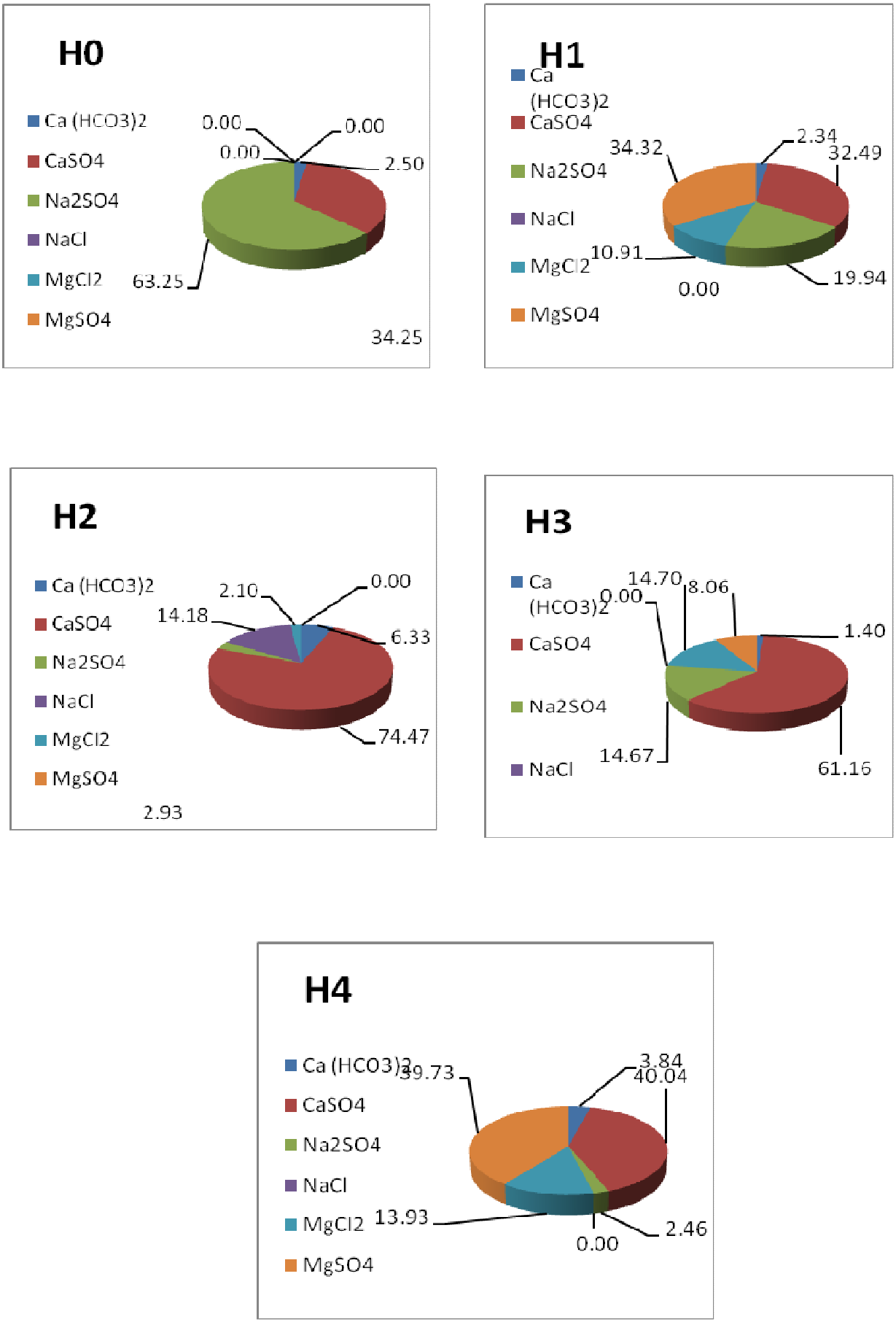


Figure 21 : Répartition des sels dans le profil B1

4.4.2.2.2 Profil B2, 1

Nous avons noté que le $CaSO_4$ et le NaCl se démarquent largement et généralement par rapport aux autres sels notamment dans l'horizon de surface pour le NaCl avec 59,55% et l'horizon médian pour le $CaSO_4$ avec 80,37%, une présence moins importante de Na_2SO_4 concentré en profondeur et sur l'horizon médian. Pour le $MgCl_2$, il est aussi moins important se distribuer au premier et les deux derniers horizons.

Tableau 12- Répartition des sels dans le profil B2-1

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3	H4
$Ca(HCO_3)_2$		6	0,5	2	0,5	2
$CaSO_4$		51,36	45,18	94,16	44,18	41,66
Na_2SO_4		0	48,98	0	15,74	33,24
NaCl		122,76	25	21	9,84	0
$MgCl_2$		26	0	0	57,6	20,5
$MgSO_4$		0	0	0	0	19,26
Reste en exé	Ca	1,08	0	0,14	0	0
	SO_4	0	0	0	0	0
	Na	0	2,65	25,49	0	0
	Cl	0	0	0	81,28	0
	Mg	213,87	27	27	0	9,28

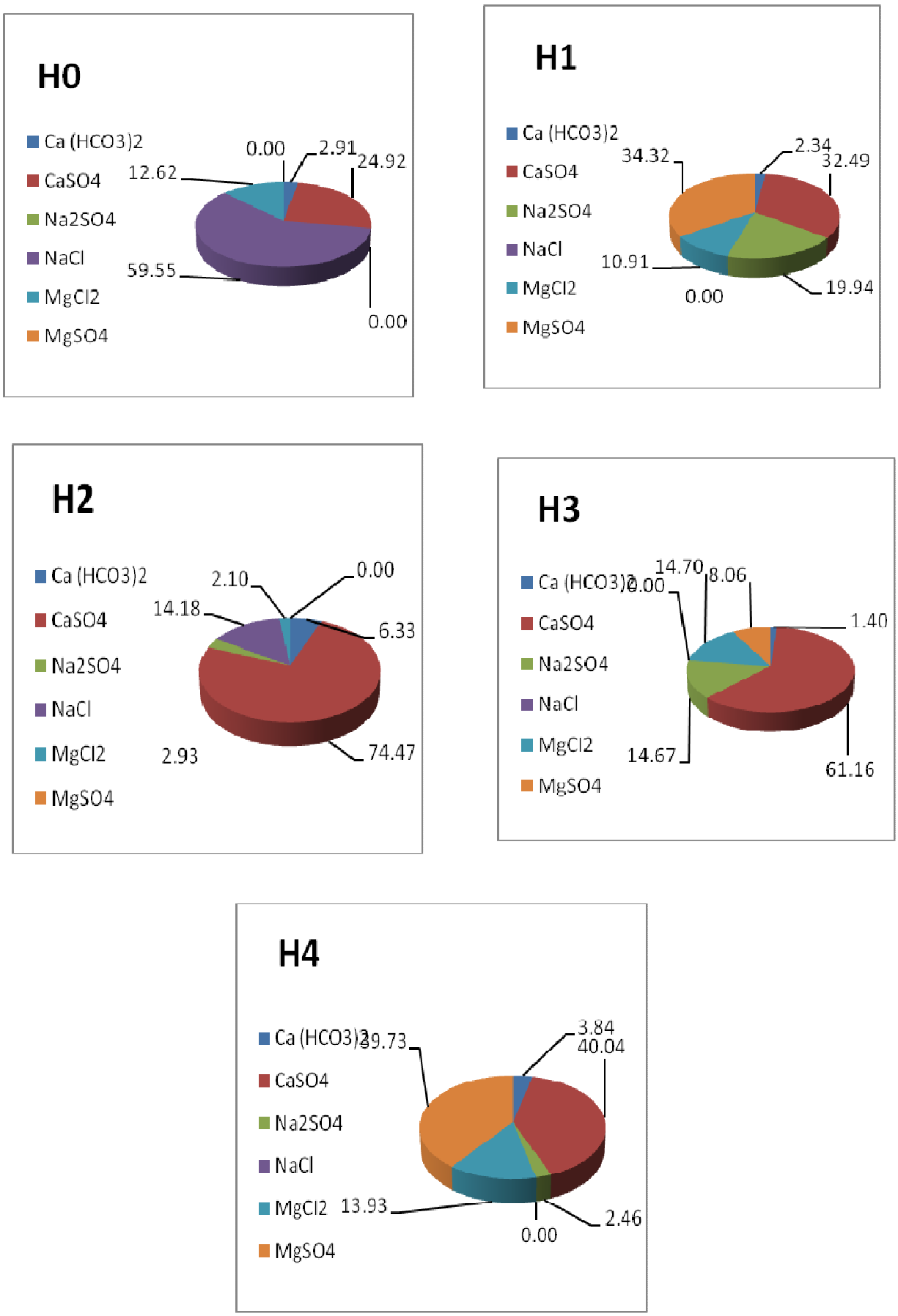


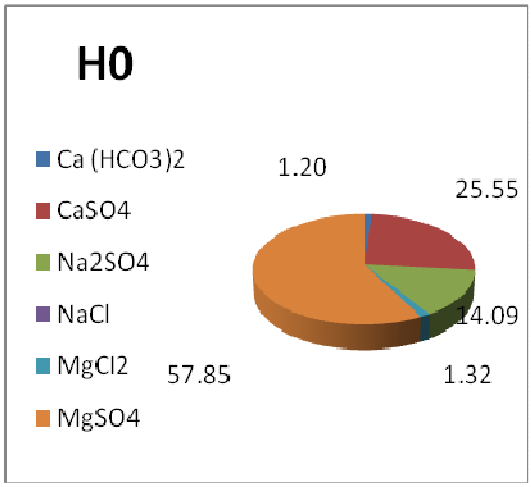
Figure 22: Répartition des sels dans le profil B2, 1

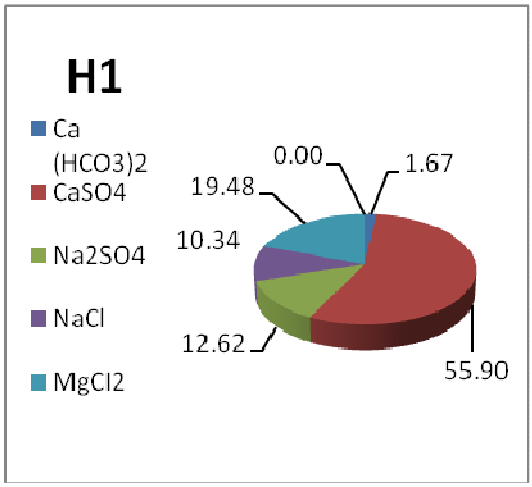
4.4.2.2.3 Profil B2, 2

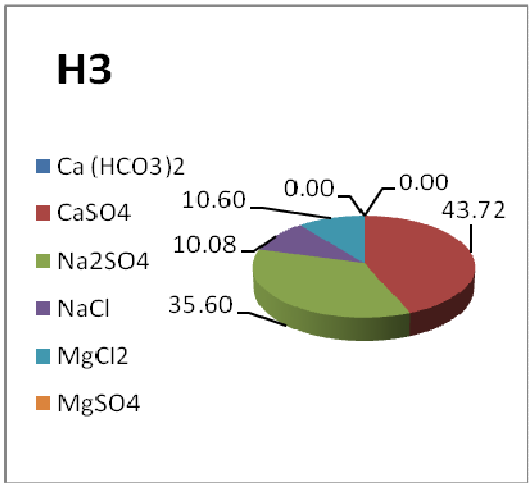
Le $CaSO_4$ et le Na_2SO_4 sont enregistrés en première position, le $CaSO_4$ dans tous les horizons et notamment en surface avec un pourcentage de 55,90% par contre le Na_2SO_4 est absent en surface mais avec des pourcentages importants dans les autres horizons à savoir 35,60% comme maximum. Le $MgSO_4$ et le$MgCl_2$ avec des valeurs faibles dans les horizons médians et profonds seulement. Les autres sels sont négligeables.

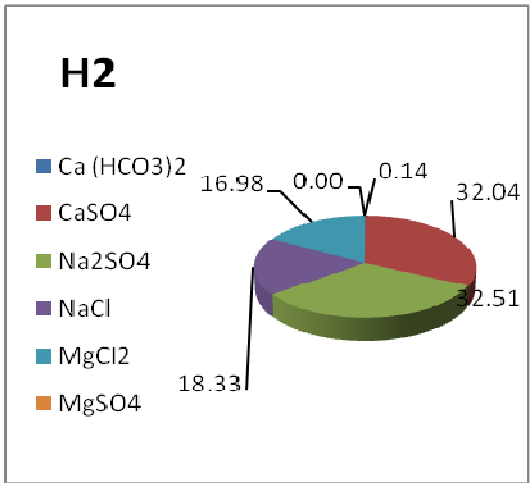
Tableau 13- Répartition des sels dans le profil B2-2.

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3	H4
$Ca(HCO_3)_2$		3	0	3	1	5,5
$CaSO_4$		59,92	46,7	41,68	43,68	24,34
Na_2SO_4		0	30,34	34,52	16,24	40,92
NaCl		2,53	3,5	0	15,	0
$MgCl_2$		0	0	15,5	0	21
$MgSO_4$		0	0	5,12	0	11,78
Reste en exé	Ca	16,76	0	0	0	0
	SO_4	0	0	0	0	1,89
	Na	47,41	4,16	0	3,9	0
	Cl	0	0	0	0	0
	Mg	49,80	32,04	17,05	27,36	0









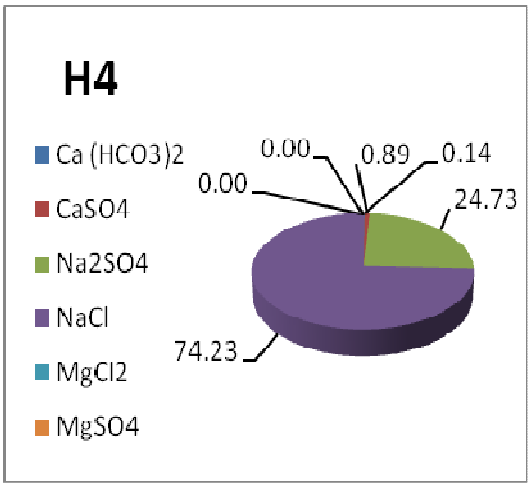


Figure 23 : Répartition des sels dans le profil B2, 2.

4.4.2.2.4 Profil D1

Le $CaSO_4$ et le $MgCl_2$ sont largement enregistrés dans les horizons extrêmes ; le premier à la profondeur avec un pourcentage de 61,68%, et le second au surface avec 37,21%. Le NaCl se concentre dans l'horizon de surface (50,44%).

Tableau 14- Répartition des sels dans le profil D1

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3	H4
$Ca(HCO_3)_2$		0,5	3	4,5	2,5	1
$CaSO_4$		8,56	43,7	17,12	43,18	41,66
Na_2SO_4		0	,46	0	9,72	8,44
NaCl		3,7	0	6	0	0
$MgCl_2$		27,3	6,5	0	6,	5
$MgSO_4$		0	41,00	0	9,34	22,66
Reste en exé	Ca	29,94	0	11,02	0	0
	SO_4	0	20,5	0	11,86	0
	Na	0	0	1,73	0	0
	Cl	0	0	0	0	0
	Mg	5,3	6,85	24,84	0	5,07

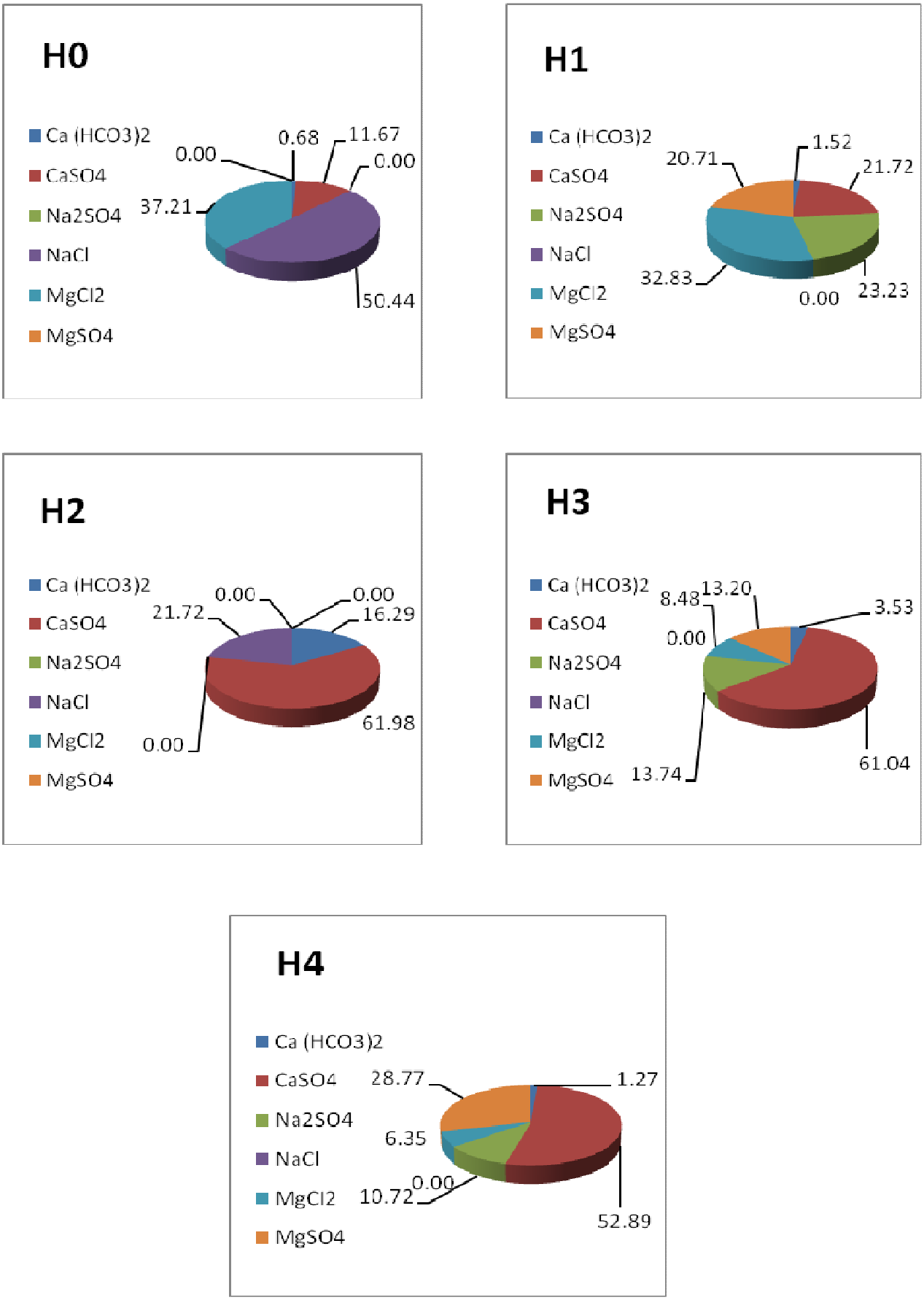


Figure 24 : Répartition des sels dans le profil D1.

4.4.2.5 Profil D2, 1

On note une concentration majore des sels dans les horizons de surface au profit de $CaSO_4$ (57,80%) et NaCl (64,07) et l'absence entière de $MgSO_4$.

Tableau 15 : Répartition des sels dans le profil D2-1.

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3
$Ca(HCO_3)_2$		1	2,5	2	0,6
$CaSO_4$		72,76	42,18	17,12	10,56
Na_2SO_4		0	17,74	0	27,96
NaCl		131,5	11,66	10,5	0,18
$MgCl_2$		0	,34	0	12,96
$MgSO_4$		0	0	0	0
Reste en exé	Ca	6,27	0	0,08	0
	SO_4	0	0	0	0
	Na	51,9	0	0,25	0
	Cl	0	0	0	0
	Mg	21,8	22,17	15,48	0,43

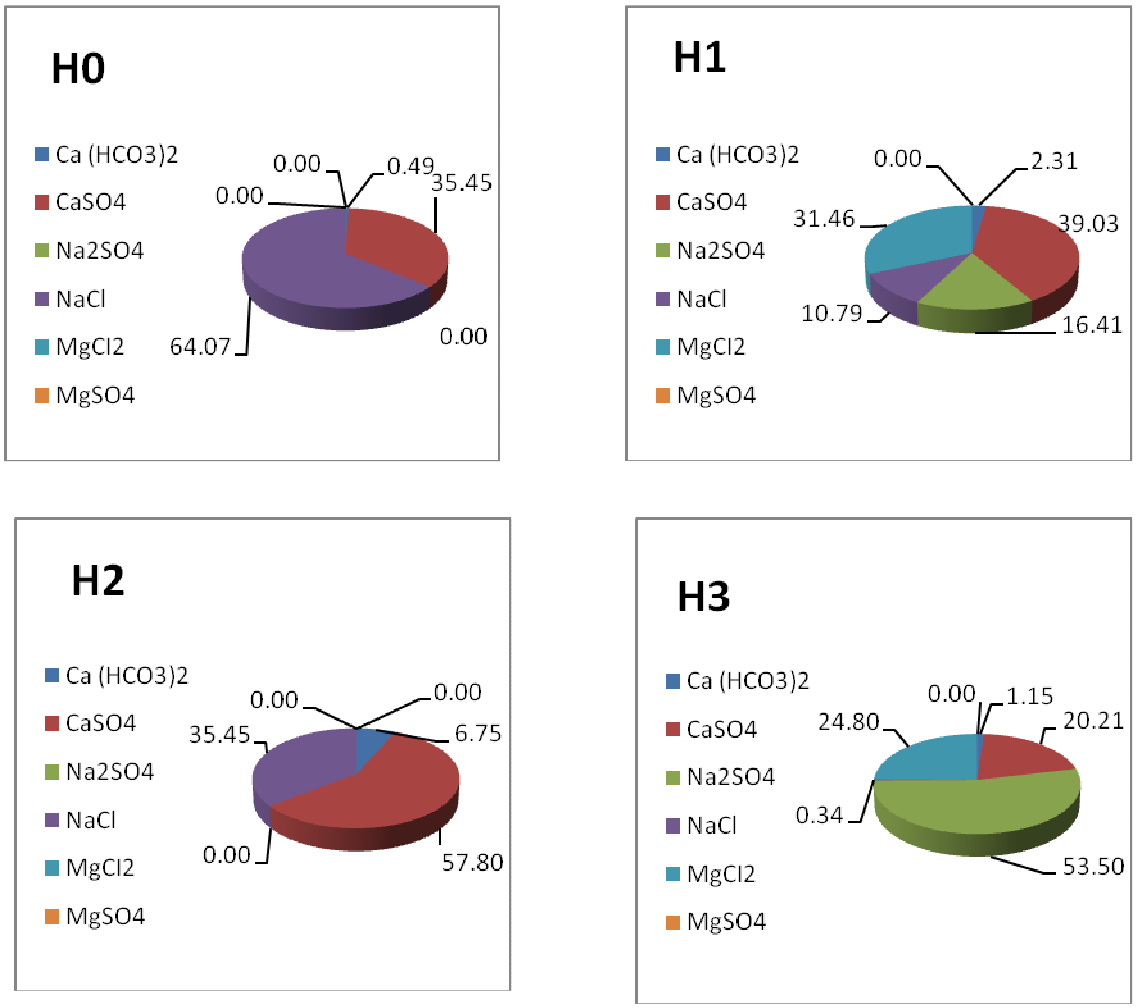


Figure 25 : Répartition des sels dans le profil D2, 1

4.4.2.3 Répartition des sels dans le profil du sol nu :(F1)

L'accumulation des sels est localisée dans les horizons de surface à la faveur du NaCl (83,79%) majoritairement et le $CaSO_4$ (50,18%) dans un second lieu. Le Na_2SO_4 dans les horizons profonds avec des proportions moins importantes (32,67%) et absent en surface. La présence des $MgCl_2$ et $MgSO_4$ seulement dans le second et le troisième (20,44%, 21,19% successivement).

Tableau 16- Répartition des sels dans le profil F1

Sels obtenus en (meq/l)		H0	H1	H2	H3	H4
$Ca(HCO_3)_2$		2,5	4	2	4	0,5
$CaSO_4$		68,48	51,36	44,7	39,66	46,2
Na_2SO_4		0	0	44,76	30,7	22,28
NaCl		367	47	0	0	28
$MgCl_2$		0	0	28,	23,	0
$MgSO_4$		0	0	17,54	26,18	0
Reste en exé	Ca	12,73	10,39	0	0	0
	SO_4	0	0	0	5,23	0
	Na	10,87	0	0	0	0,44
	Cl	0	0	0	0	0
	Mg	0	20,65	9,02	0	33,84

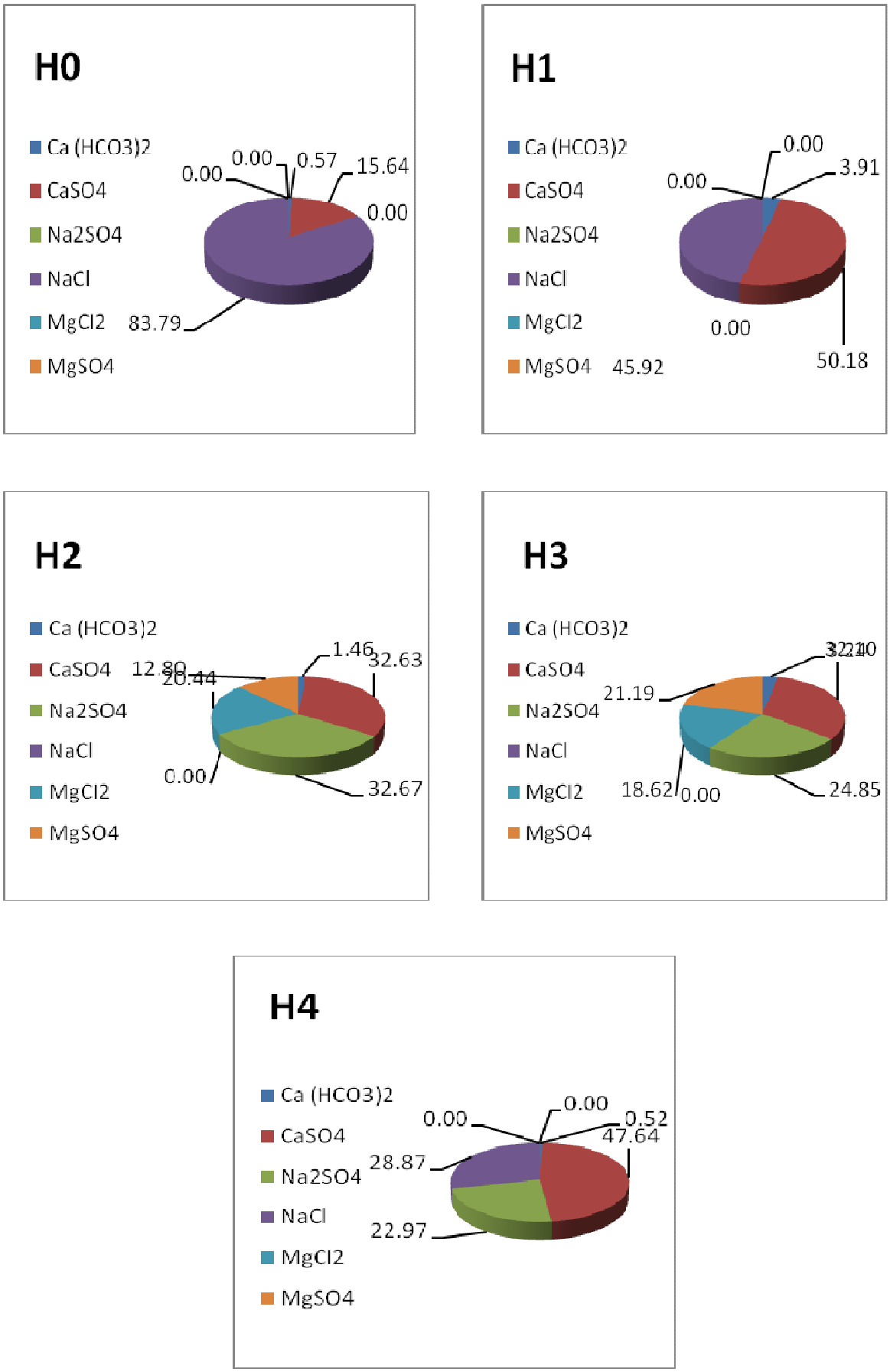


Figure 26 : Répartition des sels dans le profil F1

Conclusion

La formation des sels est directement liée à concentrations obtenues, cela est confirmé par la distribution des sels dans les profils.

Concernant la palmeraie saine, les fortes concentrations dans l'horizon médian expliquée par la présence de la majorité des sels dans cet horizon.

Pour la palmeraie dégradée, les concentrations se massent en surface ou bien en surface et l'horizon médian et/ou profond parallèlement aux zones d'accumulation saline.

Dans le sol nu les hautes concentrations sont en surface et l'accumulation des sels aussi en surface.

A partir nos résultats et les résultats des précédents travaux on remarque qu'il ya une différence au niveau des sels formés.

Pour BEN ZAHI (1994) les premiers sels formés sont : $CaSO_4$ et le $MgCl_2$, tandis que pour IDDER (2006) les sels sont : Na_2SO_4 et le NaCl.

En effet et pour BERRABAH (2009), il trouve que les premiers sels recensés sont NaCl majoritaire puis le Na_2SO_4.

En fin et pour nos cas, les premiers sels formés soient le $CaSO_4$ et le NaCl.

On peut expliquer cette différence que les périodes de travail sont différentes qui indique que l'effet de la nappe phréatique n'est pas le même ainsi que les types des sols et leurs condition ne sont pas les mêmes.

Conclusion générale

Conclusion générale :

. L'étude menée sur une comparaison de la salinité au niveau de trois situations agricoles différentes (nu, terrain cultivé sein et un terrain cultivé dégradé) et sous l'influence de deux agissements principaux ; la nappe phréatique à la base et le climat printannier en surface.

Le sol à affiché les caractéristiques morphologiques suivantes : la texture sableuse, les différents sols fortement salins, une très faible représentation organique et les pH atteignant l'alcalinité, et on peut synthétiser les principaux résultats dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Tableau comparatif des trois situations

	Seine	Dégradée	Nue
pH	alcalin	alcalin	Alcalin
C.E	salée à extrêmement salée	salée à extrêmement salée	salée à extrêmement salée
texture	sableuse	sableuse	sableuse
Calcaire total	non à peu calcaire	peu calcaire	Non à peu calcaire
gypse	teneurs élevées	Teneurs très élevées	teneurs élevées
M.O	pauvre	pauvre à très pauvre	très pauvre
Sels formés	CaSO4, NaCl, Na2SO4.	CaSO4, Na2SO4, NaCl.	NaCl, CaSO4.

Concernant les eaux phréatiques, s elles ont de très mauvaise qualité classées C5-S4.

La caractérisation et la compartimentation des ions dans les trois types de sols examinés (nu, sein et dégradé) a dégagé des valeurs hors normes attestées par les valeurs de CE (leur maximum est de 36,25 dS/m dans le sol cultivé dégradé, 26,13 dS/m dans le

sol nu et 14,05 dS/m dans le sol cultivé sein). La représentation ionique est nettement déséquilibrés au profit du sodium, calcium et sulfate dans la palmeraie seine cela se confirme par la présence majoritaire des sels ; NaCl et Na_2SO_4 formés ; concernant la palmeraie dégradée, le déséquilibre est au profit du sodium, calcium, sulfate et chlorure qui se confirme par la présence majoritaire des sels ; $CaSO_4$ Na_2SO_4 et NaCl formés ; en fin et pour le sol nu, le déséquilibre est au profit du sodium, calcium, sulfate et chlorure nu d'où une présence majoritaire des sels ; NaCl et CaSO4formés.

La séquences hypothétique de la formation des sels sur les trois types de sols (nu, cultivé sein et cultivé dégradé) à permis de caractériser la série des sels toxiques formés en proportions variables en faveur du sol cultivé dégradé par ordre d'importance décroissant : $CaSO_4$, NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, et $Ca(HCO_3)_2$**.**

Il est à signaler que le sel NaCl qui est dominé dans le sol nu et la palmeraie seine occupe environ 52,86 % de moyen dans le secteur nu et 30 % de moyen dans le second secteur à partir le total des sels.

Il est observé que le sel $CaSO_4$ qui est dominé dans la palmeraie dégradée occupe environ 54,46% comme un maximum et 30,49% comme un minimum du total des sels.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A.N.R.H., 2000- Note relatives à la remontée des eaux dans la cuvette de Ouargla, 11p.

ANRH, 1992- Les ressources techniques de la wilaya de Ouargla**.** Agence National des Ressources Hydrauliques,11p.

AUBERT G., 1975- Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I .N.A. Alger, 6(1), pp.185-195.

AUBERT G., 1978- Méthode d'analyse des sols .Ed. C.R.D.P., Marseille, 189p.

BAIZE. D, 1988- Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression-présentation-interprétation).Ed. INRA, paris, 172p.

BENZAHI Y., 1994- Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie, Mém. Ing, Univ de Ouargla, 111p.

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.

DADAMOUSSA M^{ed} L., 2007- Les effets indutts des différents programmes de développement agricole sur la préservation des écosystèmes saharien- Cas de la région de Ouargla- Mém Mag, Univ de Ouargla, 113p.

DURAND J H., 1960- Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologiques. Bull. n°4 et Gén. N°5, SES, Birmouradrais, Alger

DURAND J.H., 1958- Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190p.

HALITIM A., 1973- Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse Doct. 3 ^{eme} cycle, Univ. Rennes, 176p.

HAMDI AISSA, 2001- Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale, Thèse Doct., I.N.A-P.G, Paris, 310p.

HENIN, 1968-Le profil cultural, l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Ed. Masson et Cie, Paris, 332p.

HULIN.M., 1983- Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés. Cours polycopié, vol 3, I .N.A. Alger, 139p.

IDDER M^{ed} 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.

JABER A.1970. Contribution à l'étude expérimentale des mouvements ascendants et descendants des solutions de sel de sodium (Carbonates, sulfates, chlorure) et de certains aspects de leurs actions physiques du sol soumis à l'influence d'une nappe peu profonde. Thèse 3eme Univ. Paris, 122p.

LELIEVER, R. f. 1969.Assainissement de la cuvette de Ouargla. Des travaux publics et de la construction, Rapports géohydroliques n°2,18p; n°3, 84p.

MASSOUMI A.M.1968. Etude expérimentale sur le mécanisme du mouvement capillaire de l'eau et des sels solubles dans le sol. Influence des rapports cationiques des solutions et des textures sur le processus d'alcalinisation. Thèse Docteur-Ing. Univ. Paris, 120p.

NEZLI.I., 2009- Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla), Thèse Doc., Univ de Biskra, 117p.

O.N.M, 2010- Données climatiques de la région de Ouargla, 3p.

ROUVILLOIS BRIGOL M, 1975- Le pays de Ouargla (Sahara Algérien), variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Edit Université de la Sarbonne, Paris, 316p

SERVANT.j, 1975 - Contribution à l'étude des sols halomorphe. L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-Ouest de la France. Thèse doct, Univ Montpellier, 2 tomes, 200p.

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.

SOLTNER D., 1989- Les base de la production. Tome I : Le sol, 17eme Ed. C.S.T.A., Angers, 468p.

Annexes

-Echelles utilisées à l'interprétation des résultats-

Tableau I: Matière organique (I.T.A in BENBRAHIM, 2001)

M.O. (%)	**Sol**
M.O. **≤ 1**	Très pauvre
1 < M.O. ≤ 2	Pauvre
2 < M.O. ≤ 4	Moyenne
M.O. **> 4**	Riche

Tableau II: 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 III: pH du sol (extrait aqueux 1/5) (SOLTNER, 1989)

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

Tableau IV: 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.

Résumé :

Notre travail s'est intéressé à une comparaison de la salinité et sa compartimentation des sels sur trois types des sols sableux fortement salins (nu, cultivé sain et cultivé dégradé). Ce caractère salin est attribuer aux hauts valeurs de la C.E enregistrées dans les trois cas (36,25dS/m, 14,04 dS/m et 26, 13dS/m) selon l'ordre précité.

Ces sols sont soumis à deux agissements principaux : la nappe superficielle classé C5 S4 à la base le climat printennier en surface.

A partir des sept profils examinés sur les trois types de sol. Les principaux résultats indiquent remarquablement un déséquilibre au profit des éléments sulfate, chlore, calcium et sodium. Cela se confirme par la présence majoritaire des sels formés soient le $CaSO_4$, le NaCl et le Na_2SO_4.

Il est à noter aussi que la représentation saline importante sur les trois sols mais à des proportions variables en faveur de la palmeraie dégradé, l'ordre s'établit comme suit: $CaSO_4$ majoritaire, NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, et $Ca(HCO_3)_2$, quant au sol nu, l'ordre est: $CaSO_4$, NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, et $Ca(HCO_3)_2$, en fin et pour la palmeraie saine l'ordre est : $CaSO_4$, Na_2SO_4, NaCl, $MgSO_4$, $MgCl_2$, et $Ca(HCO_3)_2$.

Mots clés : Salinité, comparaison, sol nu, palmeraie dégradée, hypothès.

الملخص

يهتم عملنا بمقارنة الملوحة وتمييز الأملاح في ثلاثة أنواع من التربة (مزروعة مت هورة! مزروعة "ليمة و عارية# تتميز بملوحة عالية &l% بنية ن"ي$ية رملية! ه&0 ال/ا . ية الملحية ت)و -ل, +يم النا+لية ال*هربا(ية ال)الية الم"$لة في الحا'% الثلا1(dS/m 36,25، dS/m 14,04، dS/m 26.13) عل, ح"2 الترتيب2 ال"ب43

ه&0 الأنواع من التربة ت/ 56 ل)املين أ"ا"يين! ميا0 ال9بقة ال8رياتي*ية من ال . ن7 <=>; : من الأ"8@ و المنا? الربي)ي من ال"A94

من /لا@ ال"ب5 مقا59 الم/تبرة في التر2 الثلا1! أFهر% النتا(E أنD هنا C ع م ت"اوB في تر*يز ال)نا . ر G ال*لور! ال"ول&%! ال*ال"يوم و ال . و يوم! وه&ا ي* و$و الJال2 ل I ملاح الم*H لة G 4Na2SO4 L NaCl LCaSO4

ومن الملاحظ أن التواجد المهم للأملاح في الحالات الثلاث، ولكن بتراكيز مختلفة لصالح التربة، المزروعة المتدهورة، والمميزة بهذا الترتيب للأملاح على النحو التالي: CaSO4 سائد ، Na2SO4 ، $MgCl_2$، $MgSO_4$، و$Ca(HCO_3)_2$، وبالنسبة للتربة العارية الترتيب يكون: $CaSO_4$، NaCl، Na2SO4، $MgCl_2$، $MgSO_4$، و$Ca(HCO_3)_2$، وأخيرا بالنسبة للتربة المزروعة السليمة الترتيب هو: $CaSO_4$، Na2SO4، NaCl، $MgSO_4$، $MgCl_2$، و$Ca(HCO_3)_2$.

الكلمات المفتاحية: الملوحة! مقارنة تربة عارية!! مزرعة مت هورة! فر6ية4

Summary :

Our work was interested in a comparison of salinity and its compartmentation of salts on three types of the strongly saline sandy grounds (naked, cultivated degraded centre and cultivated. This saline character is to allot to high the values of the C.E recorded in the three cases (36,25dS/m, 14,04 dS/m and 26, 13dS/m) according to the above mentioned order.

These grounds are subjected to two principal intrigues: surface tablecloth classified C5 S4 at the base the climate printennier on the surface.

From the seven profiles examined out of the three types of ground. The principal results remarkably indicate an imbalance to the profit of the elements sulphates, chlorine, calcium and sodium. That is confirmed by the majority presence of formed salts are CaSO4, NaCl and Na_2SO_4.

It should be noted also that the representation important saltworks on the three grounds but with variable proportions in favour of the palm plantation degraded, the order is established as follows: $CaSO_4$ majority, NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, and Ca $(HCO_3)_2$, as for the naked ground, the order is: CaSO4, NaCl, Nac2So4, MgCl2, MgSO4, and Ca $(HCO_3)_2$, in end and for the Seine palm plantation the order is: CaS04, Nac2So4, NaCl, MgSO4, MgCl2, and Ca $(HCO_3)_2$.

Key words: Salinity, comparison, naked, grounds cultivated degraded, hypothesis.