

UNIVERSITE DE KASDI MERBAH –OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine :Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement

Présenté par : BOUKARKAR Fatiha et MIMOUNI Amira

THEME

**Contribution à l'étude des sols gypseux du Sahara
septentrional: cas de la région de Touggourt**

Soutenu publiquement le :26/06/2018

Devant le jury :

M. CHELOUFI H.	Professeur	Université d'Ouargla	Président
Mme YOUCEF F.	Maître de conférence B	Université d'Ouargla	Promotrice
M. HAMDI-AISSA B.	Professeur	Université d'Ouargla	Co-promoteur
M. DJILI B.	Maître assistant A	Université d'Ouargla	Examineur

Année universitaire : 2017/2018

Remerciement

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et nous avoir donné la volonté, la patience et

le courage pour terminer ce travail.

Nos vifs et sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à notre Université

Kasdi Merbah Ouargla,

qui nous a procurée une bonne formation.

Nous présentons nos sincères remerciements avec nos profonds respects à notre encadreur Mme.

Youcef Fouzia pour nous avoir proposée ce sujet, d'avoir offrir l'opportunité de réaliser ce travail et de bien vouloir accepter de le diriger avec beaucoup de compréhension.

*Nous remercions aussi notre Co- encadreur Pr. **HAMDI-AISSA Baelhadj** pour son aide, ses orientations, et ses conseils.*

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de lire et d'évaluer ce mémoire.

*Nos Plus vifs remerciements vont au Pr. **CHELOUFI Hamid** pour avoir accepté de présider ce*

*Jury. Nous remercions également Mr. **DJILI Brahim**, pour avoir accepté de faire partie de notre jury et d'examiner notre travail.*

Nous remercions les responsables et l'ensemble du personnel du laboratoire de pédologie, département des sciences agronomiques,

*Mr. **Bagari EL-aych**, Mme. **Yamina (G)**, Melle.*

*Imen et toutes les personnes dans le laboratoire de CRSTRA station biophysique de Touggourt et aussi toutes les personnes dans le laboratoire de ANRH surtout Mme. **Wassila**.*

Enfin nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont apportées leur Soutien et qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mimouni et Boukarkar

Dédicaces

*Je remercie tout d'abord le bon dieu tout puissant qui m'a
donné la force et le courage pour terminer ce travail.*

Je dédie ce modeste travail :

A ma très précieuse mère: Khadija

A mon très cher père: Laïche

*A mes très chères frères : Abdelhalim, Abdelrahim
Mohammed Thahar et Mohammed Azhar*

*A mes très chères sœur : Soundous, Bothaina, Sabrina et
Janna*

A ma grande mère, A mes tantes et mes oncles.

*Je n'oublie pas ma binôme Amira et mes amies : Karima,
Yousra, Rihab, Nour Houda, Hanna et Chaïma.*

A toute la famille Boukarkar

♦ A tous ceux que je porte dans mon cœur

Boukarkar Fatima

Dédicaces

*Je remercie tout d'abord le bon dieu tout puissant qui m'a
donné la force et le courage pour terminer ce travail.*

Je dédie ce modeste travail

A ma très précieuse mère: Dalila

A mon très cher père: Zin Alabidine

*A mes très chères frères : Abd Albasset, Ahmed, Ali,
Amar et Mohammed*

A ma très chère sœur : Maroua

A mon très cher fiancé : Adam

*Je n'oublie pas ma binôme Fatima et mes amies : Karima,
Yousra, Salima, Lamia, Saïda, Massaouda, Safa et Chaïma.*

A toute la famille Mímouni

Mímouni Amira

Liste des figures

Figure 1: Localisation géographique de la région d'étude (Division géographique de la direction des archives du ministère des affaires étrangères 2004).	5
Figure 2 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (TESCO, 1992).	8
Figure 3: Coupe hydrogéologique du complexe terminal de la région d'Oued Righ sud (A.N.R.H, 2017).	9
Figure 4: Variations de la température pendant la période 2007-2016 dans la région de Touggourt.	11
Figure 5 : Variations des précipitations durant la période (2007-2016).	12
Figure 6: Variations de l'évaporation durant la période 2007-2016.	12
Figure 7: Variations de l'humidité de l'air durant la période 2007-2016.	13
Figure 8: Variations de l'insolation durant la période 2007-2016.	14
Figure 9: Variations de la vitesse du vent durant la période (2007-2016).	14
Figure 10: Diagramme ombrothermique de la région de Touggourt durant la période (2007-2016).	15
Figure 11: Climagramme pluviothermique d'EMBERGER de la région de Touggourt (2007-2016)	16
Figure 12: Démarche méthodologique	18
Figure 13: Localisation des coupes et profils étudiées	20
Figure 14: Profil granulométrique de la coupe P1G.	28
Figure 15: Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P1G.	29
Figure 16: Profils de bilan ionique P1G.	29
Figure 17: Profil granulométrique de la coupe P2G.	32
Figure 18: Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P2G.	33
Figure 19: Bilan ionique de la coupe P2G.	33
Figure 20: Profil granulométrique de la coupe P3G.	37
Figure 21: Profils de calcaire, de matière organique et du gypse de la coupe P3G.	37
Figure 22: Bilan ionique de la coupe P3G.	38
Figure 23: Profil granulométrique de la coupe P4G.	41
Figure 24 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P4G.	41
Figure 25: Bilan ionique de la coupe P4G.	42
Figure 26: Profil granulométrique de la coupe P5G.	45
Figure 27: Profils de calcaire, de matière organique, et de gypse de la coupe P5G.	46
Figure 28: Bilan ionique de la coupe P5G.	46
Figure 29 : Profil granulométrique de la coupe P6G.	50
Figure 30 : Profils de calcaire, de matière organique, et de gypse de la coupe P6G.	50
Figure 31: Bilan ionique de la coupe P6G.	51
Figure 32: Profil granulométrique de la coupe P1T.	54
Figure 33 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P1T.	54
Figure 34 : Bilan ionique de la coupe P1T.	55

Figure 35: Profil granulométrique de la coupe P2T.	57
Figure 36 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P2T.	58
Figure 37 : Bilan ionique de la coupe P2T.	58
Figure 38: Profils granulométrique de la coupe P3T.	61
Figure 39 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P3T.	61
Figure 40 : Bilan ionique de la coupe P3T.	62
Figure 41 : Profil granulométrique de la coupe P1S.	65
Figure 42 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P1S.	66
Figure 43 : Bilan ionique de la coupe P1S.	66
Figure 44 : Profil granulométrique de la coupe P2S.	69
Figure 45 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P2S.	69
Figure 46: Bilan ionique de la coupe P2S.	70
Figure 47: Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P6H4G	74
Figure 48 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P6H5G	74
Figure 49 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P4H2G	75
Figure 50 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P3H3T.....	75
Figure 51 : Relation entre le taux du gypse et la CE (ds/m).....	85
Figure 52 : Relation entre le taux du gypse et le pH	86

Liste des tableaux

Tableau 1: Données climatiques de la région de Touggourt (2007-2016) (O.N.M., 2017).10
Tableau 2 : Les minéraux argileux et non argileux détectés par spectroscopie IRTF..... 71

Liste des photos

Photo 1 : la coupe 1 (P1G)	27
Photo 2: la coupe 2 (P2G).....	31
Photo 3: L'environnement des coupes 3, 4 et 5.....	36
Photo 4: la coupe 3 (P3G)	36
Photo 5 : la Coupe 4 (P4G).....	39
Photo 6: la coupe 5 (P5G).....	44
Photo 7 : L'environnement du profil 6	48
Photo 8: le profil 6 (P6G)	48
Photo 9 : la coupe 8 (P1T).....	53
Photo 10 : la coupe 9 (P2S)	56
Photo 11: la coupe 10 (P3T).....	60
Photo 12 : la coupe 10 P1S.....	63
Photo 13 : Les formes des croutes et des encroutements gypseux de P1S.....	64
Photo 14 : la coupe 11 (P2S)	68
Photo 15 : A : Rosette de sable. B : Photo de rosette de sable sous la loupe binoculaire de la coupe P5H3G.....	82
Photo 16: A : Rosette de sable. B : Photo de la rosette de sable sous la loupe binoculaire de la coupe P4H3G.	82
Photo 17 : A : manchon de gypse. B : Photo du manchon de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P1H2S.....	83
Photo 18 : A : Cristaux de gypse. B : Photo de cristaux de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P6H3G.	83
Photo 19: A : Nodule de gypse. B : Photo du nodule de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P3H3T.	84

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I :présentation derégion d'étude	
I.1. - Situation géographique	5
I.2.Topographie	6
I.3. Géologie	6
I.4. Sol	7
I.5. Hydrogéologie	7
I.5.1. Nappe du Continental Intercalaire (CI)	7
I.5.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)	7
I.5.3. Nappe phréatique	8
I.6. Caractéristiques climatiques	9
1.6.1. Les donnes brutes	9
I.6.1.1. La température	10
I.6.1.2. Les précipitation	11
I.6.1.3. L'évaporation	12
I.6.1.4. L'humidité	13
I.6.1.5. L'insolation	13
I.6.1.6. Le vent	14
I.6.2. Synthèse climatique	15
I.6.2.1.Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	15
I.6.2.2. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER	16
II. Matériets et méthodes	
II .1.Approche méthodologique	18
II.2. Méthode d'approche sur terrain	19
II.2.1.Choix des sites étudiés	19
II.2.2. Présentation des sites étudiés	19
II.2.2.1. Site d'El Goug	19
II.2.2.2. Site de Témacine	19
II.2.2.3. Site de Sidi Mahdi	19
II.2.3. Description morphologique	21

II.2.4. Echantillonnage du sol.....	21
II.3. Méthode d'approche au laboratoire	21
II.3.1. Analyses physico-chimiques, chimiques et minéralogiques.....	21
II.3.1.1. Analyse granulométrique à la pipette robinson	22
II. 3.1.2. La conductivité électrique (CE) et le pH	22
II.3.1.3. Matière organique	22
II. 3.1.4. Le calcaire total.....	22
II.3.1.5. Dosage du gypse (CaSO ₄ , 2H ₂ O).....	23
II. 3.1.6. Dosage des sels solubles	23
II.3.1.7. Analyse minéralogique	23
II. 3.1.7.1. Extraction des argiles.....	23
II. 3.7.2. Etude par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).....	24
II. 3.1.8. Les examens morphoscopiques	25

Chapitre III. : Résultats

III.1. Résultats morphologiques et analytiques	27
III.1.1. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1G.....	27
III.1.1.1. Description morphologique	27
III.1.1.2. Données analytiques	28
III.1.1.3. Interprétation	29
III.1.2. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P2G.....	30
III.1.2.1. Description morphologique	30
III.1.2.2. Données analytiques	32
III.1.2.3. Interprétation	33
III.1.3. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P3G.....	35
III.1.3.1. Description morphologique	35
III.1.3.2. Données analytiques	37
III.1.3.3. Interprétation	38
III. 1.4. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P4G.....	39
III. 1.4. 1. Description morphologique	39
III.1.4.2. Données analytiques	40
III.1.4.3. Interprétation	42
III. 1.5. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe GP5.....	43
III. 1.5. 1. Description morphologique	43

III.1.5.3. Interprétation	46
III.1.6. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe GP6.....	47
III. 1.6. 1. Description morphologique	47
II.6.3.Interprétation.....	51
III.1.7. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1T	52
III. 1.7.1. Description morphologique	52
II.1.7.2. Données analytiques	54
III.1.7.3.Interprétation	55
III.1.8.Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P2T	56
III.1.8.1.Description morphologique	56
III.1.8.2. Données analytiques	57
III. 1.8.3.Interprétation	58
III.1.9.Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P3T	59
III.1.9.1.Description morphologique	59
III.1.9.2. Données analytiques	61
III. 1.9.3.Interprétation	62
III.1.10.Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1S	63
III.1.10.1Description morphologique	63
III.1.10.2. Données analytiques	65
III.1.10.3. Interprétation	66
III.1.11.2. Données analytiques	68
III.1.11.3.Interprétation	70
III.2. Résultats des études minéralogiques des argiles par IRTF	71
III.2.1. Interprétation	71

Chapitre IV : Discussion

IV.1. Synthèse morpho-analytique des sites d'étude.....	77
IV.1.1. Site d'El Goug (P1G, P2G, P3G, P4G, P5G et P6G).....	77
IV.1.2. Site de Témacine (P1T, P2Tet P3T).....	77
IV.1.3. Site de Sidi Mahdi (P1S et P2S).....	78
IV.2. Origine du gypse et des différentes formes d'accumulations gypseuses dans la région de Touggourt	78
IV.2.1. Les croûtes gypseuses	79
IV.2.2. Les encroutements gypseux	79
IV.2.3. Les cristaux de gypse et les rosettes de sable.....	80

IV.2.4. Les amas et les nodules de gypse	80
IV.2.5. Les manchons gypseux.....	81
IV.2.6. Cristallisation de gypse fibreux (Les bancs et des plaques gypseuses).....	81
IV.2.7. Relation entre le gypse et la CE	84
IV.2.8. Relation entre le gypse et le pH	85
IV.3. les études minéralogique des argiles par infrarouge (IRTF)	86
Conclusion.....	89
Références bibliographiques	92
Annexes	100

Liste des abréviations

ANRH	: Agence National des Ressources Hydrauliques
CI	: Continental Intercalaire
CT	: Complexe Terminal
IR	: Infrarouge
IRTF	: Infra Rouge à Transformée de Fourier
MIR	: Moyen Infrarouge
O.N.M.	: Office nationale des météorologique
SPIR	: Spectroscopie Infrarouge
DRX	: diffractométrie à rayons X
F.A.O	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
A	: Argile
Lf	: Limon fin
Lg	: Limon grossier
Sf	: Sable Fin
Sg	: Sable grossier
M O	: Matière Organique
Prof.	: Profondeur
Echan.	: Echantillon
PHG	: Horizon de Profile ou de coupe de site AL-Goug
PHT	: Horizon de Profile ou de coupe de site Témacine
PHS	: Horizon de Profile ou de coupe de site Sidi Mahdi



Introduction

Introduction

Le Sahara septentrional se caractérise au niveau pédologique par la présence des accumulations de sels (gypse, calcite, sels solubles...), qui présentent des morphologies très variables (**HALITIM, 1988**).

Le gypse et les sels solubles peuvent s'accumuler dans le sol quand l'évapotranspiration devient supérieure aux précipitations. Ils s'accumulent sous plusieurs grands types qui peuvent être distingués selon leurs origines et ont chacun une signification climatique spécifique (**FEDOROFF et COURTY, 1989**).

Le gypse peut se présenter sous forme pulvérulente, en pseudo mycélium, en amas, en nodules, en roses de sables, en encroûtements, en croûte massive ou en croûte polygonale (**POUGET, 1968 ; DEKKICHE, 1974 ; HALITIM, 1988 ; BEN SAÏD, 1999**). Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est formé d'une solution aqueuse, ou de l'hydratation de l'anhydride (CaSO_4). Il se cristallise sous forme d'un prisme monoclinique et occupe finalement la forme d'un granulaire (alabastre), comme un agrégat fibreux (gypse salin) où se rassemble comme une rose (rose de désert) (**BOYADGIEV ET SAYEGH, 1992**).

Le gypse est un sel peu soluble (sulfate de calcium hydraté) sa solubilité est de 2.6 g/l dans l'eau pure à 25°C et à une pression de 1 atmosphère (**HERRERO et PORTA, 2000**). Il constitue la forme la plus répandue du sulfate de calcium dans le sol (**ESWARAN et al., 1981**).

Le gypse est souvent incolore à blanc, il peut présenter des teintes qui varient du jaune au brun (**ANSAN et ARBEY, 2003**). Il est transparent à translucide, opaque pour certaines variétés grenues. Il est très tendre, sa dureté est de 2 sur l'échelle de Mohs, il présente une densité de 2.32 (**O'DONOGHUE, 1997**).

La texture est liée à la teneur en gypse ; à des faibles teneurs, la texture est déterminée par le matériau parental. Cependant, l'augmentation des teneurs en gypse engendre, d'une part, la formation d'une texture à dominance de limon et de sable en raison d'une cristallisation grossière d'autre part, elle conduit à une diminution des teneurs en argile (**POCH, 1992**).

Le gypse intervient par une action physico-chimique (augmentation de la concentration en électrolytes et le phénomène d'échange), ainsi que par une action physique au niveau des

contacts argile-gypse qui intervient sur la structuration globale des matériaux par cristallisation et croissance cristalline du gypse (**HALITIM, 1985**).

La plupart des sols gypseux, ont une structure peu favorable. La structure de l'horizon de surface est dominée par une couche massive ou fine. L'horizon peut être fortement cimenté avec formation de croûtes dures, s'opposant parfois à la circulation de l'eau et au développement des racines (**F.A.O., 1990**).

La présence de gypse affecte le développement des éléments structuraux, à cause de la formation des canaux remplis de gypse, appelé gypse vermiforme (**ARTIEDA et HERRERO, 1996**).

Quand la quantité du gypse dépasse les 15%, la structure devient instable. Toutefois, elle a tendance à augmenter sa stabilité autant que la quantité du gypse dépasse les 25 % et c'est pour cette raison que **BOYADGIEV (1985)** a conclu que les sols contenant 10 à 35 % de gypse perméable ont une pauvre stabilité structurale et une faible capacité de rétention en eau.

D'après **VAN ALPHEN et RIOS ROMERO (1971)**, on définit les sols gypseux, comme des sols à teneur supérieures à 2 % de gypse, alors que la classification **F.A.O (1998)** nomme gypsisols les sols à teneur supérieure à 5% de gypse (**RAZI, 2006**). Selon **POUGET (1968)** et **HALITIM (1988)** les sols gypseux contiennent des teneurs en gypse très élevée (60 % à 90%).

Dans le monde l'étendue des sols gypseux serait difficile à établir. D'après la **F.A.O. (1990)** l'espace occupé correspondrait à 85 millions d'hectares, alors que **HERRERO et BOIXADERA (2002)** l'estiment à 207 millions d'hectares.

En Algérie, ces sols semblent occuper une superficie de 7966,3 km² (**F.A.O, 1990 ; MASHALI, 1995, 1996**). Dans les régions du Nord, ils sont relativement localisés et se confinent généralement dans les zones dépressionnaires (chotts) et autour des formations géologiques gypsifères de l'étage bioclimatique aride (**DJILI, 2000**).

Dans les régions de l'intérieur où l'aridité devient plus importante, ils occupent une superficie importante principalement au niveau des oasis (**DURAND, 1954; MADIOUNI, 1997; ABDESSELAM, 1999**). Leur superficie cartographiée est estimée à près d'un million d'hectares (**MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, IN DAOUD ET HALITIM, 1994**). **DJILI (2000)**, considère que les sols les mieux pourvus en gypse sont ceux qui se situent légèrement au sud du domaine des sols calcaires.

D'après **GUYOT** et **DURAND (1955)**, les sols de la vallée d'oued Righ contiennent de fortes proportions de gypse. La raison principale de cette accumulation dans les sols est due à la précipitation du gypse provenant des sels contenus dans la nappe aquifère et dans les ruissellements. A la suite d'une évaporation intense et dont la variation saisonnière du niveau piézométrique peut atteindre dans la vallée de l'oued Righ l'amplitude d'un mètre et plus.


Devant cet état, des questions nous avons posées:

A quelle limite la contribution des sols gypseux du Sahara et exactement dans la région de Touggourt, quelle sont les différentes formes d'accumulation gypseux dans même région et quelle est l'intérêt qu'exploité pour cette étude?

L'objectif principal de notre travail est d'une part une contribution à la connaissance des sols du Sahara en général, et d'autre part la contribution à l'étude des sols gypseux de la région de Touggourt.

Dans ce manuscrit, nous avons choisi de structurer notre étude, selon un enchainement logique, constitué des quater (04) chapitres suivant :

- Chapitre I: Présentation de la région d'étude ;
- Chapitre II : Matériel et méthodes ;
- Chapitre III : Résultats ;
- Chapitre IV : Discussion ;



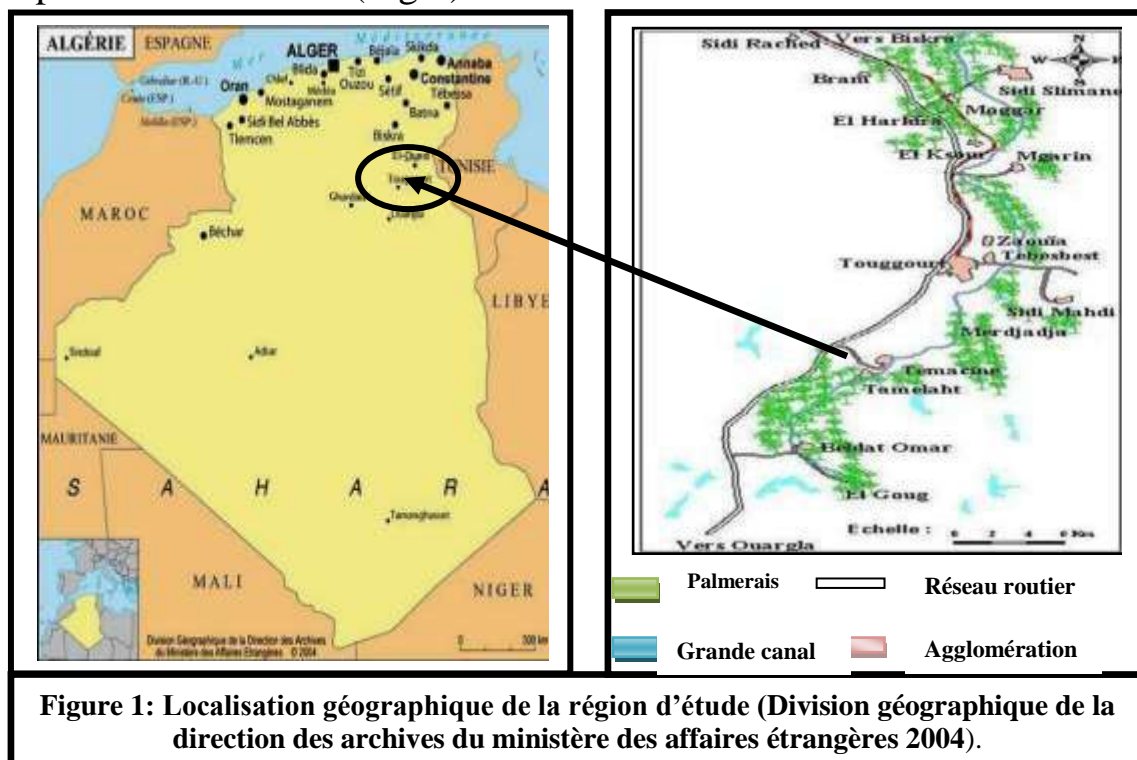
Chapitre I.
Présentation de
la région
d'étude

Chapitre I - Présentation de la région de Touggourt

Au niveau de ce chapitre, nous allons présenter les différentes caractéristiques de la région de Touggourt, cadre de notre étude.

I.1. - Situation géographique

La région de Touggourt c'est un ensemble d'oasis situé dans le Sud-est de l'Algérie (33° 30 N. ; 6° 30 E.) (MESGHOUNI, 2008), à la bordure occidentale de l'impressionnant océan de dunes qu'on appelle «Grand Erg Oriental ». Elle s'étend sur environ 140 km du Nord au Sud, le long de l'Oued Righ, dont les eaux suivent pour l'essentiel un cours outerrain. Elle est limitée administrativement au Nord par la commune de Djamâa, à l'Est par la commune de Taibat, au Sud et à l'Ouest par la commune d'El Hadjira (MESGHOUNI, 2008) Alors qu'en examinant la topographie de cette zone on constate que c'est une dépression bordée au Nord par le Ziban, à l'Est par les grands alignements dunaires de l'Erg oriental, au Sud par les oasis de Ouargla, et à l'Ouest par la dépression de Dzioua (Fig.1).



I.2. Topographie

Dans la région de Touggourt, deux limites naturelles (les dunes et les palmeraies) orientent le développement linéaire des agglomérations dans le sens méridien (**MAZOUZ et al., 1999 cités par MESGHOUNI, 2008**)

Sa topographie est subdivisée en quatre sous-ensembles (**A.N.R.H, 2017**) :

- Zone de plateau à l'Ouest, où affleurent le Mio-Pliocène et le Pliocène continental;
- Formations sableuses (dunes et cordons d'Erg);
- Zones alluvionnaires;
- Chotts occupant les fonds des dépressions et des dayas;

I.3. Géologie

Selon **A.N.R.H. (2017)**, du point de vue géologique, la région de l'Oued Righ appartient à la plate forme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatis au début de l'ère secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable qui est limité :

- Au Nord, par l'accident Sud Atlasique et les premiers contreforts des monts des Aurès;
- Au Sud, par la falaise méridional du TINHERT;
- A l'Est par les affleurements crétacés du DAHAR;
- A l'Ouest par la dorsale du Mzab.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara, s'étend des pieds de l'Aurès au Nord jusqu'au Tassilis au Sud .Une grande partie du bassin est recouverte par le Grand Erg Oriental, soit 125000 Km². La vallée de l'Oued Righ fait partie de cet ensemble (**BERGUIGA et BEDOUI, 2012**).

Vu l'absence des mouvements tectonique susceptible d'influencer la géologie de la région par le plissage et le chevauchement, les formations géologiques sont en grande

partie d'âge Quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts Mio-pliocène (A.N.R.H., 2017).

I.4. Sol

La région d'étude est caractérisée par des sols peu évolués, d'origine alluvio-colluviale à partir du niveau Quaternaire ancien encroûté essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux. Ils ont une texture sablo-limoneuse et une structure particulière (CORTIN, 1969). Ces sols ont un caractère hydromorphe, ce qui engendre la remontée des niveaux de nappes phréatiques et la concentration des sels surtout dans les horizons de surface (KHADRAOUI, 2006).

I.5. Hydrogéologie

Les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. A Touggourt, comme toutes régions saharienne, les ressources en eau sont surtout largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'Atlas saharien, le Hoggar et le Tassili (KHADRAOUI, 2006). La région de Touggourt présente deux types de ressources en eaux à savoir ressources superficielles et souterraines.

Les ressources en eaux souterraines du Sahara septentrional (figure 02) sont contenues dans deux grands aquifères, qui s'étendent au-delà des frontières Algériennes qui sont ceux du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Dans la région d'étude, on rencontre les trois nappes suivantes (du bas en haut) : La nappe du Continental Intercalaire, la nappe du Complexe Terminal et la nappe phréatique.

I.5.1. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

Le Continental Intercalaire (Figure 02) occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du trias et du sommet de l'Albien. C'est un réservoir considérable dû à l'extension (60000 Km²) et son épaisseur qui peut atteindre les 1000 m au Nord-Ouest du Sahara. Le Continental Intercalaire est un réservoir à eau plus au moins douce rempli dans sa majorité pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire (SAYAH, 2008).

I.5.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)

Le Complexe Terminal (Figure 02) contient plus d'une nappe (Mio-pliocène, sénonien carbonates et l'Eocène) d'extension considérable de 350 000 Km², une puissance moyenne de 50 à 100 m et une profondeur variant entre 200 et 500 m. Il est composé de trois

aquifères principaux, on distingue de haut en bas la nappe des sables, la nappe des sables et grès et la nappe des calcaires. On distingue trois aquifères principaux :

- **La première nappe** : dans les sables et argiles du Pliocène, qui est en fait un réseau de petites nappes en communication;
- **La deuxième nappe** : dans les sables grossiers à graviers du Miocène supérieurs;
- **La troisième nappe** : dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocène inférieur.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région de l'Oued Righ; cette région est caractérisée par la présence de la nappe sénonienne carbonaté et le Turonien; mais l'exploitation croissante de ces nappes a conduit à l'utilisation de pompes visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation (SAYAH, 2008).

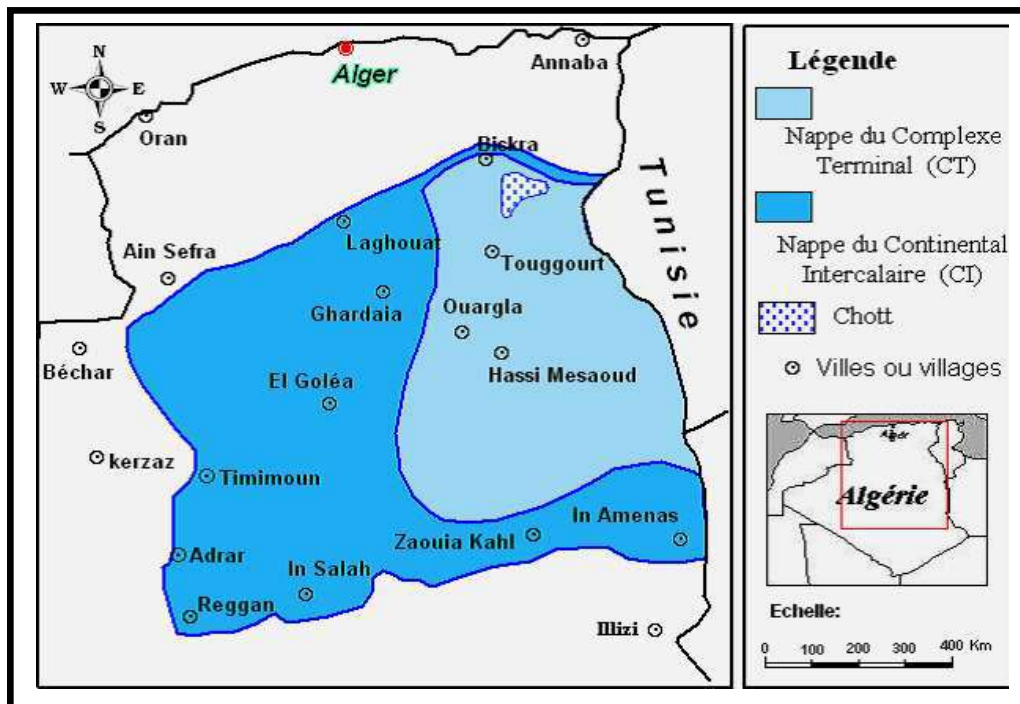


Figure 2 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (TESCO, 1992).

I.5.3. Nappe phréatique

Cet aquifère est constitué par des sables plus ou moins fins et Argile gypseuse. Son substratum est formé d'argile formant en même temps le toit de la première nappe du (CT).

Son épaisseur moyenne est de 7 à 60 m. Cette nappe n'est plus exploitée en raison de la forte salinité des eaux (SAYAH, 2008).

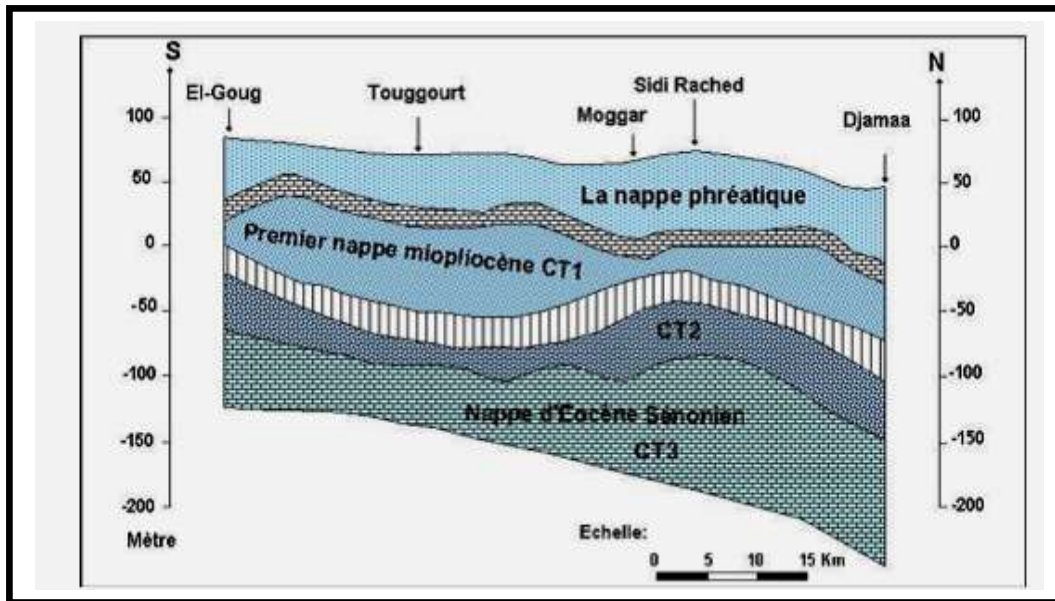


Figure 3: Coupe hydrogéologique du complexe terminal de la région d'Oued Righ sud (A.N.R.H, 2017).

I.6. Caractéristiques climatiques

1.6.1. Les données brutes

Le climat de la région de Touggourt est typiquement Saharien. Il est caractérisé par des précipitations très faibles, irrégulières et capricieuses, des températures fortes, et des humidités relativement faibles (BARRTIMA, 2006).

Les données climatiques de la région de Touggourt en (2007-2016) sont présentées au niveau du tableau I.

Chapitre I - Présentation de la région de Touggourt

Tableau I: Données climatiques de la région de Touggourt (2007-2016) (O.N.M., 2017).

Mois	Température minimale (°C)	Température maximale (°C)	Température moyenne (°C)	Humidité (%)	vent maximale en (Km/h)	précipitation (mm)	Evaporation (mm)	Insolation (heures)
Janvier	4,1	19,07	11,58	63	17,07	11,28	91,85	276,04
Février	5,5	20,03	12,76	54	15,86	5,04	125,65	261,07
Mars	8,8	24,27	16,53	48	20,98	6,06	157,82	290,19
Avril	12,5	29,9	21,2	46	20,26	10,26	198,42	311,43
Mai	18,2	34,44	26,32	39	20,43	1,8	242,7	363,66
Juin	22,9	39,72	31,31	35	17,6	0,37	273,95	350,82
Juillet	25,8	42,76	34,28	32	19,18	0,05	332,69	399,65
Aout	26	41,93	33,96	35	19,43	3,33	297,29	375,08
Septembre	21,6	37,01	29,3	45	18,76	5,36	221,39	301,26
Octobre	15,6	31,07	23,33	50	15,26	3,55	178,11	299,65
Novembre	8,1	24,13	16,11	57	15,64	2,27	129,43	282,27
Décembre	4,2	18,97	11,58	62	13,57	4,46	86,44	262,24
Moyenne	14,44	30,27	22,36	47,16	64,21	53,8*	2335,74*	314,44

*Cumul

I.6.1.1. La température

La température moyenne annuelle dans la région de Touggourt est de 22,36 °C avec un maximum de 34,28 °C en Juillet pour le mois le plus chaud et un minimum de 11,58 °C en Janvier qui est le mois le plus froid. Concernant la température maximale, la valeur la plus importante est atteinte aussi en juillet avec 42,76 °C tandis que la température minimale du mois le plus froid (janvier) est égale à 4,1 °C pour la période de dix ans (2007-2016) (Tableau I et figure 4).

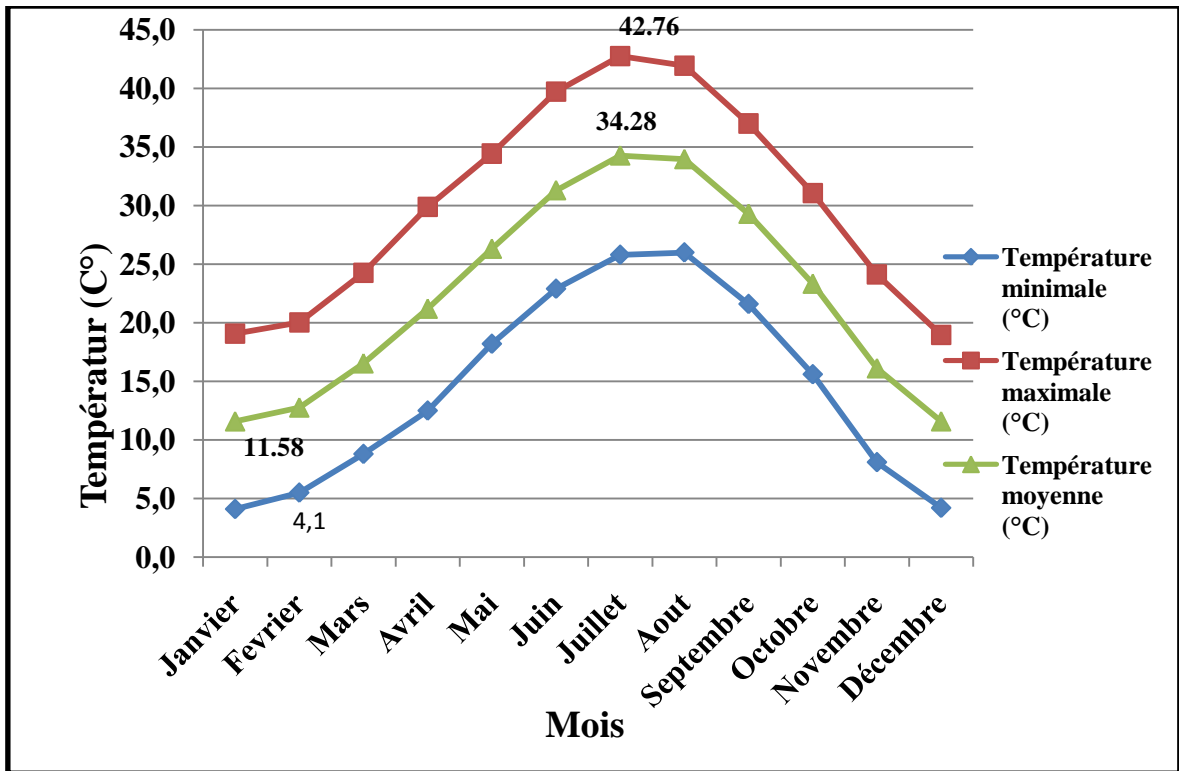


Figure 4: Variations de la température pendant la période 2007-2016 dans la région de Touggourt.

I.6.1.2. Les précipitation

Comme toutes les régions sahariennes la quantité des précipitations est très faible. Donc d’après le Tableau I et la Figure 5 la moyenne annuelle des précipitations dans la région d’étude est de 53,8 mm avec une valeur maximale de 11,28 mm au mois de Janvier et une valeur minimale de 0,05 mm au mois de Juillet.

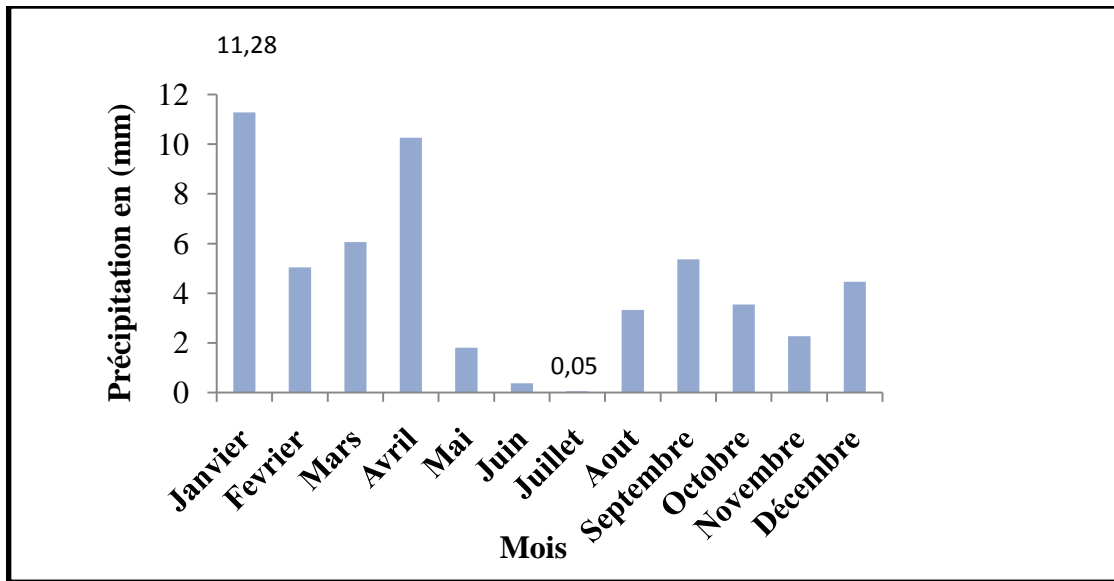


Figure 5 : Variations des précipitations durant la période (2007-2016)

I.6.1.3. L'évaporation

La région d'étude est caractérisée par une évaporation très élevée. Les données du tableau I et de la figure 6 montrent que le cumul annuel est de 2335,74 mm et que la valeur maximale est de 332,69 mm pour le mois de Juillet.

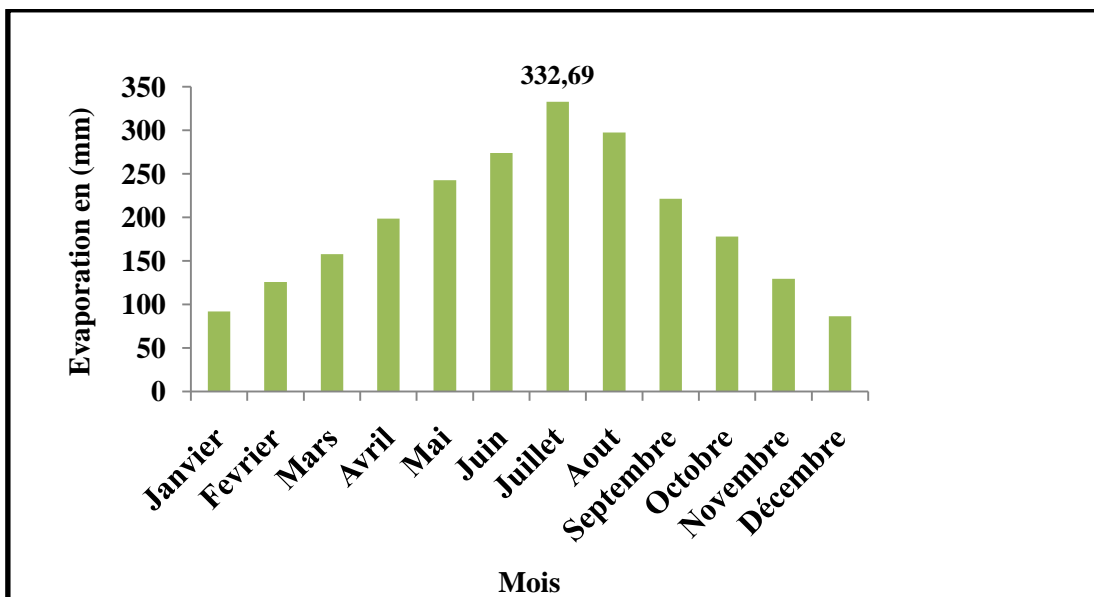


Figure 6: Variations de l'évaporation durant la période 2007-2016.

I.6.1.4. L'humidité

L'humidité relative au Sahara septentrionale est généralement comprise entre 20 et 30 % pendant l'été et s'élève à 50 ou 60 % et parfois davantage en janvier (OZENDA, 1983 ; LEHOUEIROU, 1995). A partir du tableau I nous observons que la moyenne annuelle est de 47,16 %, avec une valeur très importante de 63 % au mois de Janvier et une valeur très faible de 32 % au mois de Juillet pour la période (2007-2016) (Figure 7).

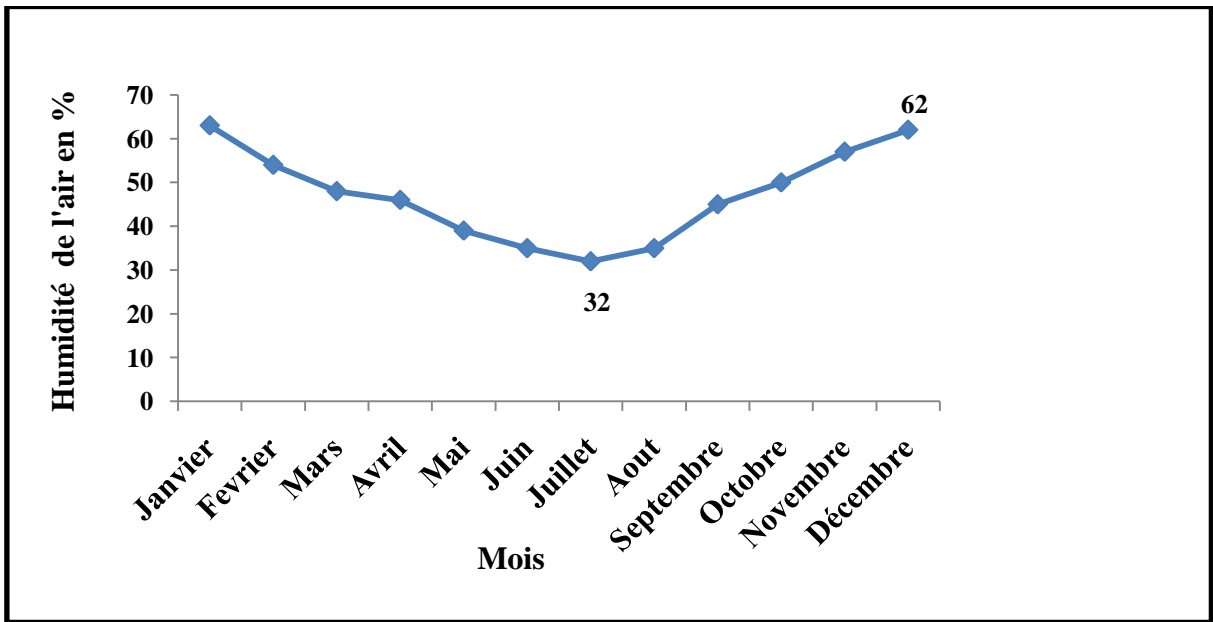


Figure 7: Variations de l'humidité de l'air durant la période 2007-2016.

I.6.1.5. L'insolation

A partir des données du tableau I, la moyenne annuelle d'insolation est de 314,44 heures et la valeur maximale est enregistrée en juillet avec 399,65 heures et la valeur minimale en Février avec 261,07 heures (Figure 8).

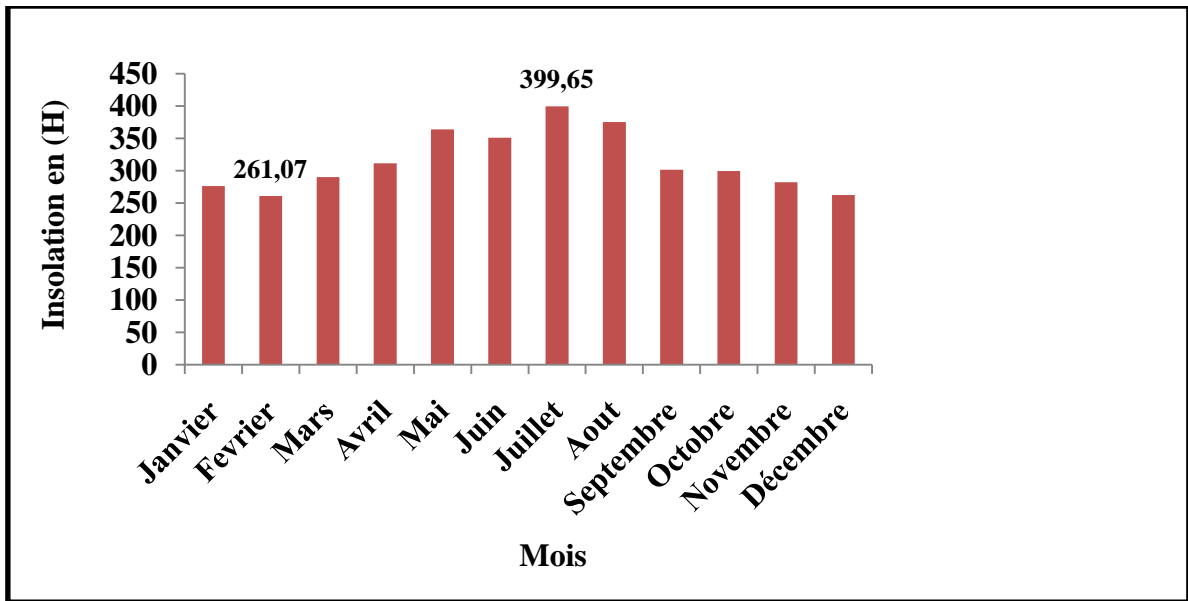


Figure 8: Variations de l'insolation durant la période 2007-2016.

I.6.1.6. Le vent

La figure 9 montre que la valeur maximale de la vitesse du vent max (Km/h) est de 20,98 km/h pour le mois de Mars et que la valeur minimale est de 13,57 km/h pour le mois de Décembre.

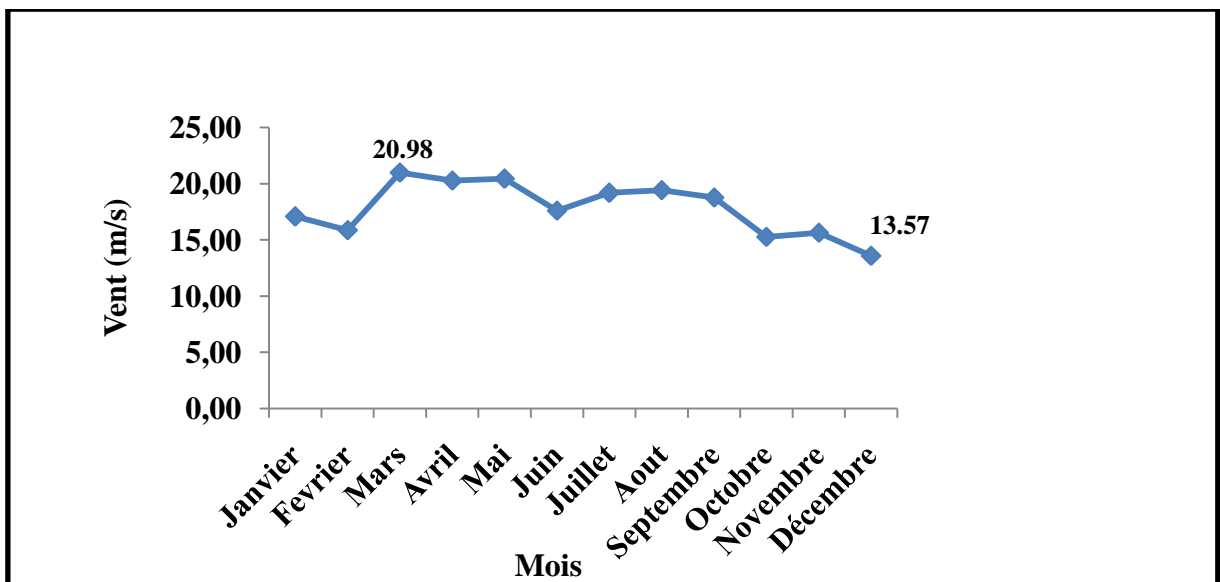


Figure 9 : Variations de la vitesse du vent durant la période (2007-2016).

I.6.2. Synthèse climatique

Pour caractériser le climat de la région d'étude, et préciser son degré d'aridité nous avons fait recours au diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et pour déterminer l'étage bioclimatique, le climagramme d'EMBERGER a été utilisé.

I.6.2.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon FAURIE *et al.*, (1984), le diagramme ombrothermique de GAUSSEN est construit en portant en abscisses les mois de l'année et en ordonnée les précipitations sur l'axe vertical à droite et les températures sur le second axe vertical situé à gauche, en prenant soin de doubler l'échelle des températures par rapport à celle des précipitations ($P=2T$).

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (Figure 10) montre que le climat de la région de Touggourt pour la période de 10 ans (2007-2016), présente une période de sécheresse permanente durant toute l'année à cause des faibles précipitations et des températures élevées.

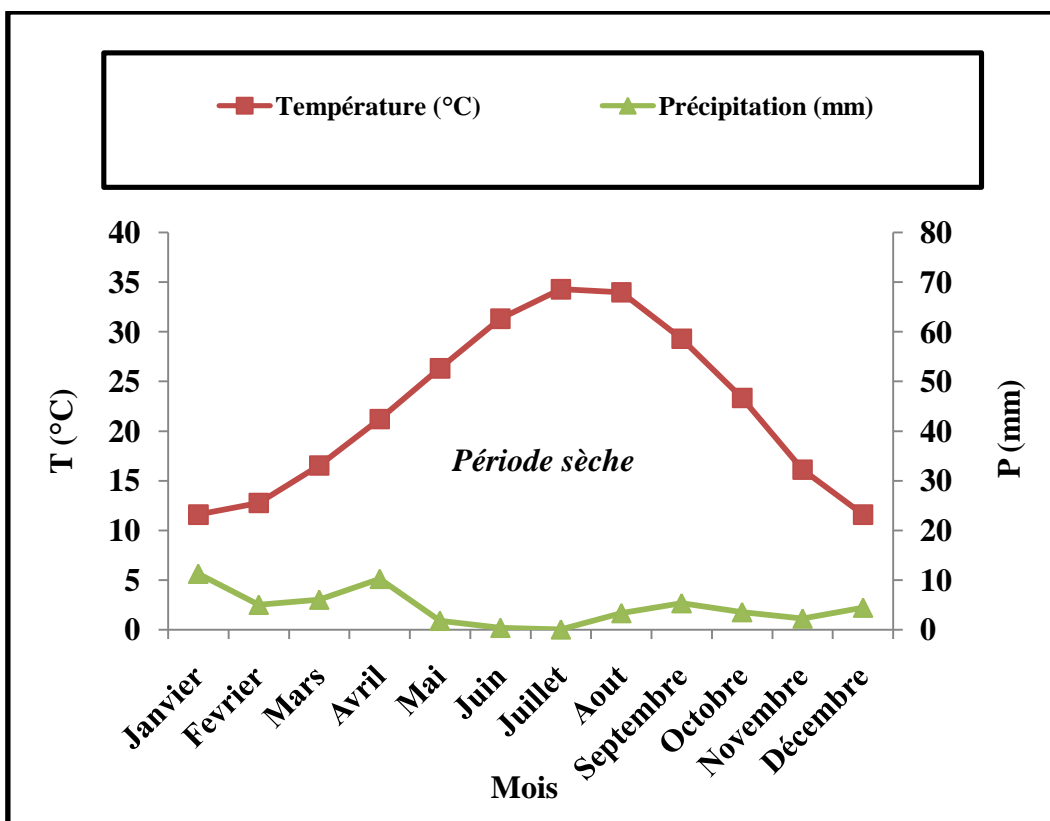


Figure 10: Diagramme ombrothermique de la région de Touggourt durant la période (2007-2016).

I.6.2.2. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER

Selon DAJOZ (1996), le climagramme d'EMBERGER permet de classer les divers climats méditerranéens pour déterminer l'étage bioclimatique. Ceux-ci sont caractérisés par une pluviosité concentrée sur la période froide de l'année. L'été est la saison sèche. De son côté MUTIN (1977), signale que le quotient pluviothermique permet de faire la distinction entre différentes nuances du climat méditerranéen.

Le quotient pluviothermique de STEWART est présenté par la formule comme suit :

$$Q_3 = 3.43 * P / (M - m)$$

Où :

Q_3 : quotient pluviothermique de STEWART

P : moyenne de précipitation annuelle pour les 10 ans où (P = 53.8 mm)

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud où (M = 42.76 °C)

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid où (m = 4.1 °C)

A partir de ces données, la région de Touggourt présente un quotient pluviothermique (Q_3) de 4.77. Elle est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure 10).

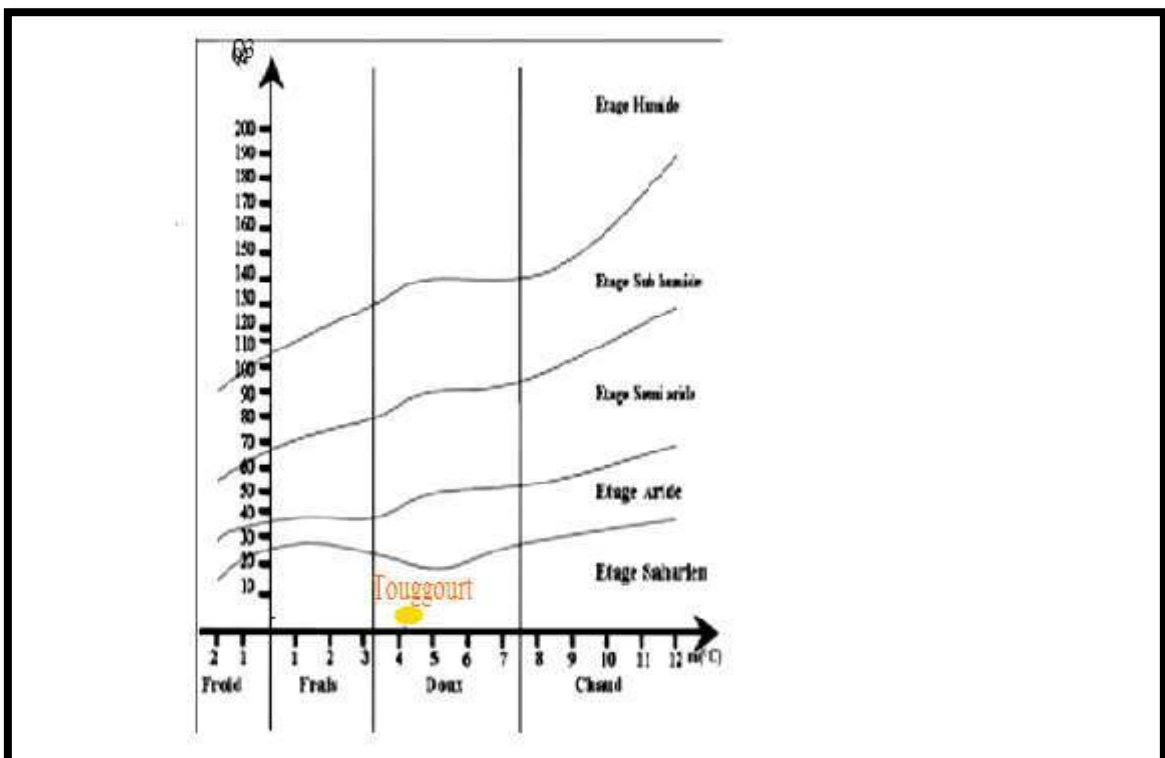


Figure 11: Climagramme pluviothermique d'EMBERGER de la région de Touggourt (2007-2016)



Chapitre II.
Matériels et
méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

II .1.Approche méthodologique

Le but de notre travail est de contribuer à l'étude des sols gypseux dans le Sahara septentrional (cas de la région de Touggourt). Nous avons suivis la démarche ci-dessous :

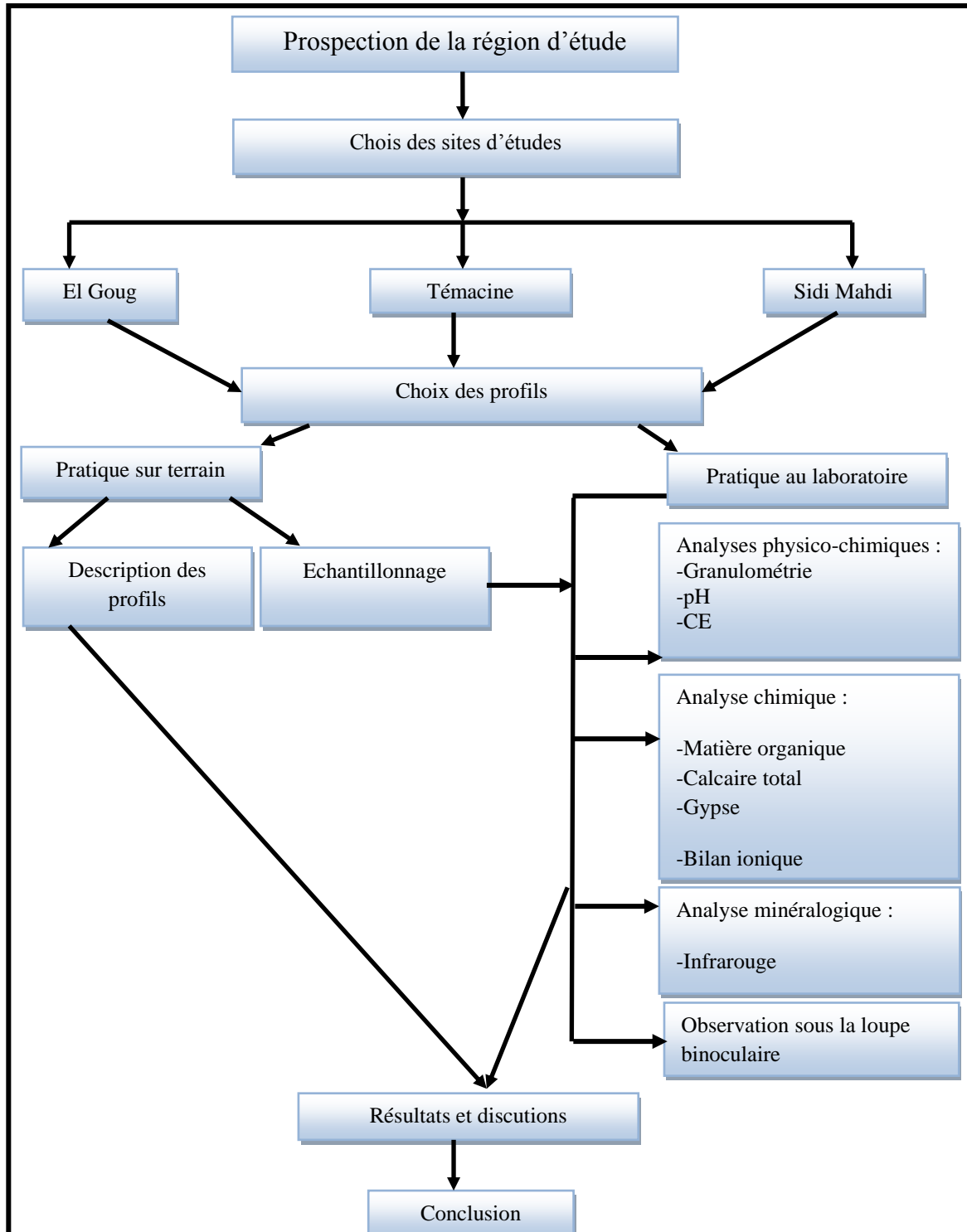


Figure 12: Démarche méthodologique

II.2. Méthode d'approche sur terrain

II.2.1. Choix des sites étudiés

Pour choisir les sites et l'emplacement des coupes ou des profils des sols gypseux dans la région d'étude, nous avons fait plusieurs sorties de prospection en vue de mieux choisir la localisation de ces profils. La sélection des sites d'étude s'est basée sur les critères suivants :

- Localisation des sites d'étude, loin de l'activité anthropique;
- Existence des formes d'accumulation de gypse.

A partir de ces critères nous avons sélectionné trois sites dans la région de Touggourt à savoir : El Goug, Témacine et Sidi Mahdi, (Figure 13). Dans chaque site nous avons étudié plusieurs coupes ou profils pédologiques.

II.2.2. Présentation des sites étudiés

II.2.2.1. Site d'El Goug

El Goug est un village de la commune de Blidat Amer, il est situé à 33 kilomètres au Sud de la commune de Touggourt. Dans ce site nous avons étudié cinq coupes P1G, P2G, P3G, P4G, P5G et un profil P6G.

II.2.2.2. Site de Témacine

La commune de Témacine est située à 10 kilomètres au Sud de la commune de Touggourt. Dans ce site nous avons étudiés trois coupes P1T, P2T, et P3T.

II.2.2.3. Site de Sidi Mahdi

Sidi-Mahdi est située à 7 Km au Sud-Est du chef-lieu de Touggourt sur le plateau oriental de l'Oued Righ. Dans ce site nous avons étudiés deux coupes P1S et P2S.



Site El Goug



Site Témacine



Site Sidi Mahdi

Figure 13: Localisation des coupes et profils étudiées

II.2.3. Description morphologique

Nous avons fait cette description en suivant les principes de **DELAUNOIS (2006)** où nous avons décrits :

- **Pour la caractérisation de l'environnement** : localisation, végétation, topographie, date et temps, l'état de surface et les coordonnées géographiques (par le GPS).
- **Pour la description morphologique des horizons** : après une délimitation avec précision des horizons nous avons retenu les caractéristiques suivants pour faire la description morphologique des horizons : épaisseur des horizons en (cm), l'état de l'humidité, la couleur (Munselle Soil Color Charts), la texture, la structure, la porosité, la présence de matière organique, la présence de calcaire par la réaction de l'HCl, l'existence des taches, d'éléments grossier, la limite et le transition entre les horizons.

II.2.4. Echantillonnage du sol

Après le choix des coupes et la réalisation des profils pédologiques et leur description, nous avons pris des quantités suffisantes de sol de chaque horizon pour faire les analyses au laboratoire.

Le prélèvement des échantillons de chaque horizon commence du bas vers le haut du profil (pour éviter la contamination d'un échantillon à l'autre), et on les conservant dans des sacs étiquetés.

II.3. Méthode d'approche au laboratoire

II.3.1. Analyses physico-chimiques, chimiques et minéralogiques

Dans le laboratoire, les échantillons des sols sont séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm. L'ensemble des analyses minéralogiques, chimiques et physico-chimiques ont été faites aux laboratoires:

- Laboratoire de pédagogie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ouargla;
- Laboratoire du Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA) station biophysique de Touggourt;
- Le laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques de l'Université de Ouargla;

- Et le laboratoire de l'N.A.R.H. Ouargla.

II.3.1.1. Analyse granulométrique à la pipette robinson

Réalisée par la méthode internationale, par la pipette de Robinson selon **AUBERT (1978)** et **AFNOR (1999)** pour quelques échantillons : P1H3T, P2H3T, P3H3T, P3H1G, P4H3G, P5H2G, P6H4G, P6H5G et P6H6G. Elle a été faite comme suit :

- Détruire la matière organique, qui assemble les éléments du sol en agrégats, par l'eau oxygénée;
- Disperser l'argile enrobant et rassemblant les particules du sol en agrégats, par l'héxamétaphosphate de sodium (dispersant basique) et par agitation mécanique;
- Faire des prélèvements au cours de la sédimentation, à une profondeur et à des moments précis, pour isoler les éléments non tamisables : argile, limon fins et grossier;
- Séparation par tamisage des sables grossiers et fins.

Pour le reste des échantillons, nous avons réalisé le tamisage par voie humide, on utilisant les tamis 1000, 500, 200, 100 et 50 μm .

II. 3.1.2. La conductivité électrique (CE) et le pH

La mesure du pH a été effectuée au pH mètre et celle de la conductivité électrique (C.E) au conductimètre sur une suspension de terre fine, le rapport sol/eau étant de 1/5 (**AUBERT, 1978**).

II.3.1.3. Matière organique

Le dosage de la matière organique a été effectué selon la méthode Anne dont le principe est l'oxydation du carbone organique par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr, en présence de diphénylamine (**AUBERT, 1978**).

II. 3.1.4. Le calcaire total

Le dosage du calcaire total est réalisé par la méthode acidimétrique grâce au calcimètre Bernard. On se basant sur la propriété du carbonate de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide, en eau et en gaz carbonique, ce dernier est recueilli, dans un tube gradué en millilitres (**AUBERT, 1978**).

II.3.1.5. Dosage du gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$)

Nous avons utilisé la méthode de **COUTINET (1965)**. L'analyse passe par plusieurs étapes : l'extraction, la précipitation, la filtration, le séchage, la calcination et le pesage des sulfates. Le gypse est solubilisé dans l'HCl 10 %, puis les sulfates sont précipités sous forme de sulfates de baryum par l'addition de BaCl_2 5%. Le précipité est pesé ensuite après calcination du papier filtre dans le four à moufle à 900°C .

II. 3.1.6. Dosage des sels solubles

II.3.1.6.1. Dosage des cations

Pour les cations Na^+ , K^+ : les dosages sont réalisés par spectrophotomètre d'émission atomique (photomètre à flamme).

Pour les cations $\text{Ca} + \text{Mg}$: sont dosés par le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylène tétra acétique (E .D.T.A.) à $\text{pH} = 10$. Le noir ériochrome est utilisé comme indicateur.

II. 3.1.6.2. Dosage des anions

- **Chlorures (Cl^-)** : le dosage est réalisé par la méthode de **MOHR**, le chlore Cl^- est précipité par du nitrate d'argent AgNO_3 en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge de chromate d'argent (**AUBERT, 1978**).
- **Sulfates (SO_4^{2-})**: Il est basé sur le principe de faire précipiter les sulfates sous formes de sulfate de baryum, en présence de chlorure de Baryum (BaCl_2) (**COUTINET, 1965**).
- **Carbonate et bicarbonate (CO_3^{2-} et HCO_3^-)**: sont dosés par titrimétrie au H_2SO_4 en présence des indicateurs phénolphtaléine et orange de méthyle. La fin de la réaction est indiquée par un changement de couleur, soit un virage (**AUBERT, 1978 ; COUTINET, 1965**).

II.3.1.7. Analyse minéralogique

II. 3.1.7.1. Extraction des argiles

Selon **ROBERT ET TESSIER (1974)**, la méthode de séparation de la fraction argileuse ($< 2\mu\text{m}$) à été faite comme suit pour les échantillons suivants: P3H3T, P4H2G, P6H4G, et P6H5G.

Nous avons commencé par la décarbonatation des échantillons présentant une effervescence à l'HCl, on utilisant l'HCl (N/10) des échantillons de la terre fine ($< 2 \text{ mm}$), puis la destruction de la matière organique par une solution de H_2O_2 . Ensuite, on passe à la

dispersion et l'obtention d'une argile magnésienne, tout d'abord, par l'échange des ions saturant le sol par des ions Na^+ qui se fait par la digestion de la terre dans une solution de NaCl (N/10), après décantation, un siphonage puis une centrifugation sont nécessaires. Par la suite, on ajoute NaOH (N) en ne dépassant pas $\text{pH} = 9$ et pour que la dispersion de l'argile soit achevée, on procède à une agitation mécanique (4 heures). La séparation de la fraction $< 2\mu\text{m}$ est obtenue par une série de sédimentation. On procède ensuite à la neutralisation de la suspension sodique par addition ménagée d' HCl dilué. La floculation de la fraction $< 2\mu\text{m}$ est obtenue par l'ajout de MgCl_2 (N). On élimine le surnageant par siphonage, et on fait passer le floculat dans un tube de centrifugeuse dans lequel il est ajouté de nouveau 50 ml de MgCl_2 . On effectue 3 rinçages à l'eau. Pour obtenir la fraction $< 2\mu\text{m}$ qui sera étudiée par IRTF, on procède à un lavage à l'alcool éthylique à 70° puis à 90° . L'argile est séchée à 40°C , puis réduit en poudre par broyage.

II. 3.7.2. Etude par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie infrarouge est une technique rapide, courante et économique (**MADEJOVA et KOMADEL, 2001**). Elle est basée sur les vibrations des atomes dans une molécule ou un minéral (**PETIT et MADEJOVA, 2013**). La spectroscopie IRTF utilise surtout le moyen infrarouge (MIR, $4000\text{-}300\text{ cm}^{-1}$), où les vibrations d'étirement (stretching) et de déformation (bending) des groupes caractéristiques de minéraux argileux apparaissent (**PETIT et MADEJOVA, 2013**).

L'utilité de cette méthode c'est qu'elle peut être employée pour différencier entre les types de minéraux argileux (phyllosilicates de type 1:1 ou 2:1) et entre les minéraux de chaque groupe structural (Kaolinite ou dickite). Elle peut aussi nous renseigner sur les détails structuraux (nature di ou trioctaédrique) et la composition (cations de couche octaédriques) des échantillons (**PARIKH et al., 2014**). L'appareillage utilisé dans ce travail est un spectromètre FTIR-8300 SHIMADZU. Il s'agit d'un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier, couvrant une gamme de 500 à 4000 cm^{-1} .

Nous avons utilisé la technique des disques de KBr qui est la méthode la plus utilisée dans le domaine du MIR (**PETIT et MADEJOVA, 2013**). Elle consiste à insérer des échantillons sous forme de pastilles constituées d'environ 0,5 mg d'échantillon mélangés à 150 mg de KBr . Ces disques ont été étuvés à 120°C pendant une nuit pour éliminer l'eau adsorbée.

II. 3.1.8. Les examens morphoscopiques

Les examens morphoscopiques, ont été réalisés par une loupe binoculaire (Un stéréomicroscope) en vue d'observer quelques accumulations de gypse prélevés sur terrain.



Chapitre III. Résultats

III. Résultats

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques, chimiques et minéralogiques ainsi que ceux de la description morphologique des profils de sol étudiés.

III.1. Résultats morphologiques et analytiques

Dans la région d'étude, nous avons étudiés 11 profils de sols gypseux, cette partie présente les caractéristiques morphologiques et analytiques des ces profils.

III.1.1. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1G

III.1.1.1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle (*Zygothymum album*)

Etat de surface : Sableux

Topographie : Glacé, plateau avec une légère pente

Cordonnée géographique :

Latitude : 32°53'16,07''N

Longitude : 5°9'37,22''E

Altitude : 141.17m

Accuracy : 4 m

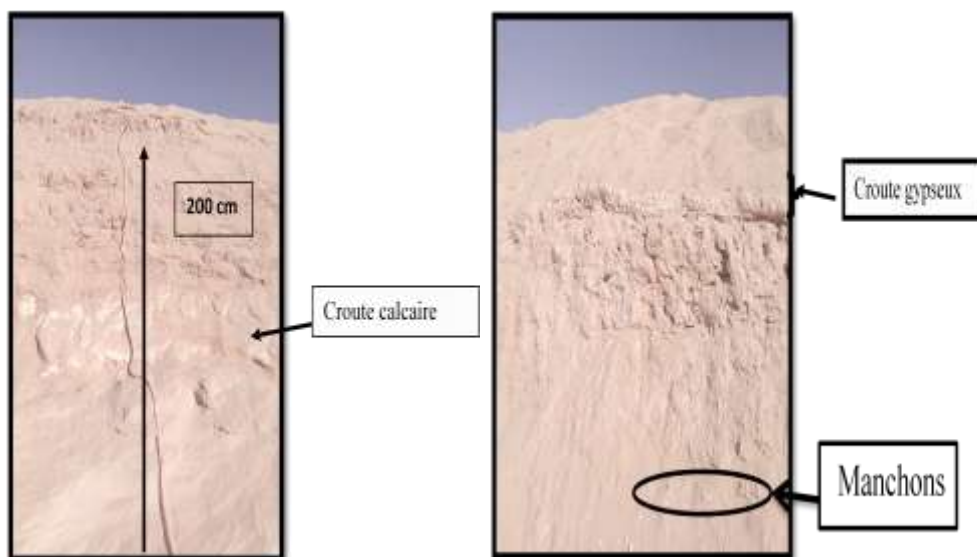


Photo 1 : la coupe 1 (P1G)

P1H1G : 0-10cm

C'est une **croûte gypseuse** sèche, de couleur à l'état sec 7,5 YR 8/3 (reddish yellow), présentant une faible effervescence à l'HCl. La transition nette et la limite irrégulière. Existence de **rose de sable**.

P1H2G : 10cm- 60cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état sec 7.5YR 6/8 (reddish yellow), présentant une faible effervescence à l'HCl, la transition est nette et la limite irrégulière. Existence de gypse sous forme de **manchons**.

P1H3G : 60cm- 155cm

Il s'agit d'un horizon, sec, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état sec 7,5 YR 7/8 (reddish yellow), présentant une faible effervescence à l'HCl, la transition diffuse et la limite irrégulière.

P1H4G :155cm-200cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sable-limoneux, de structure particulaire, de couleur à l'état sec 10 YR 8/3 (reddish yellow), présentant une forte effervescence à l'HCL, la transition diffuse et la limite irrégulière. Existence d'une **croûte calcaire**.

III.1.1.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (14, 15 et 16)

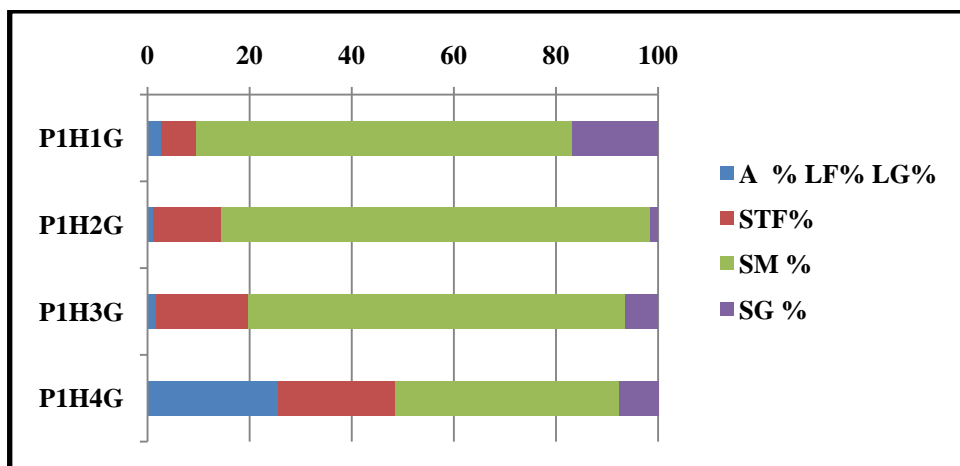


Figure 14: Profil granulométrique de la coupe P1G.

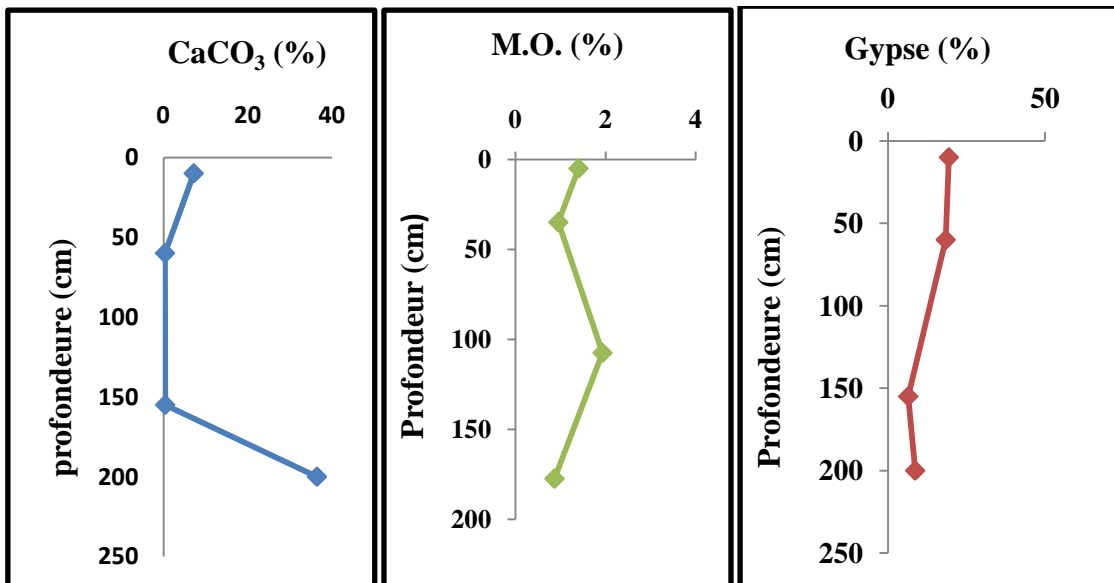


Figure 15: Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P1G.

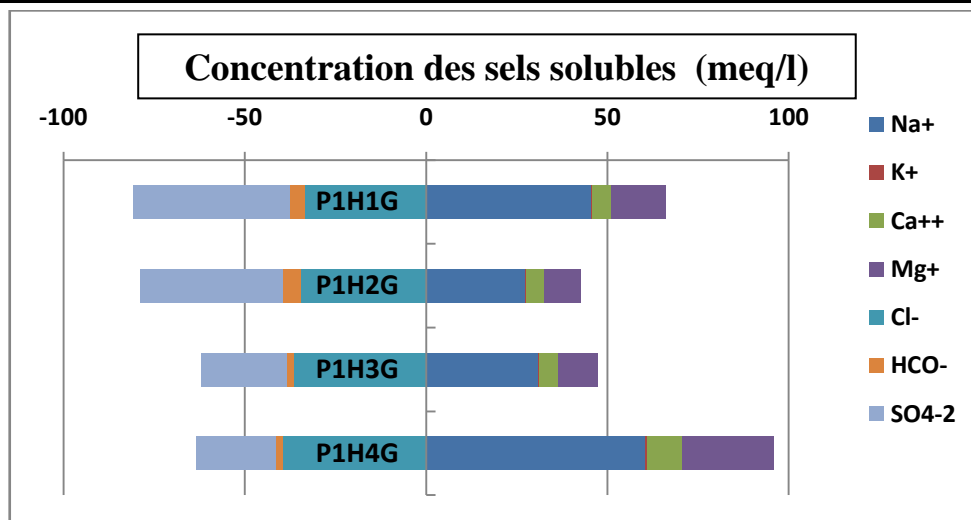


Figure 16: Profils de bilan ionique P1G.

III.1.1.3. Interprétation

La granulométrie de cette coupe (Fig 14), nous montre que la texture est sableuse, et les fractions des sables moyen et grossies dominent par rapport au sable très fin et la fraction < à 50 µm.

Les résultats montrent que le taux de calcaire total (Fig. 15) permet de classer les horizons selon la teneur de cet élément, donc on peut classer l'horizon P1H1G dans la classe de sols modérément calcaire avec la valeur 7,14 %, P1H2G et P1H3G dans la classe

des sols non calcaire avec les valeurs suivantes 0,32 % et 0,36 %, et l'horizon P1H4G dans la classe de sol fortement calcaire avec la valeur 36,41%.

A partir du taux de la matière organique (fig.15) de ce profil, les valeurs sont faibles pour les horizons P1H1G et P1H3G avec 1,40% et 1,93%, et pour les autres horizons P1H4G et P1H2G, ils sont très faibles avec 0,87% et 0,92%, selon le tableau de l'échelle de M.O (Annexes I).

Le pH de l'extrait 1/5 de ce profil, montre un sol moyennement alcalin avec des valeurs variant entre 8 et 8,5.

Les valeurs de la conductivité électrique, selon l'échelle de salinité montre un sol très salé pour les horizons P1H3G et P1H4G et un sol salé pour les horizons P1H1G et P1H2G.

Les résultats obtenus pour le taux du gypse permettent de classer les horizons P1H1G et P1H2G comme extrêmement gypseux avec des valeurs de 19,4 et 18,41 %, et les horizons P1H3G et P1H4G comme légèrement gypseux avec 6,14 et 8,65 %. Cette différence est due à l'existence du gypse sous la forme de manchons dans les primaires horizons.

Concernant les résultats du bilan ionique on peut dire que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et les anions le plus dominant sont le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique sont sulfaté sodique pour les deux premiers horizons et chloruré sodique pour les autres (Annexes II).

A partir de classification française on classé cette sol d'un sol calcimagnésiques et sous classe sols gypseux.

III.1.2. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P2G

III.1.2.1. Description morphologique

Date : 23/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*)

Etat de surface : Sableux

Topographie : le fonde d'une dépression

Cordonnées géographique:

Latitude : 32°53' 44,847''N

Longitude : 6°0' 37,74'' E

Altitude : 122,53m

Accuracy : 4 m

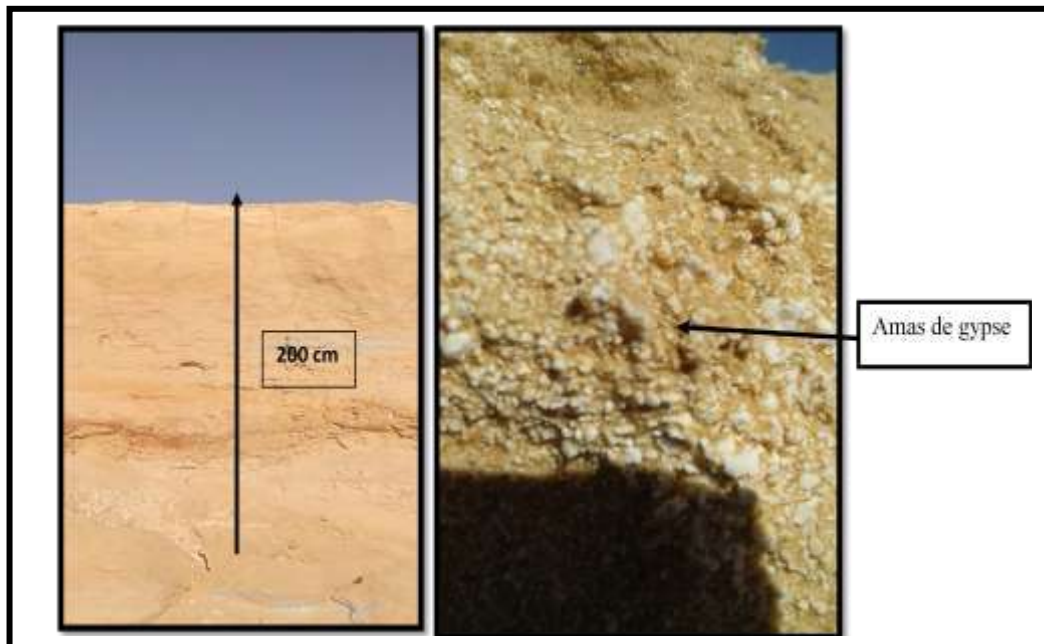


Photo 2: la coupe 2 (P2G)

P2H1G : 0 cm-10cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulière, de couleur à l'état sec 7,5 YR 7/6 (reddish yellow), moyennement effervescente à l'HCl, la transition nette et la limite irrégulière. Existence des **Amas et nodules de gypse** et des Cailloux.

P2H2G : 10cm- 57cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 7,5 YR 8/6 (reddish yellow), faible effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite irrégulière.

P2H3 G: 57 cm- 90cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 10 YR 8/3 (reddish yellow), faible effervescence à l'HCl, la transition diffus et la limite irrégulière. Existence des gravés.

P2H4G: 90 cm- 130cm

Il s'agit d'un horizon frais, de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 7,5 YR 7/8 (reddish yellow), moyennement effervescent à l'HCl, la transition diffus et la limite irrégulière.

P2H5G: 130cm- 200cm

Il s'agit d'un horizon, frais, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 10 YR 8/4 (reddish yellow), faible effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite irrégulière. Existence des Caillaux.

III.1.2.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (17, 18 et 19)

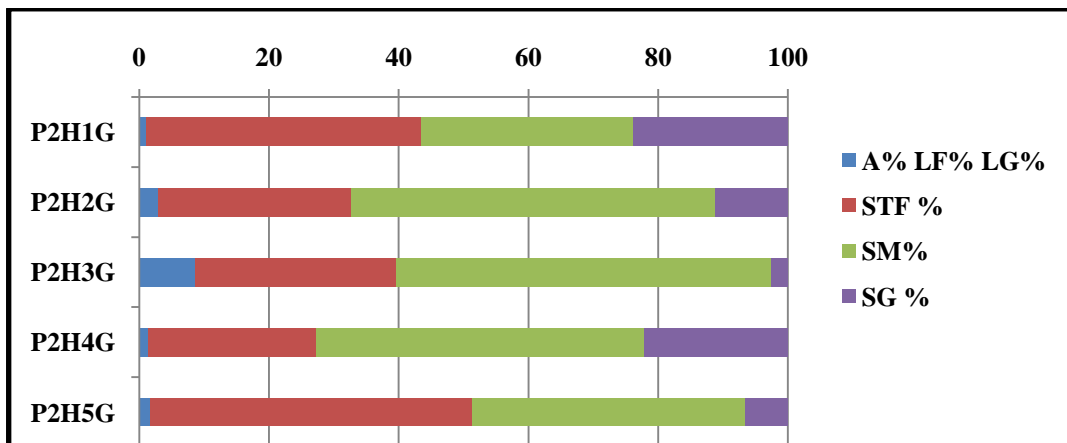


Figure 17: Profil granulométrique de la coupe P2G.

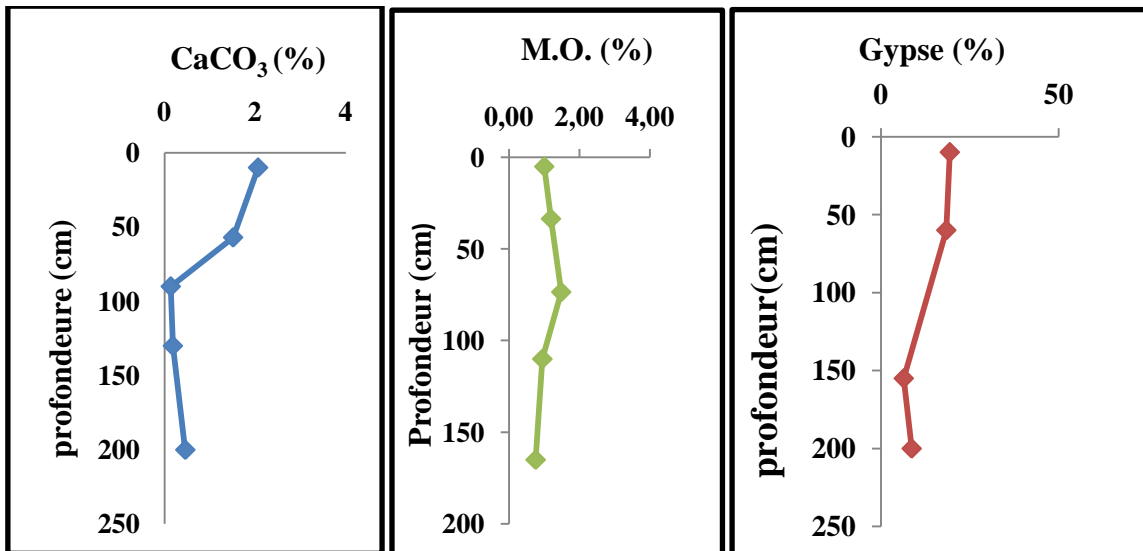


Figure 18: Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P2G.

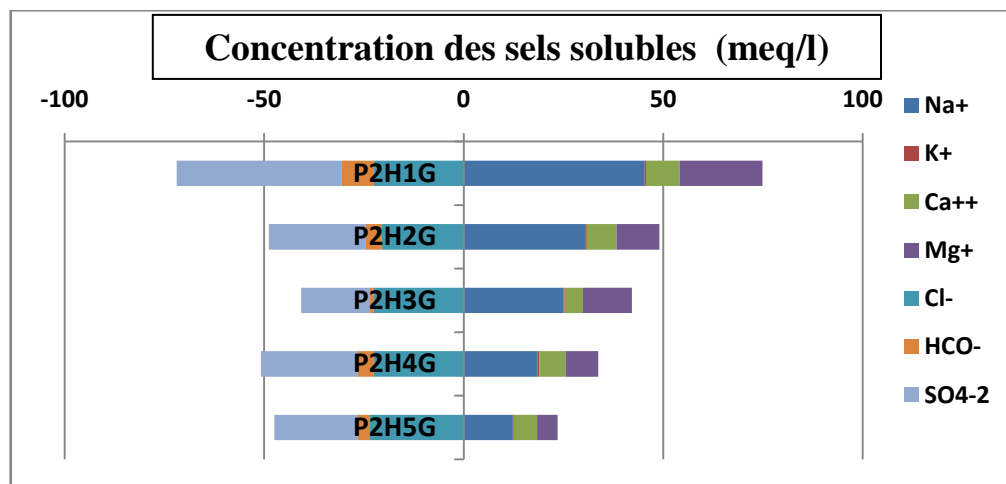


Figure 19: Bilan ionique de la coupe P2G.

III.1.2.3. Interprétation

La granulométrie de cette coupe (Fig. 17), nous montre que la texture est sableuse, et les fractions des sables moyens et sable très fin dominant par rapport aux sables grossiers et la fraction < à 50 µm.

Les valeurs du taux de calcaire total permettent de classer les horizons P2H1G et P2H2G comme peu calcaire avec les valeurs suivantes 2,06 % et 1,51 % et les horizons

P2H3G, P2H4G et P2H5G comme non calcaire avec les valeurs suivantes 0,13 %, 0,18 % et 0,45 % (Annexes I). On observe un gradient décroissant de la teneur en calcaire.

Selon le tableau de l'échelle de M.O, la figure (18) montre que le taux de la matière organique est faible pour les trois premiers horizons entre 1 % et 1,48 % et très faible pour les derniers horizons entre 0,76% et 0,95% (Annexes I).

Les résultats du pH permettent de classer ce profil dans la classe de sol moyennement à légèrement alcalin par des valeurs variant entre 8 et 8,22 (Annexes I).

Ce profil est très salé avec des valeurs variant entre 2,25 ds/m et 4,03 ds/m (Annexes I).

Concernant le taux du gypse, les résultats d'analyses de cette coupe (Fig. 18) montrent que l'horizon P2H1G est extrêmement gypseux avec 17,56%, et les horizons P2H2G, P2H3G, P2H4G, et P2H5G sont légèrement gypseux (Annexes I). Il y a un gradient décroissant du haut vers le bas du profil. Cette différence est due à l'existence du gypse sous la forme de nodules. Ces valeurs ont une tendance à diminuer avec la profondeur.

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et les anions le plus dominant sont le sulfate (SO_4^{2-}) et le Chlorure (Cl^-). Donc, le faciès géochimique sont sulfaté-sodique pour les horizons P2H1G, P2H2G et P2H4G et chloruré sodique pour les autres (Annexes II).

Concernant les classifications française des sols on classé cette sol par des sols minéraux brute sous classe des sols climatiques des déserts chauds.

III.1.3. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P3G

III.1.3.1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle *Zygophyllum album* et Tamarix

Etat de surface : Sableux

Topographie : plane légèrement incliné

Cordonnées géographiques :

Latitude : 32°53' 20, 22'' N Longitude : 5°9'28,57'' E

Altitude : 139,25m

Accuray : 4 m

P3H1G : 0cm- 95 cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture limo-sableux, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 7.5 YR 8/3 (reddish yellow), très faible effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence de bancs gypseux.

P3 H2G : 95cm -160

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur à l'état sec 7.5 YR 7/6 (Reddish yellow). Il existe une faible effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence des **cristaux de gypse**.

P3H3G : 160cm-200cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur a l'état frais 7.5 YR 6/8 (reddish yellow). Pas d'effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière.

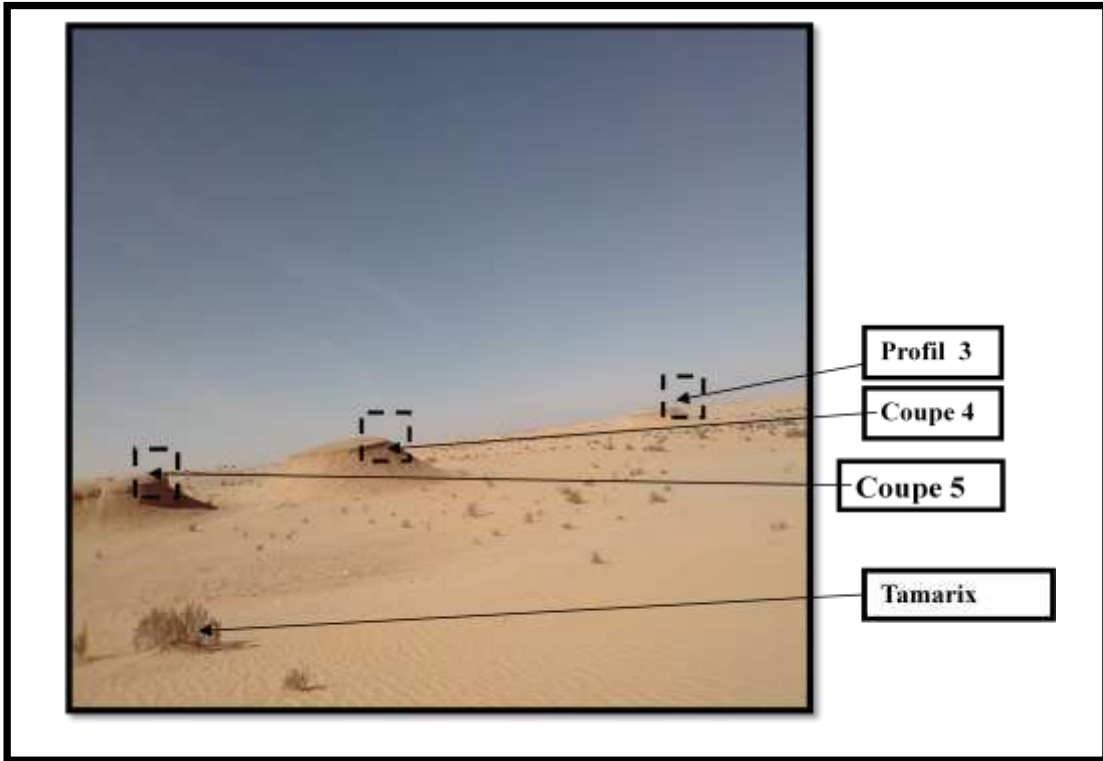


Photo 3: L'environnement des coupes 3, 4 et 5

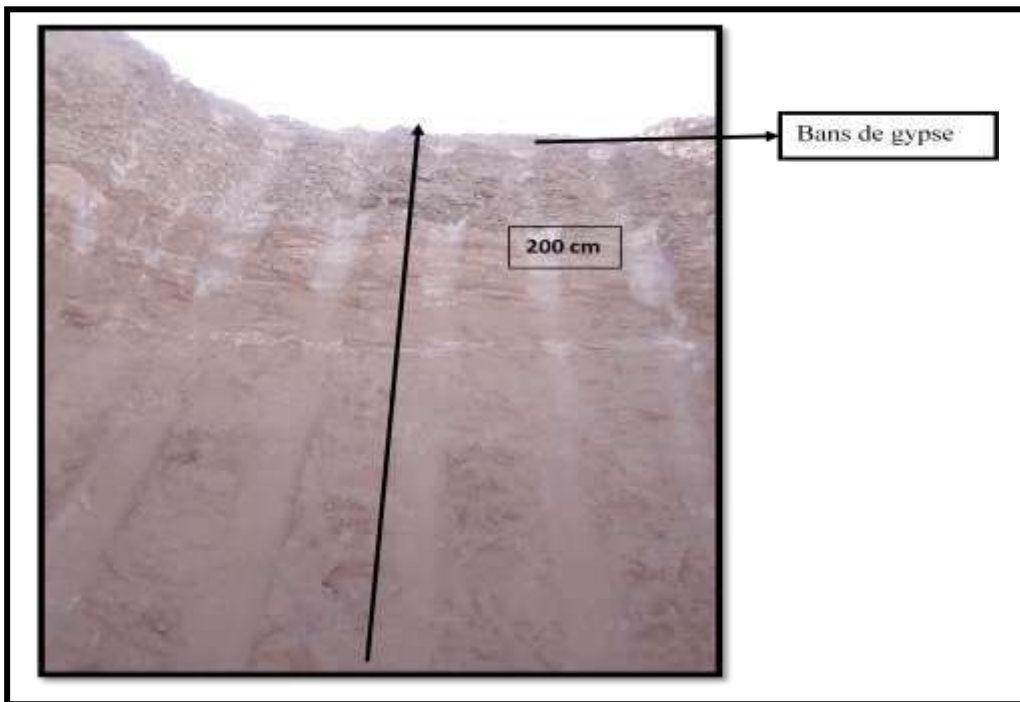


Photo 4: la coupe 3 (P3G)

III.1.3.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (20, 21 et 22)

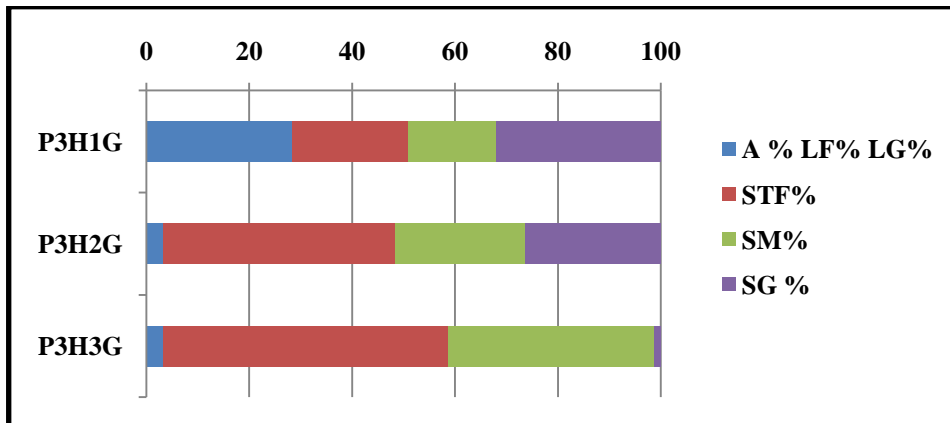


Figure 20: Profil granulométrique de la coupe P3G.

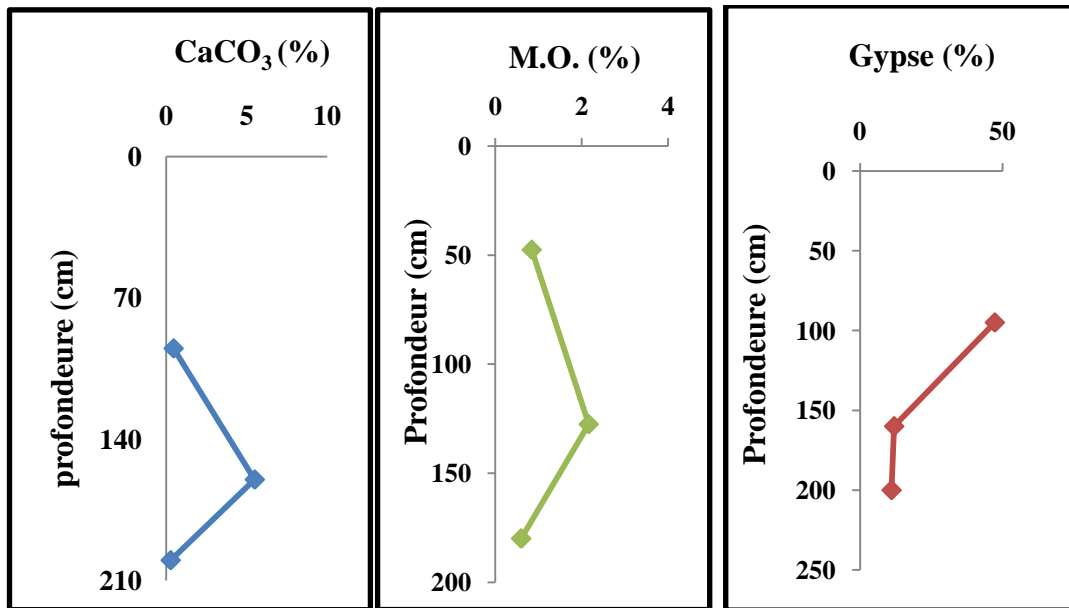


Figure 21: Profils de calcaire, de matière organique et du gypse de la coupe P3G.

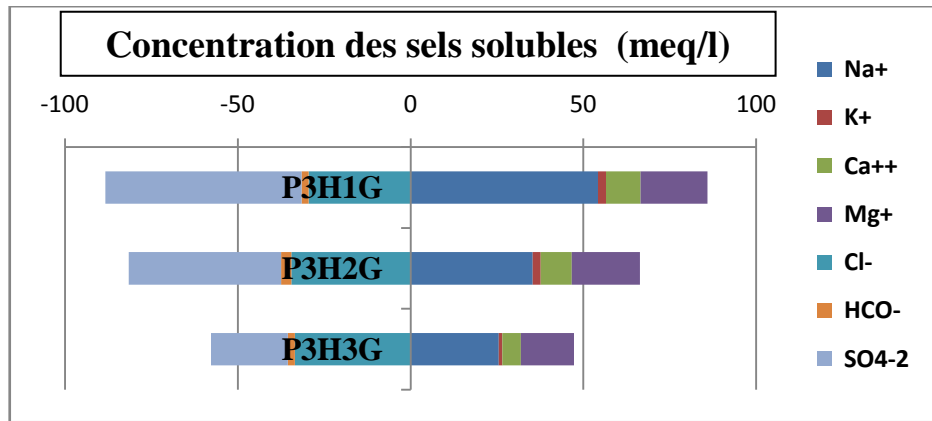


Figure 22: Bilan ionique de la coupe P3G.

III.1.3.3. Interprétation

La granulométrie de cette coupe (Fig 20), nous montre que les horizons ont une texture sableuse, et les fractions des sables moyens et sable très fin dominant par rapport au sable grossier et la fraction < 50 µm.

Dans cette coupe le taux de calcaire est variable. Les horizons P3H1G et P3H2G sont non calcaire avec des valeurs de 0,45% et 0,27%, et l'horizon P3H3G est modérément calcaire avec 5,49% (Annexes I).

On constate que le taux de la matière organique est faible pour les horizons P3H1G et P3H3G, et modéré pour l'horizon P3H2G avec un pourcentage de 2,16% (Annexes I).

Le pH est moyennement à légèrement alcalin (Annexes I). La conductivité électrique indique que ce sol est très salé (Annexes I).

Concernant le taux du gypse, les résultats obtenus pour cette coupe (Fig. 21) montrent que l'horizon P3H1G est extrêmement gypseux avec 47,22% et les horizons P3H2G et P3H3G sont modérément gypseux. Nous avons observé l'existence du gypse dans l'horizon de surface sous forme de bancs de gypse. Ces valeurs suivent un gradient décroissant du haut vers le bas.

Les résultats du bilan ionique on trouve que la concentration du cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et la concentration des anions le plus dominant sont le sulfate (SO_4^{2-}) et le Chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique est sulfaté sodique pour les horizons P3H1G et P3H2G et chloruré sodique pour le dernier (Annexes II).

Concernant les classifications C.P.C.S on classé le sol de cette coupe du classe des sols sodiques sous classe de structure non dégradée

III. 1.4. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P4G

III. 1.4. 1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*)

Etat de surface : Sableux

Topographie : plane légèrement incliné

Cordonnée géographique :

Latitude : 32°53'16,53''N

Longitude : 5°9'36,26''E

Altitude : 135.16 m

Accuracy : 4 m

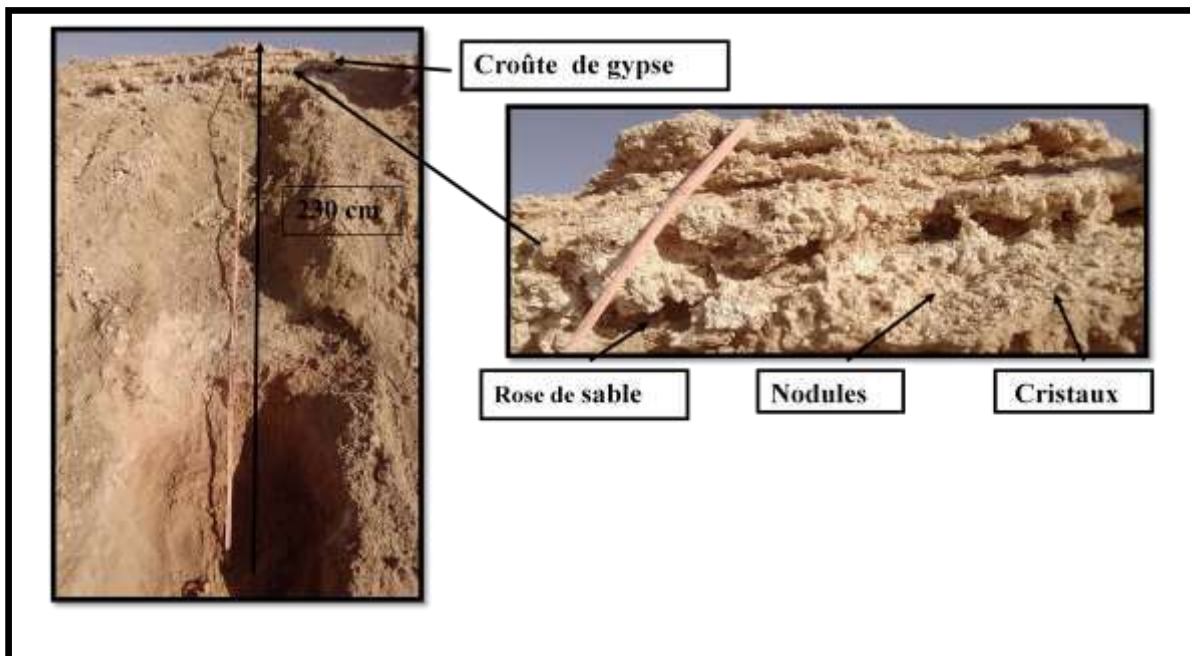


Photo 5 : la Coupe 4 (P4G)

P4H1G :0cm-40cm

C'est une **croûte gypseuse** sèche, de couleur à l'état sec 10 YR 8/3 (Very pale brown), de texture sableuse et moyennement effervescente à l'HCl, la transition diffus et la limite irrégulière.

P4 H2G : 40cm-60cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture limoneuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 10 YR 7/3 (Reddish yellow), forte effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence de **cristaux de gypse**.

P4H3G : 60 cm-155 cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture limoneuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 2.5 YR 6/3 (Reddish yellow), Faible effervescence à l'HCl, la transition distinct et la limite régulière. Existence de **cristaux de gypse**.

P4H4G : 155 cm-200cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 10 YR 8/3 (Reddish yellow), forte effervescence à l'HCl, la transition diffus et la limite régulière. Existence de lits de calcaire.

P4H5 G : 200 cm-230cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 7.5 YR 6/8 (Reddish yellow), faible effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière.

III.1.4.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (23, 24 et 25)

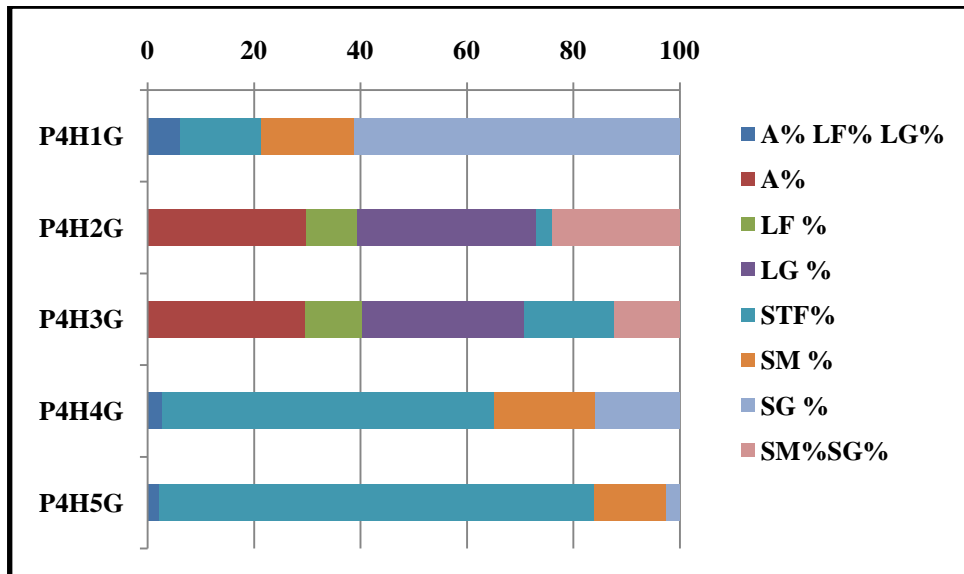


Figure 23: Profil granulométrique de la coupe P4G.

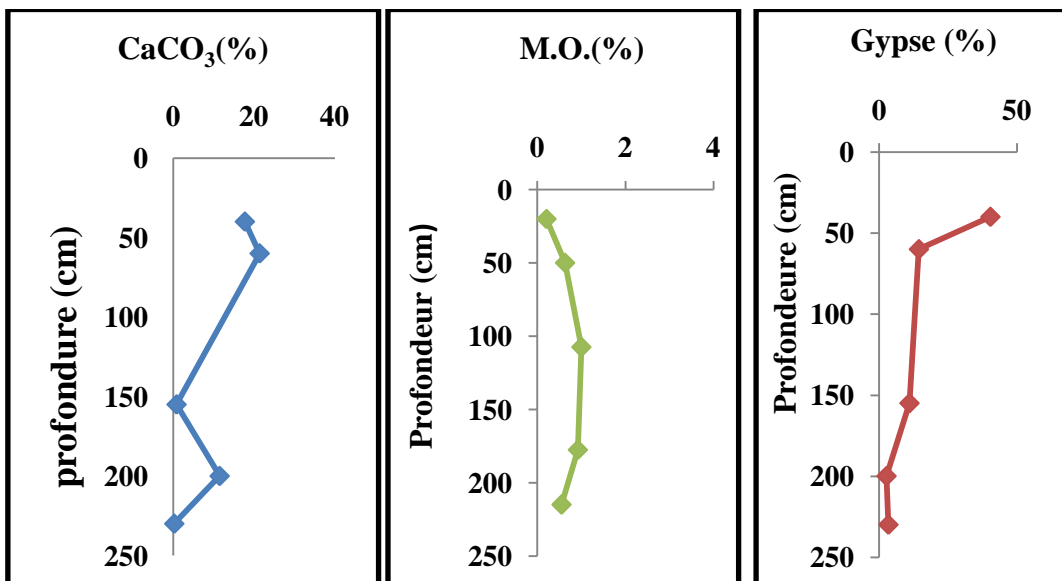


Figure 24 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P4G.

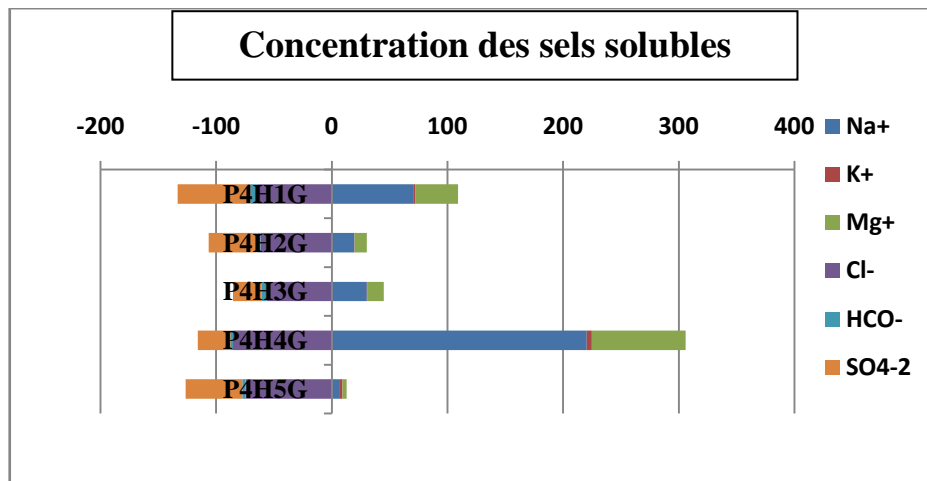


Figure 25: Bilan ionique de la coupe P4G.

III.1.4.3. Interprétation

L'analyse granulométrique (Fig. 23), montre que la texture est limon-limoneuse dans les horizons P4H2G et P4H3G avec la dominance de la fraction sable grossier par rapport à celle du sable fin, la fraction de l'argile est plus importante avec les valeurs suivantes 29,82% et 29,72%. Pour le reste des horizons, on remarque la dominance du sable très fin et moyen par rapport au sable grossier et aux limons et argile.

Suivant les résultats du taux de calcaire, on trouve que les horizons P4H1G, P4H2G et P4H4G sont modérément calcaire, et les horizons P4H3G et P4H5G sont non calcaire. Donc, on observe que les valeurs les plus importantes de cet élément sont au niveau des horizons de surface, puis elles diminuent en profondeur.

Le taux de matière organique pour ce profil est très faible, variant entre 0,21% et 1% (Annexes I).

Le pH des horizons P4H1G et P4H2G est légèrement à moyennement alcalin, alors que les autres ont un pH très légèrement alcalin (Annexes I).

La conductivité électrique du premier horizon montre qu'il est très salé, et les horizons qui restent sont extrêmement salés (Annexes I).

Les résultats obtenus pour le taux du gypse montrent (fig. 24) que l'horizon P4H1G est extrêmement gypseux avec 40,37%, les horizons P4H2G et P4H3G sont modérément gypseux et les horizons P4H4G et P4H5G sont légèrement gypseux. Il existe donc, une grande variabilité des valeurs de cet élément qui a une relation avec l'observation

morphologique sur le terrain où nous avons remarqué l'existence d'une croûte gypseuse (Annexes I).

Les résultats du bilan ionique montrent que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et l'anion le plus dominant est le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique est chloruré-sodique pour toutes les horizons (Annexe II).

A partir de classification française des sols, le sol de cette coupe représente un sol de classe sols calcimagnésiques avec sous classe des sols gypseux.

III. 1.5. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P5G

III. 1.5. 1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*)

Etat de surface : Sableux

Topographie : plane légèrement incliné

Cordonnées géographiques :

Latitude : 32°53'16,07''N Longitude : 5°9'37,22''E

Altitude : 141.17m

Accuracy : 4m

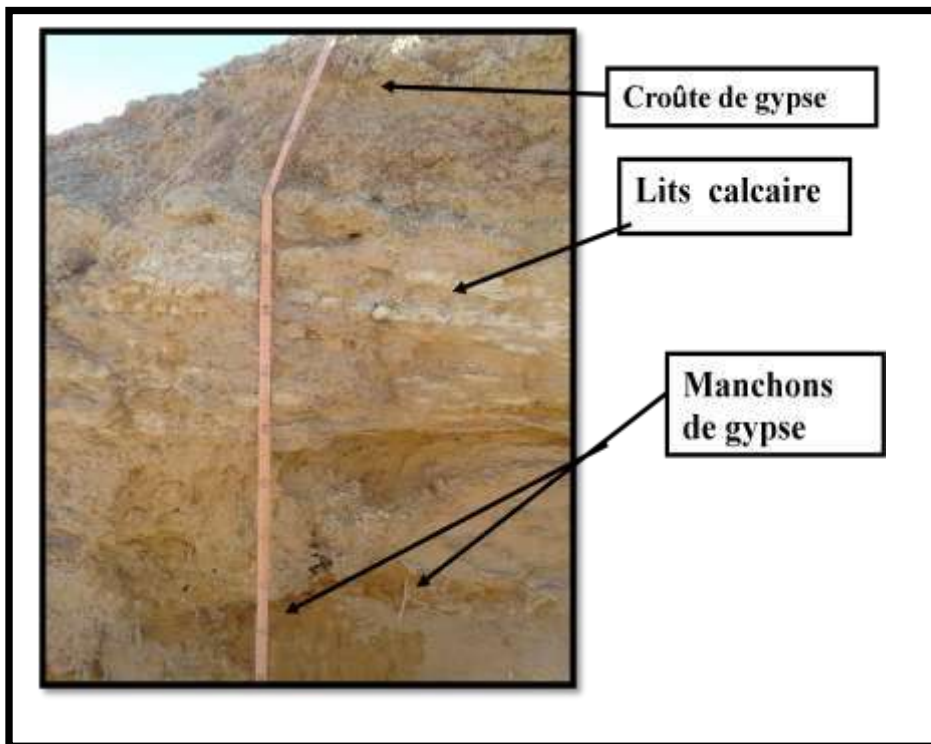


Photo 6: la coupe 5 (P5G).

P5H1G : 0cm -20cm

C'est une **croûte gypseuse**, sèche, de texture sableuse, ne présentant pas d'effervescence à l'HCl, de couleur à l'état sec 5 YR 8/1 (Reddish yellow), la transition diffuse et la limite régulière. Existence de rose de sable et de cristaux de gypse de dimension 2,5 à 3,6 cm.

P5H2G : 20cm -40cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture limoneuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 5 YR 6/4 (Reddish yellow), pas effervescence à l'HCl, la transition diffuse et limite régulière. Existence de **roses de sale** .

P5H3G :40 cm-60cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur a l'état frais 10YR 8/1(Reddish yellow), forte effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence des **manchons** et de **rose de sable** et de lit calcaire .

P5H4G : 60cm-85 cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure polyédrique, de couleur à l'état frais 7.5 YR 6/6 (Reddish yellow), moyenne effervescence à l'HCl, la transition nette et limite régulière. Existence des manchons de gypse et de roses de sable et de taches noires.

P5H5G : 85cm-115cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure sub-angulaire, de couleur à l'état frais 7.5 YR 6/8 (Reddish yellow), pas d'effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière. Existence de **racine gypsifère**.

P5H6G : 115cm-160cm

Il s'agit d'un horizon sec, de texture sableuse, de structure particulière, de couleur à l'état frais 5 YR 5/6 (Reddish yellow), pas d'effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence de **manchons de gypse**.

P5H7G : 160 cm-230 cm

Il s'agit d'un horizon frais, de texture sableuse, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 7.5 YR 6/8 (Reddish yellow), pas d'effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière.

III.1.5.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (26, 27 et 28)

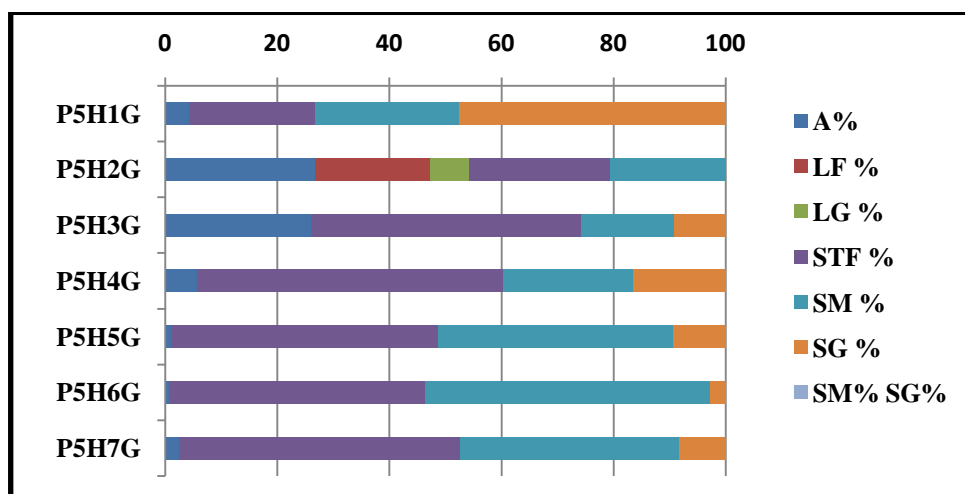


Figure 26: Profil granulométrique de la coupe P5G.

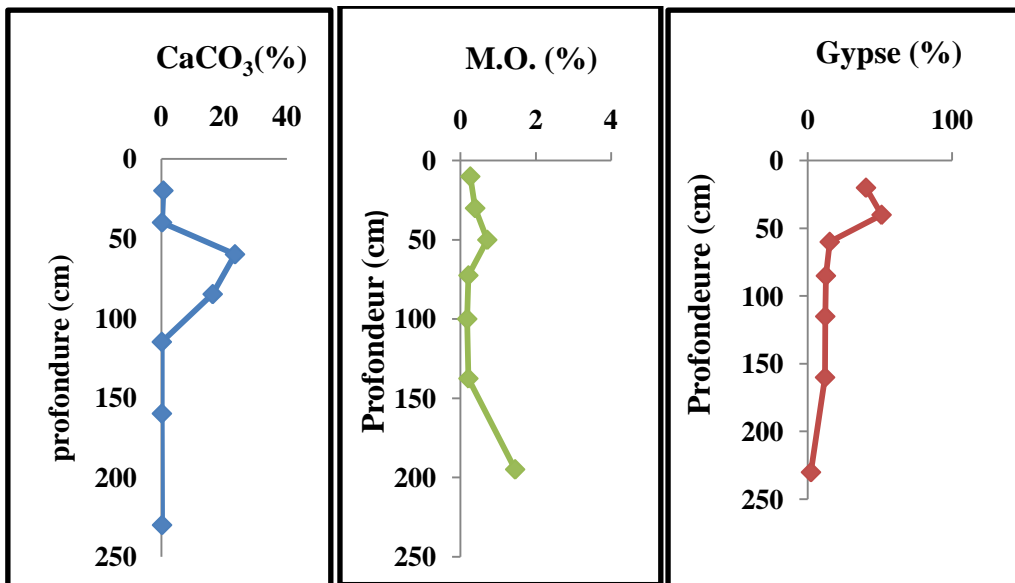


Figure 27: Profils de calcaire, de matière organique, et de gypse de la coupe P5G.

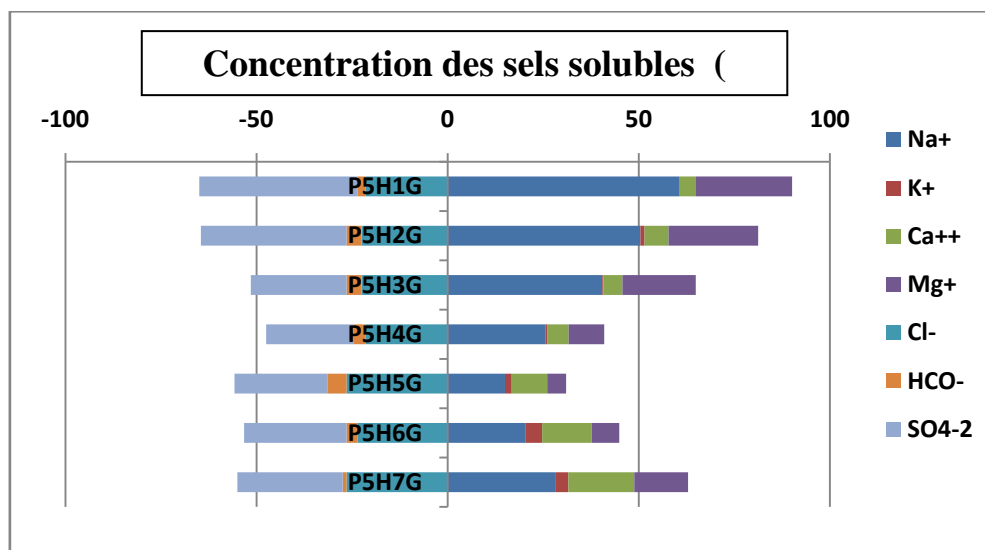


Figure 28: Bilan ionique de la coupe P5G.

III.1.5.3. Interprétation

L'analyse granulométrique (Fig. 26), montre que la texture est limon-limoneuse dans l'horizon P5H2G avec une fraction argileuse plus importante. Pour les autres horizons, on remarque la dominance de la fraction sable très fin et moyen par rapport au sable grossier et la fraction < à 50 µm.

Les résultats obtenues pour le taux de calcaire montrent que les horizons P5H1G, P5H2G, P5H5G, P5H6G et P5H7G sont non calcaire et les horizons P5H3G et P5H4G sont modérément calcaire (Annexes I).

Le taux de la matière organique pour ce profil est très faible entre 0,18% et 0,71%, sauf l'horizon P5H7G qui est faible en matière organique avec 1,45% (Annexes I).

Le pH de cette coupe est très légèrement alcalin. Les valeurs obtenues pour la C.E. montrent que tous les horizons sont très salés, sauf l'horizon P5H7G qui est extrêmement salé (Annexes I).

Le taux de gypse de cette coupe montre que les horizons P5H1G, P5H2G, et P5H3 G sont extrêmement gypseux avec les valeurs suivantes 40,32, 51,13 et 15,2% ; les horizons P5H4G, P5H5G et P5H6G sont modérément gypseux et l'horizon P5H7G est légèrement gypseux.

Concernant les résultats du bilan ionique on constate que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et que les anions le plus dominant sont le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl). Donc le faciès géochimique sont sulfaté-sodique pour toutes les horizons sauf P5H5G qu'est chloruré-sodique (Annexe II).

La classification française pour cette coupe montre que la classe des sols calcimagnésique sous classe des sols gypseux.

III.1.6. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P6G

III. 1.6. 1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : El Goug

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*)

Etat de surface : Sableux

Topographie : le fond de petite colline

Cordonnée géographique : L'altitude : 32°07'10,88''N

Longitude : 6°0'40,36''E

Altitude : 145.01 m

Accuracy : 4. 5m



Photo 7 : L'environnement du profil 6

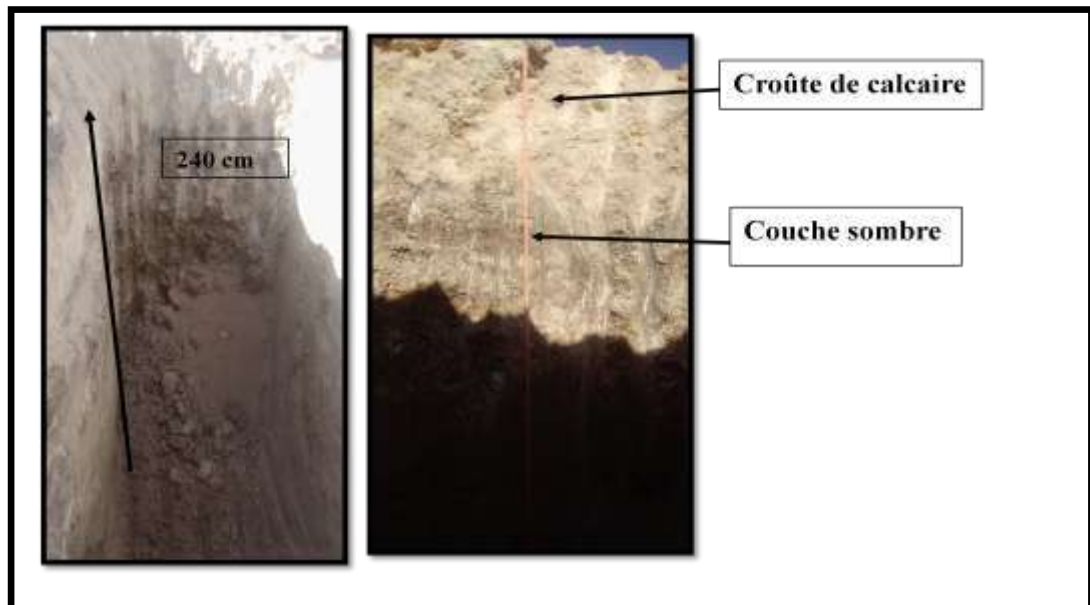


Photo 8: le profil 6 (P6G)

P6 H1G : 0 cm - 40 cm

C'est une croûte calcaire sèche, de couleur à l'état frais 10 YR 4/2 (Reddish yellow), de texture sableuse, très forte effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière.

P6H2G : 40 cm-50cm

C'est une couche sombre, frais, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 10YR 8/2, de texture loam-sableux, pas d'effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence de cristaux de gypse .

P6H3G : 50cm-85cm

C'est un banc gypseux, transparent, à couleur 2.5YR 8/2 (reddish yellow), pas d'effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière.

P6H4G : 85 cm-105cm

Il s'agit d'un horizon très frais, de texture argilo-limoneuse, de structure sub-angulaire, de couleur à l'état frais 10 YR 5/8 (Reddish yellow), forte effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière.

P6H5G : 105 cm-200cm

Il s'agit d'un horizon, très frais, de texture argilo-limoneuse, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 2.5 YR 6/3 (Reddish yellow), forte effervescence à l'HCl, la transition nette et la limite régulière. Existence de cristaux de gypse.

P6H6G : 200cm-240cm

Il s'agit d'un horizon, très frais, de texture limon-argileuse, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 5 YR 5/6 (Reddish yellow), pas d'effervescence à l'HCl, la transition distincte et la limite régulière. Existence de cristaux de gypse.

III.1.6.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (29, 30 et 31)

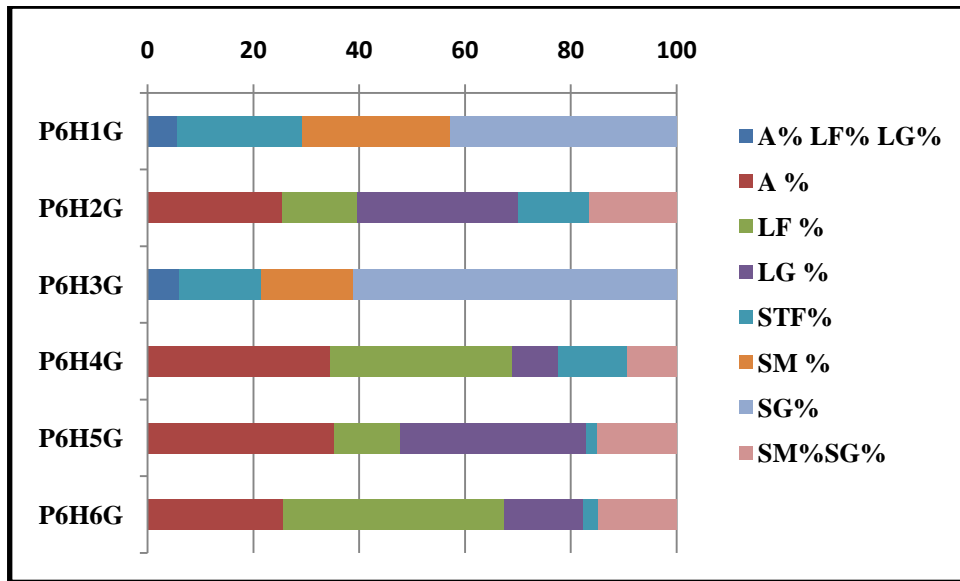


Figure 29 : Profil granulométrique de la coupe P6G.

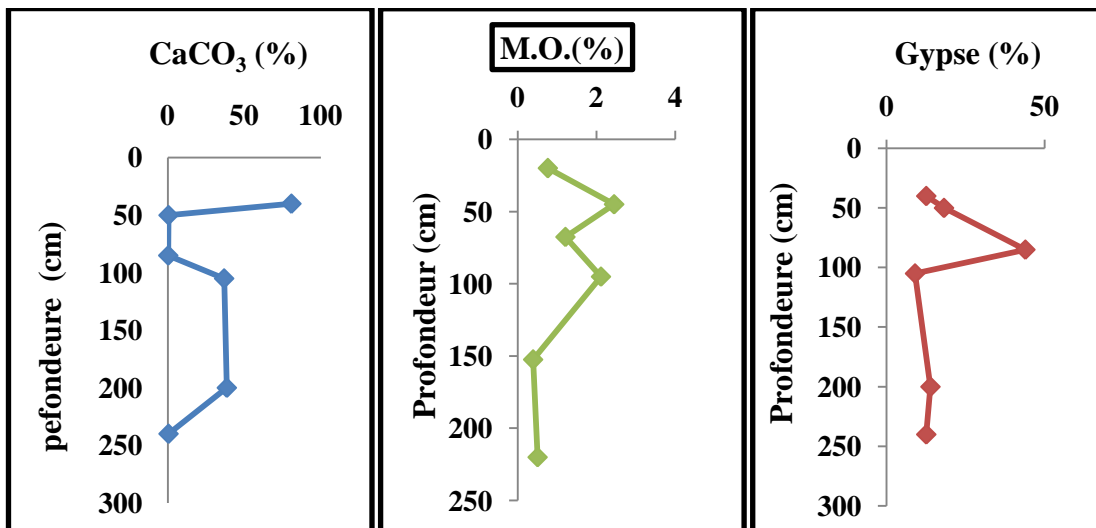


Figure 30 : Profils de calcaire, de matière organique, et de gypse de la coupe P6G.

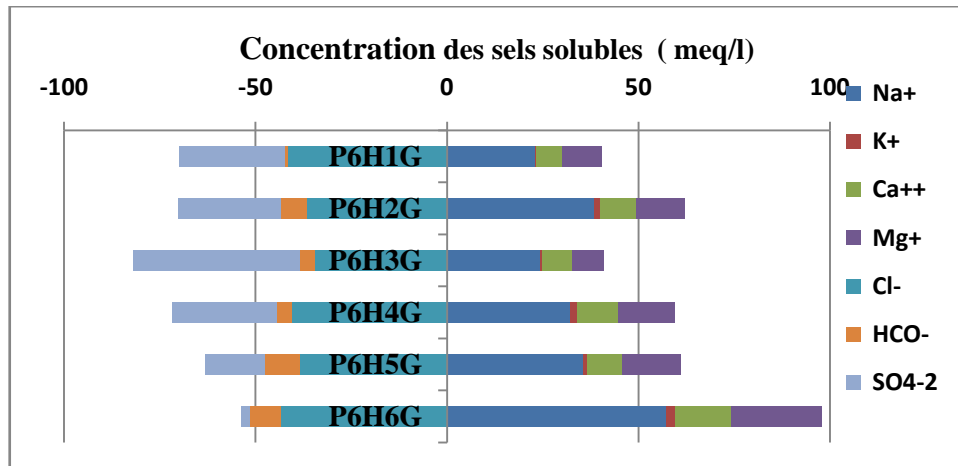


Figure 31: Bilan ionique de la coupe P6G.

II.6.3. Interprétation

Les résultats de l'analyse granulométrique (Fig. 29), montrent que la texture est limon-sableuse et argilo-limoneuse avec la dominance de la fraction sable très fin et moyen par rapport à celle du sable grossier. La fraction < 50 µm est faible par rapport aux fractions de sable fin et celle du sable grossier.

Les résultats du taux de calcaire pour l'horizon P6H1G, montrent qu'il est excessivement calcaire avec une valeur de 80,78%. Les horizons P6H2G, P6H3G, et P6H6G sont par contre non calcaire. Les horizons P6H4G et P6H5G sont fortement calcaire avec des valeurs de 36,73% et 38,50%.

Selon la figure (30) le taux de matière organique est très faible pour P6H1G, P6H5G et P6H6G avec des valeurs successivement de 0,76%, 0,39% et 0,50%, faible pour P6H3G avec 1,21% et modérée pour P6H2G et P6H4G avec successivement 2,45% et 2,11%.

Le pH de cette coupe est légèrement à moyennement alcalin, à part l'horizon P6H2G qui est extrêmement acide. La conductivité électrique de cette coupe montre que le sol est très salé, sauf les deux horizons P6H5G et P6H6G qui sont extrêmement salé.

Concernant les résultats du taux de gypse, on trouve que les horizons P6H2G et P6H3G sont extrêmement gypseux, les horizons P6H1G, P3H5G et P6H6G sont modérément gypseux et l'horizon P6H4G est légèrement gypseux. Il existe une grande variabilité du taux de cet élément dans cette coupe.

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+), et les anions le plus dominant sont le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique sont chloruré-sodique à toutes les horizons à part l'horizon P6H3G qu'est sulfaté-sodique (Annexe II).

Concernant la classification française on peu classé cette coupe on classe des sols hydromorphes et sous classe des sols minéraux ou peu humifères.

III.1.7. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1T

III. 1.7.1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : Témacine

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*) et Tamarix

Etat de surface : sable

Topographique : plane légèrement incliné

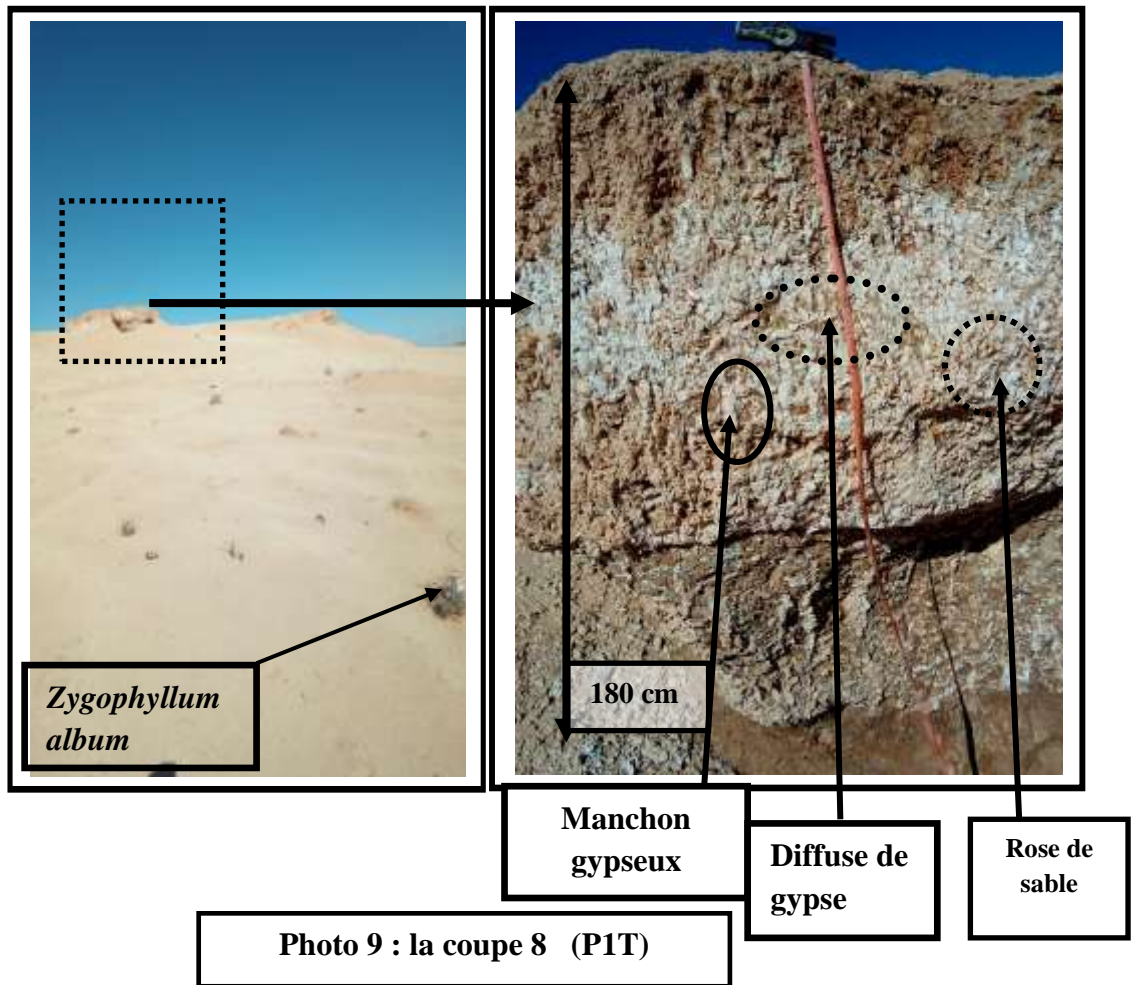
Cordonnées géographiques :

Latitude : 33°0'42.49''N

Longitude : 5° 58'36.49''E

Altitude : 120, 76 m

Accuracy : 6 m



P1H1T: 0 - 28 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure polyédrique, de couleur à l'état frais 10 YR 6/6 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite irrégulière avec l'existence de **cristaux de gypse**.

P1H2T: 28 cm- 95 cm

Il s'agit d'un horizon sec blanchâtre, de texture sablo-limoneuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 10 YR 8/3 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite régulière avec l'existence des **manchons de gypse, rose de sable et gypse sous forme diffuse**.

P1H3T : 95 cm-148 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture limon-limoneuse, de structure lamellaire, de couleur à l'état frais 10 YR 6/4 (Reddish yellow), faible effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite régulière avec l'existence de **cristaux de gypse**.

P1H4T : 148 cm- 180 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture limon-limoneuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 7.5YR 6/8 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite irrégulière avec l'existence des taches noires et d'insectes.

II.1.7.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (32, 33 et 34)

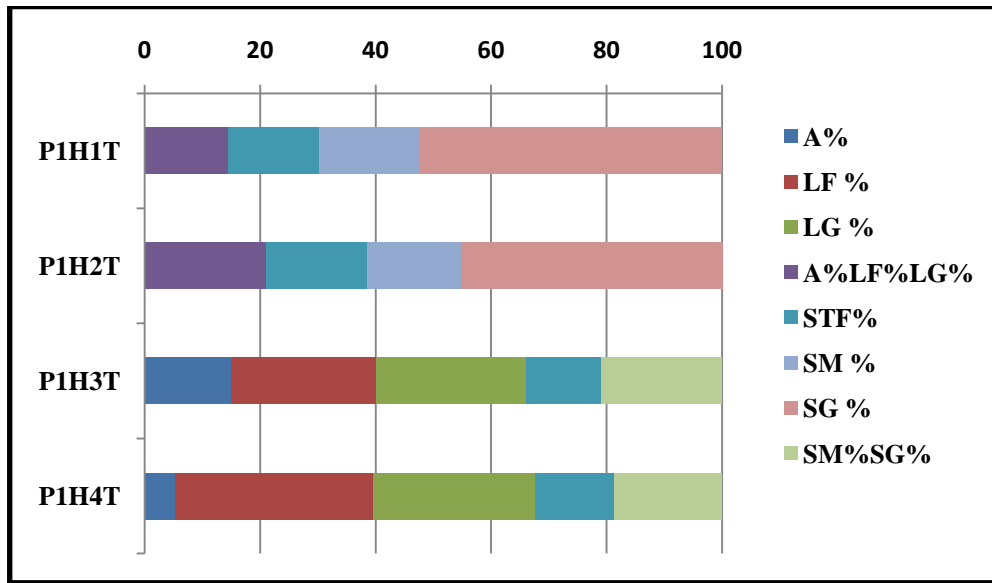


Figure 32: Profil granulométrique de la coupe P1T.

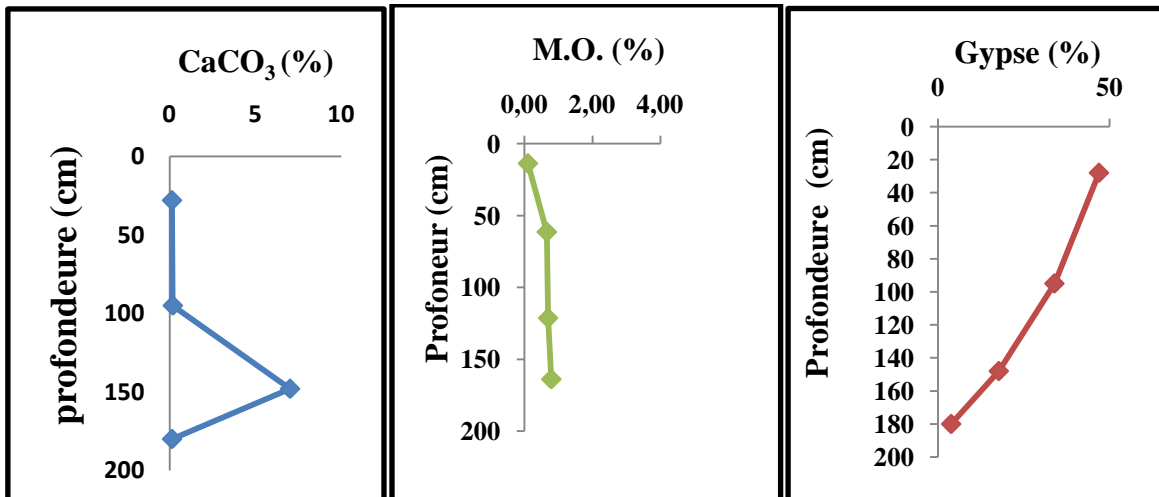


Figure 33 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P1T.

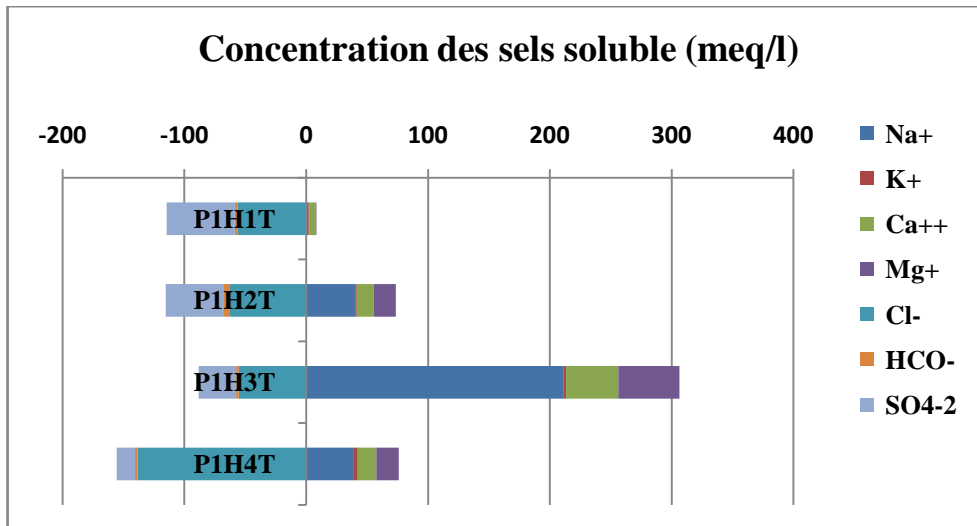


Figure 34 : Bilan ionique de la coupe P1T.

III.1.7.3. Interprétation

La granulométrie (Fig. 32), montre que la texture est Limon-limoneuse avec une dominance de la fraction sable grossier par rapport à celle du sable fin.

Concernant le taux de calcaire, les résultats d'analyse obtenues pour cette coupe montrent que les horizons P1H1T, P1H2T et P1H4T sont non calcaire et l'horizon P1H3T est modérément calcaire.

Le taux de ce profil est très faible en matière organique jusqu'à 0.10%. Le pH des horizons de cette coupe est très légèrement alcalin. La conductivité électrique montre que le sol est très salé pour les horizons P1H3T et P1H4T et extrêmement salé pour les horizons P1H1T et P1H2T.

Concernant le pourcentage de gypse présenté dans la figure 33, le sol de cette coupe est extrêmement gypseux où les valeurs de gypse sont variables entre 17,71 % et 46,90 % sauf le dernier horizon qui est légèrement gypseux.

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+) et l'anion le plus dominant est le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique de cette coupe est chloruré-sodique (Annexe II).

Cette coupe représente une classe des sols calcimagnésique à sous classe des sols gypseux (classification C.P.C.S.).

III.1.8. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P2T

III.1.8.1. Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : Témacine

Végétation : Tamarix

Etat de surface : sable grossier

Topographie : plane légèrement incliné

Cordonnées géographiques :

Latitude : 33° 0' 41.72'' N

Longitude : 5° 58' 34.64'' E

Altitude : 133,46m

Accuray : 4m

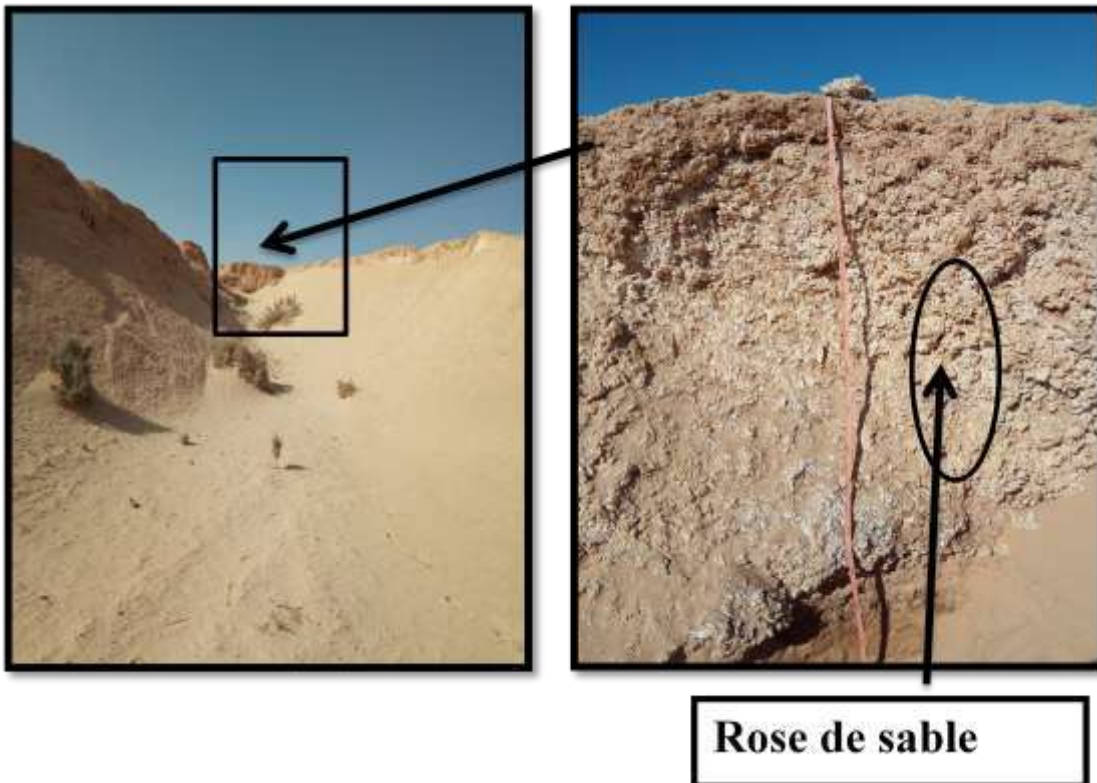


Photo 10 : la coupe 9 (P2S)

P2H1T : 0- 20 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 7.5YR 8/4 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est diffuse et la limite irrégulière avec l'existence des **roses de sable et de cristaux de gypse**.

P2H2T : 20 cm- 122 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 7.5YR 9/9 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite est irrégulière avec l'existence des **roses de sable et des cristaux de gypse**.

P2H3T : 122 cm- 160 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sablo limoneuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais 7.5YR 6/8 (Reddish yellow), pas d'effervescence avec l'HCl, la transition est distinct et la limite est irrégulière avec l'existence de taches noire.

III.1.8.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (35, 36 et 37)

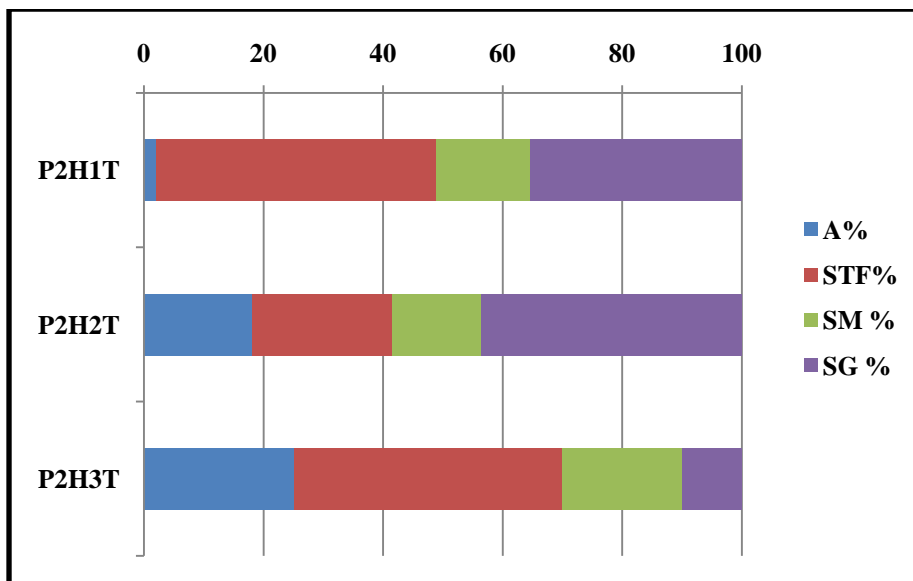


Figure 35: Profil granulométrique de la coupe P2T.

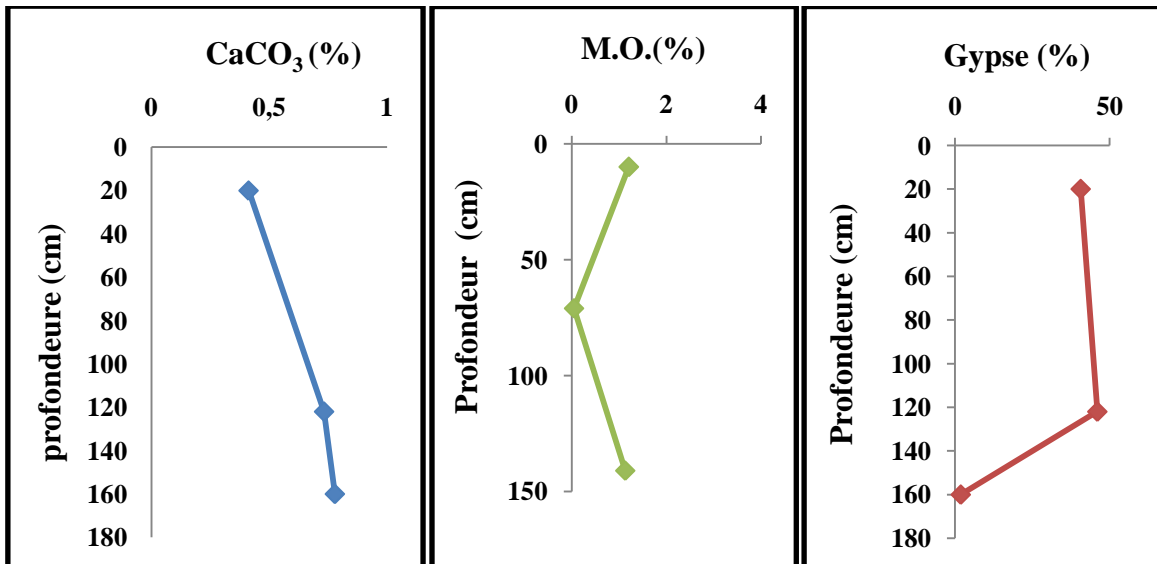


Figure 36 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P2T.

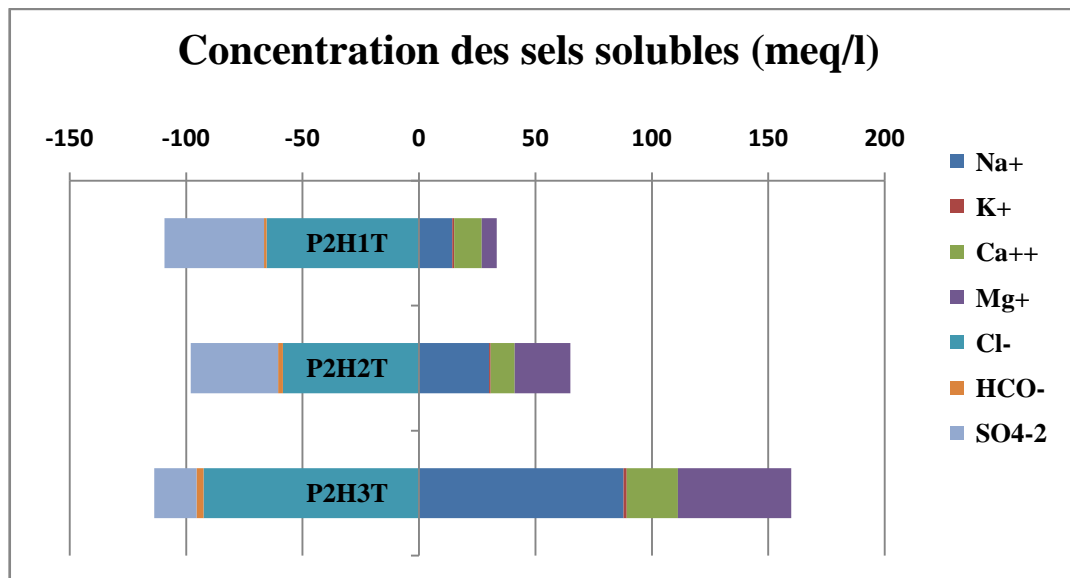


Figure 37 : Bilan ionique de la coupe P2T.

III. 1.8.3. Interprétation

La granulométrie (Fig. 35), montre que la texture est sableuse avec une dominance de la fraction sable fin par rapport à celle du sable grossier et des particules fines < 50 µm.

Les résultats du taux de calcaire obtenus montrent que les horizons P2H1T, P2H2T et P2H3T sont des sols non calcaire avec un taux qui n'excèdent pas 0,41%.

Le taux de la matière organique est très faible dans l'horizon P2H2T avec 0,05%, alors que les deux horizons P2H1T et P2H3T présentent un taux faible.

Le pH de cette coupe est très légèrement alcalin avec des valeurs variant entre 7,85 à 8,01. La conductivité électrique montre que le sol est très salé pour les deux premiers horizons, alors que le dernier horizon est extrêmement salé.

En se basant sur l'échelle de **BARZANJI (1973)**, le sol est extrêmement gypseux, mais le dernier horizon est légèrement gypseux avec une valeur de 1,91%.

Les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+) et l'anion le plus dominant est le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique de cette coupe est chloruré-sodique (Annexe II).

Cette coupe représente une classe des sols sodiques à sous classe des sols à structure non dégradée (classification C.P.C.S.)

III.1.9.Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P3T

III.1.9.1.Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : Témacine

Végétation : Tamarix

Etat de surface : dune de sable, sable grossier

Topographie : plateau avec une pente

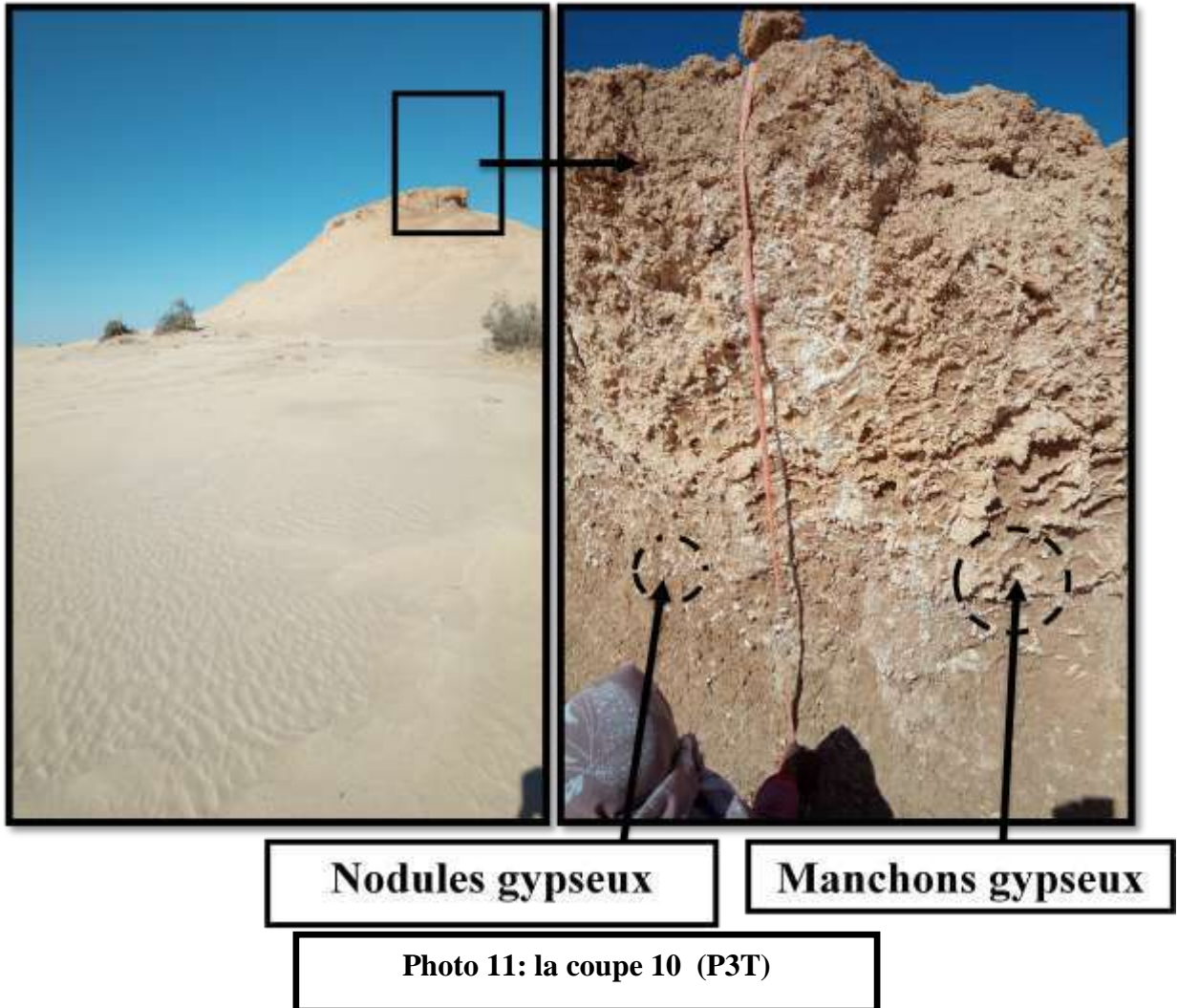
Cordonnées géographiques :

Latitude : 33° 0'6.99''N

Longitude : 5°57'25.15''E

Altitude : 127,25 m

Accuracy : 16 m



P3H1T: 0 - 45 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure grenue, de couleur à l'état frais 10 YR 8/2 (Reddish yellow), faible effervescence avec l'HCl, la limite est régulière avec l'existence des **cristaux de gypse**.

P3H2T: 45 cm- 125 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure lamellaire, de couleur à l'état frais 7.5 YR 6.4 (Reddish yellow), effervescent à l'HCl, la limite est régulière avec l'existence des **manchons de gypse**.

P3H3 T : 125 cm-170 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sablo-argileuse, de structure particulaire, de couleur à l'état frais YR (Reddish yellow), faible l'effervescence avec l'HCl, la limite est régulière. Existence des **nodules de gypse**.

III.1.9.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (38, 39 et 40)

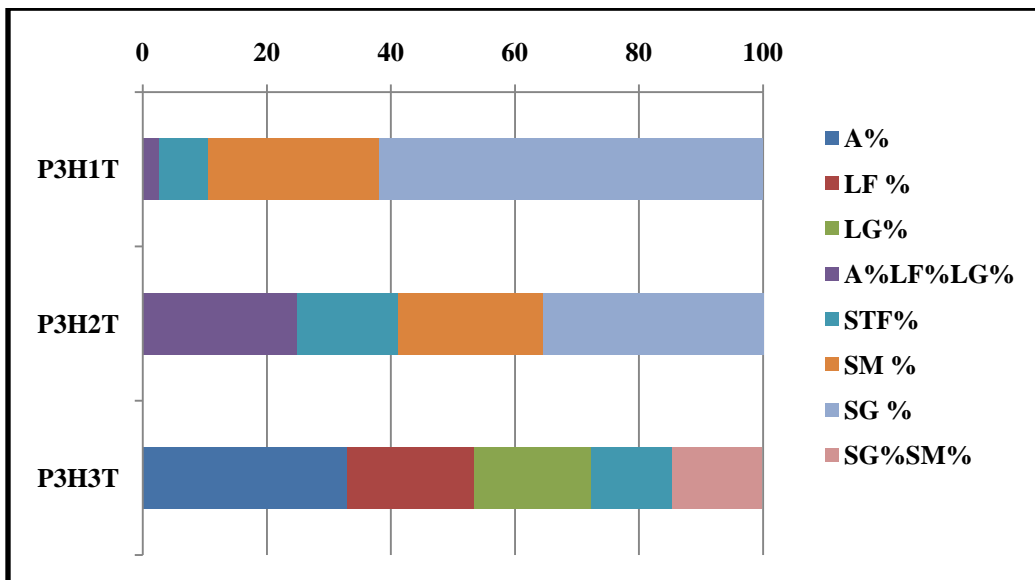


Figure 38: Profils granulométrique de la coupe P3T.

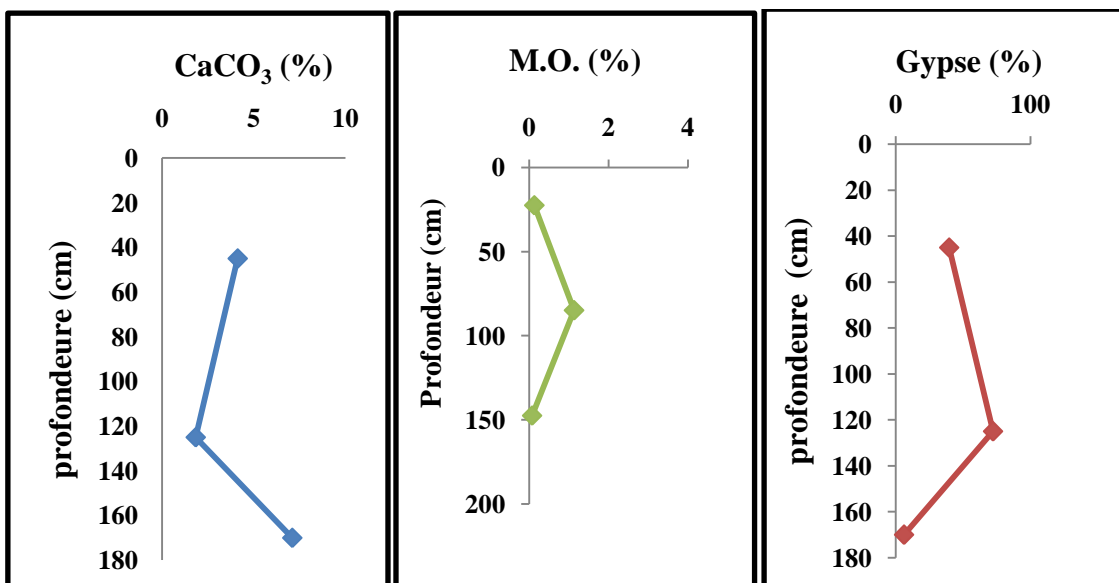


Figure 39 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse la coupe P3T.

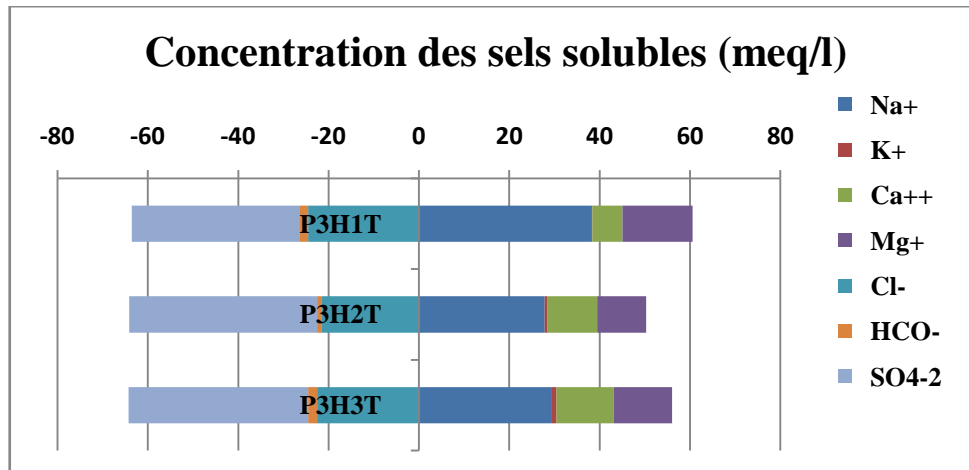


Figure 40 : Bilan ionique de la coupe P3T.

III. 1.9.3. Interprétation

Pour la granulométrie (Fig. 38), les résultats montrent que la texture est sableuse, et on observe la dominance de la fraction sable grossier par rapport à celle du sable fin dans les horizons étudiés.

Selon les résultats du taux de calcaire les horizons P3H1T, P3H2T sont classés comme sols peu calcaires avec des valeurs variant entre 4,12% et 1,83% ; l'horizon, P3H3T est classé comme modérément calcaire.

Le taux de la matière organique dans ce profil est très faible sauf l'horizon P3H2G qui est faible.

Le pH de ce profil est légèrement alcalin. Et selon le tableau de l'échelle de salinité, l'horizon P3H1T est extrêmement salé, alors que les horizons P3H2T et P3H3T sont très salés (Annexes I).

Le taux de gypse d'après les résultats et le tableau de classement des sols gypseux montre que le sol est extrêmement gypseux pour les horizons P3H1T et P3H2T avec des valeurs successivement de 39,71 % et 72,15% et légèrement gypseux pour l'horizon P3H3T (Annexe I).

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+) et l'anion le plus dominant est le sulfate (SO_4^{2-}). Donc le faciès géochimique de cette coupe est sulfaté-sodique (Annexe II).

Cette coupe représente une classe des sols calcimagnésique à sous classe des sols gypseux (classification C.P.C.S.)

III.1.10. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P1S

III.1.10.1 Description morphologique

Date : 24/12/2017

Temps : Ensoleillé

Localisation : Station Sidi Mahdi

Végétation : Végétation naturelle (*Zygophyllum album*)

Etat de surface : Sable grossier

Topographie : plateau avec une pente

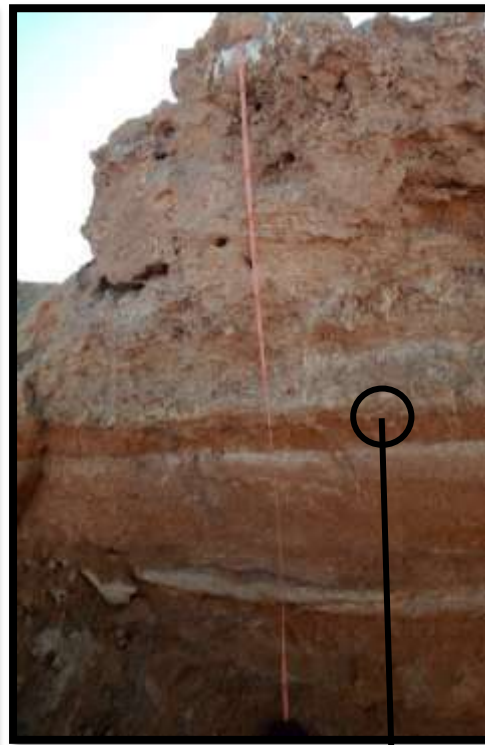
Cordonnées géographiques :

Latitude : 33°6'4.37''N

Longitude : 6°6'35.98''E

Altitude : 104,85m

Accuracy : 4m



Manchons de gypse

Photo 12 : la coupe 10 P1S.

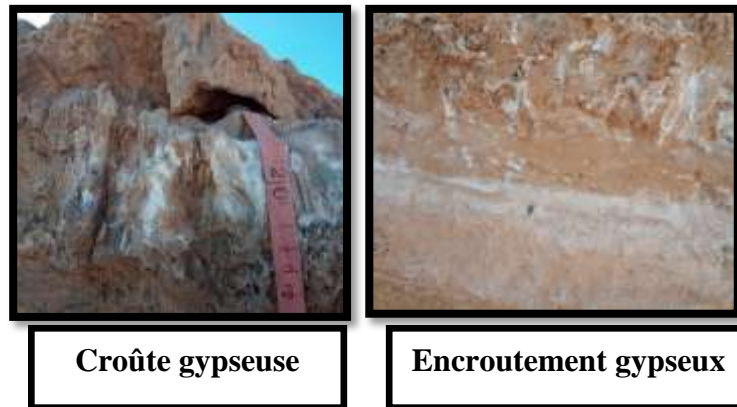


Photo 13 : Les formes des croûtes et des encroustements gypseux de P1S

P1H1S : 0 - 20 cm

Il s'agit d'une croûte gypseuse sèche, de texture sableuse, de structure prismatique, de couleur à l'état frais 7.5 YR 8/1 (Reddish yellow), faible effervescence à l'HCl, la transition est nette et la limite est régulière.

P1H2S : 20 cm- 100 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure particulière, de couleur à l'état frais 10 YR 7/4 (Reddish yellow), il présente une faible effervescence avec l'HCl, la transition est diffuse et la limite est régulière. Existence des **manchons de gypse**.

P11H3S : 100 cm- 117 cm

Il s'agit d'un encroustement gypseux de couleur à l'état frais 7.5 YR 6/8 (Reddish yellow), il existe une faible effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite est régulière.

P1H4S : 117 cm- 130 cm

Il s'agit d'un horizon frais de texture sableuse, de structure particulière, de couleur à l'état frais 10 YR 7/4 (Reddish yellow), il présente une forte effervescence avec l'HCl, la transition est distincte et la limite est régulière.

P1H5S : 130 cm- 155 cm

Il s'agit d'un horizon frais (encroustement gypseux), de structure particulière, de couleur à l'état frais 10 YR 8/3 (Reddish yellow), il présente une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite est régulière.

P1H6S : 155 cm- 160 cm

Il s'agit d'un horizon frais de texture sableuse, de structure particulière, de couleur à l'état frais 10 YR 7/3 (Reddish yellow), il présente une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite irrégulière.

P1H7S : 160 cm- 190 cm

Il s'agit d'un horizon frais de texture sableuse, de structure grumeleuse, de couleur à l'état frais 10 YR 6/6 (Reddish yellow), il existe une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et limite régulière.

III.1.10.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (41, 42 et 43)

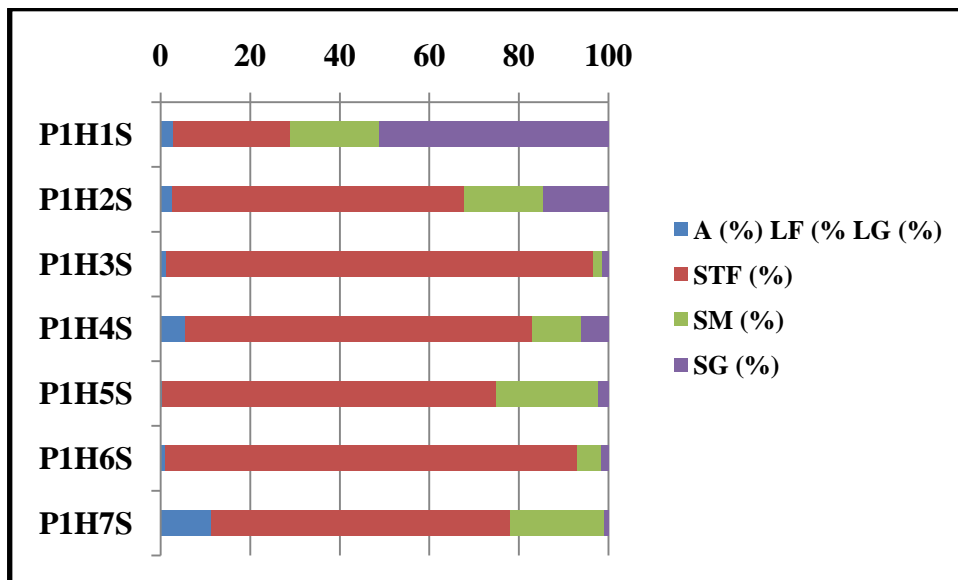


Figure 41 : Profil granulométrique de la coupe P1S.

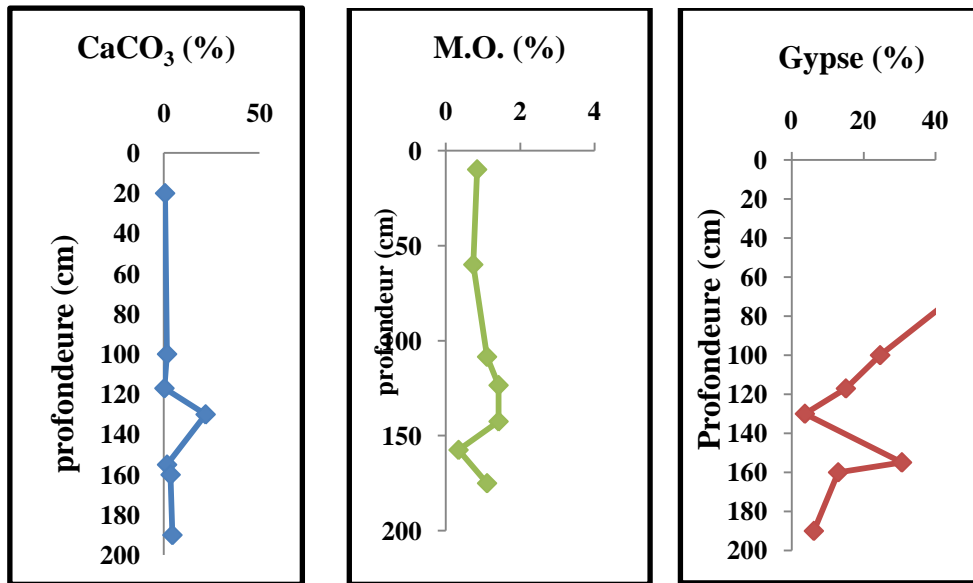


Figure 42 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P1S.

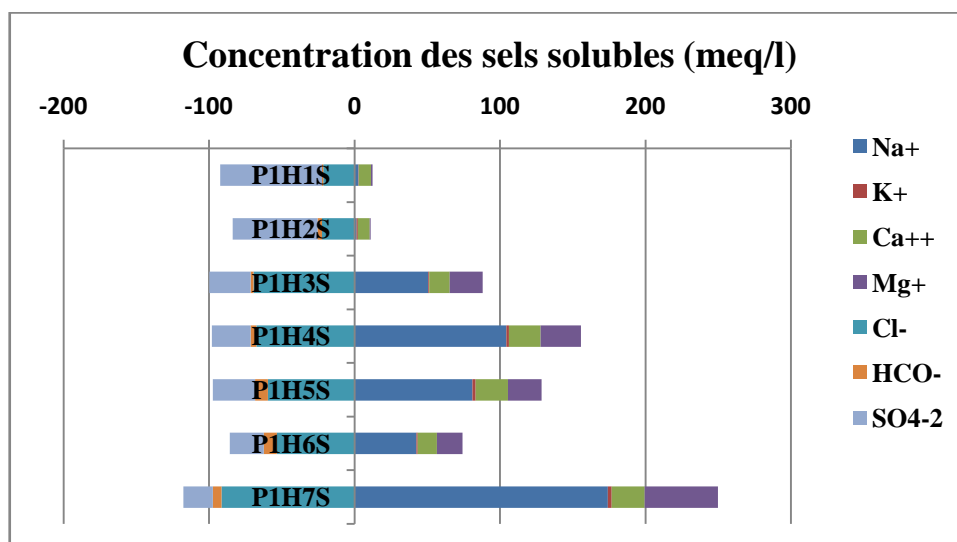


Figure 43 : Bilan ionique de la coupe P1S.

III.1.10.3. Interprétation

L'analyse granulométrique de cette coupe montre que la texture des horizons est sableuse dominée par la fraction de sable grossier pour le premier horizon et de sable fin pour le reste des horizons, alors que le taux d'argile et limon sont très faible pouvant atteindre jusqu'à 0,26 % dans l'horizon P1H5S. Pour le dosage du calcaire total, on observe une variabilité du taux de cet élément, les horizons P1H1s et P1H3S sont classé

comme non calcaire; les horizons P1H2S, P1H5S, P1H6S et P1H7S sont classé comme peu calcaire et l'horizon S1P1H4 est classé comme sol modérément calcaire (Annexes I).

Le taux de la matière organique de ce profil est très faible dans les horizons P1H1S, P1H2G et P1H6S et les autres horizons sont faibles en matière organique (Annexes I).

A partir du tableau de l'échelle d'interprétation de pH, les horizons de ce profil sont très légèrement alcalins avec des valeurs variant entre 7,35 et 8,48 (Annexe I).

D'après le tableau de l'échelle de la CE et les valeurs de la conductivité électrique dans les horizons P1H1S et P1H6S montre que le sol est très salé, alors que les autres horizons sont extrêmement salés (Annexe I).

Les résultats obtenus pour la teneur de gypse d'après la Figure 42, montre que le sol est extrêmement gypseux pour tous les horizons, les valeurs sont variables entre 15,05% et 79,70%, à part les horizons P1H4S et P1H7S qui sont légèrement gypseux avec 3,69% et 6,19%.

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que les cations le plus dominant dans la solution du sol sont le calcium (Ca^{++}) et le sodium (Na^+) et l'anion le plus dominant est le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique sont sulfaté-calcique pour les deux premiers horizons et Chloruré-sodique pour les autres (Annexes II).

Cette coupe représente une classe des sols calcimagnésique à sous classe des sols gypseux (classification C.P.C.S.)

III.1.11. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe P2S

III.1.11.1. Description morphologique

Date : 28/01/2018

Temps : Ensoleillé

Localisation : Sidi Mahdi

Végétation : *Zygothymum album* et Tamarix

Etat de surface : sable

Topographie : plane légèrement inclinée

Cordonnées géographiques :

Latitude : 33°6'4.068''N

Longitude : 6°6'40.08''E

Altitude: 57,20m

Accuracy: 6m

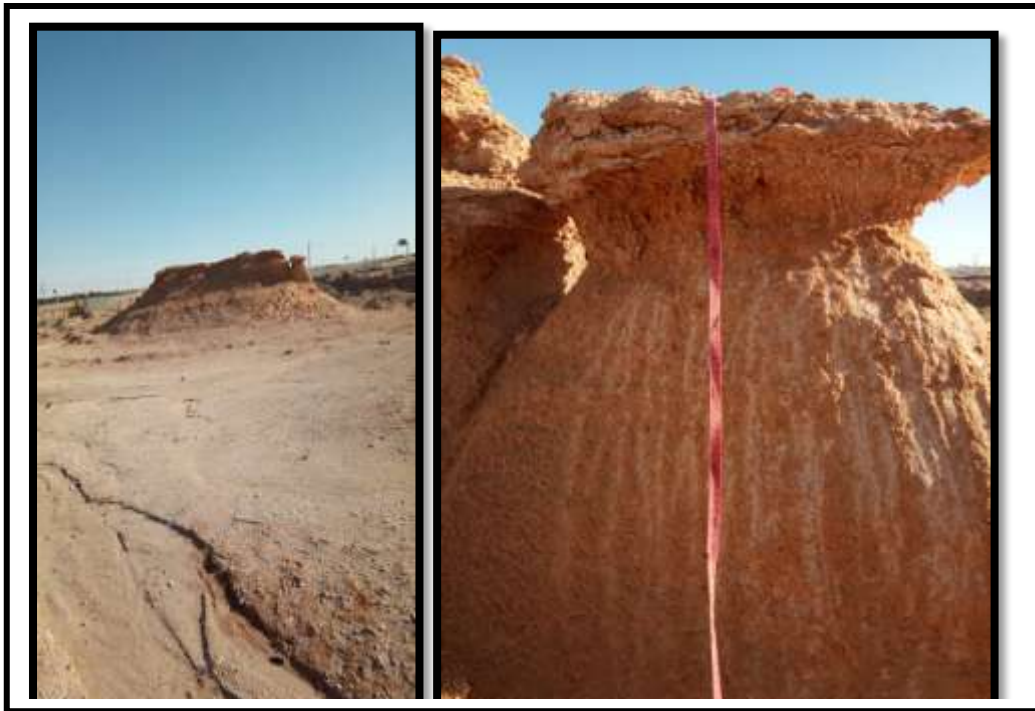


Photo 14 : la coupe 11 (P2S)

P2H1S : 0 - 20 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure angulaire, de couleur 10 YR 8/3 (Reddish yellow), il existe une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite est régulière. Existence d'**encroulements gypseux**.

P2H2S : 20 cm- 35 cm

Il s'agit d'un horizon sec de texture sableuse, de structure particulière, de couleur 7.5 YR 6/6 (Reddish yellow), il existe une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite est régulière. Existence des **amas de gypse**.

P2H3S : 35 cm- 100 cm

Il s'agit d'un horizon frais de texture sableuse, de structure particulière, de couleur 7.5 YR 6/3 (Reddish yellow), il présente une faible effervescence avec l'HCl, la transition est nette et la limite est irrégulière. Existence des taches blanchâtre.

III.1.11.2. Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau des figures (44, 45 et 46)

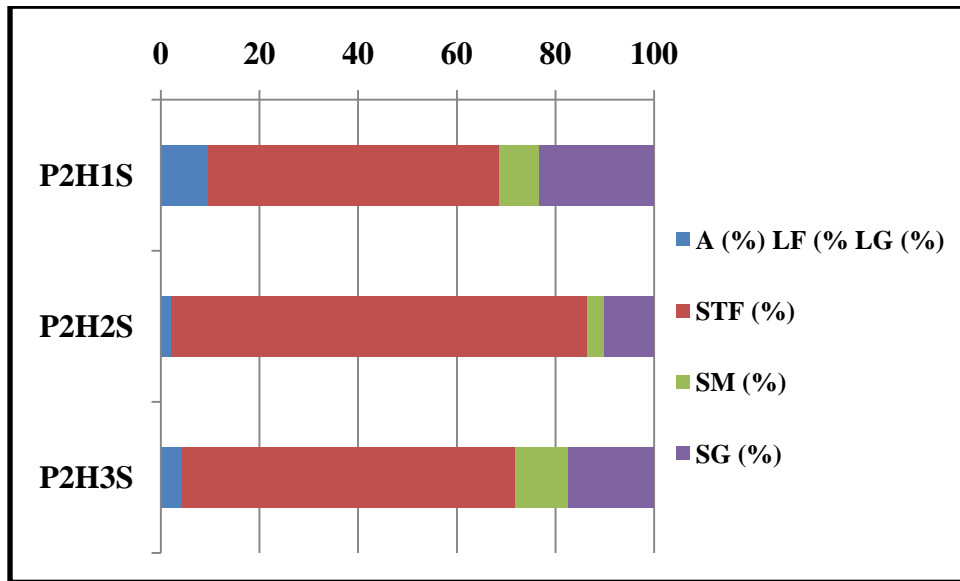


Figure 44 : Profil granulométrique de la coupe P2S.

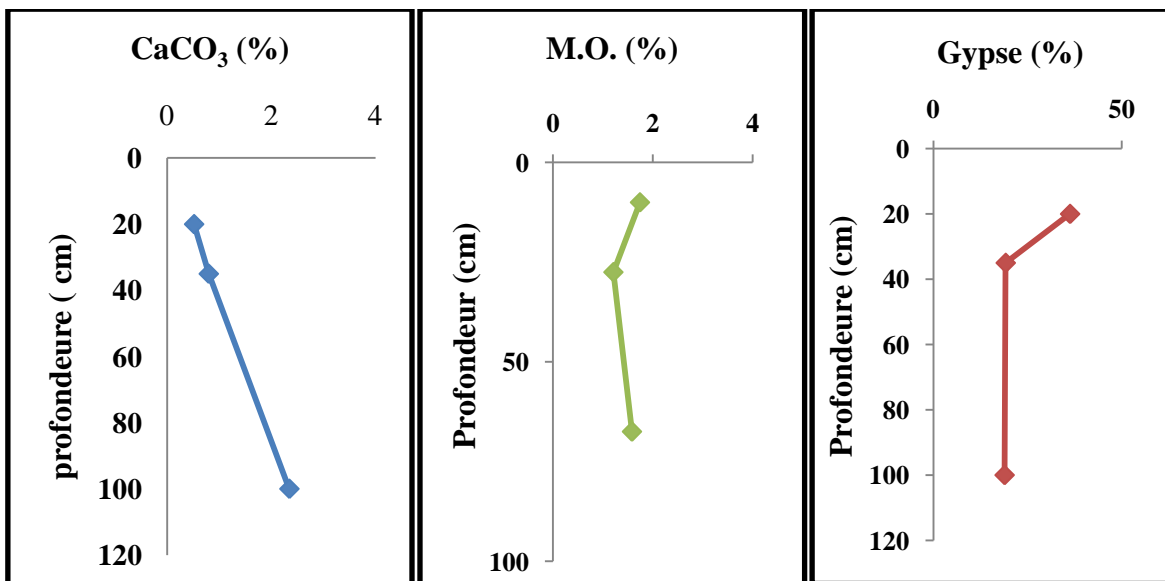


Figure 45 : Profils de calcaire, de matière organique et de gypse de la coupe P2S.

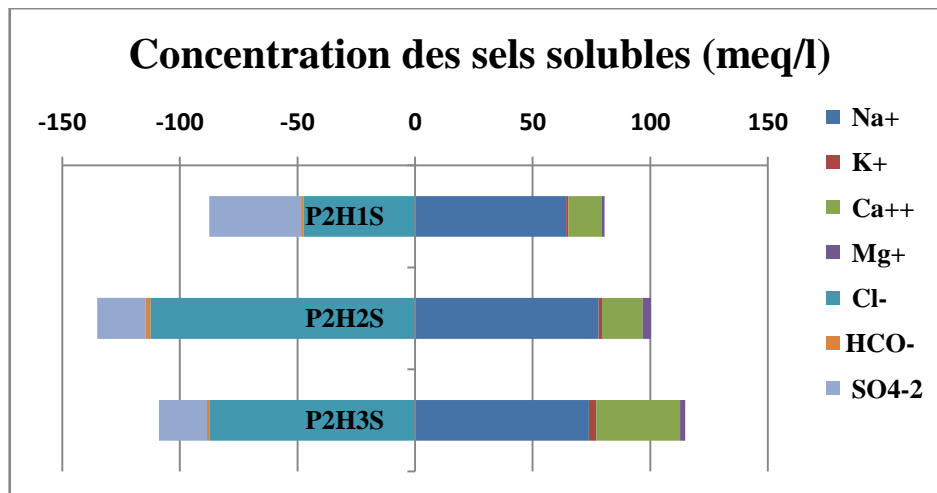


Figure 46: Bilan ionique de la coupe P2S.

III.1.11.3. Interprétation

Les résultats granulométriques de cette coupe (fig.44) montrent que la texture de tous les horizons est sableuse, avec une dominance de la fraction de sable très fine.

Les résultats du taux de calcaire obtenus pour les horizons P2H1S, P2H2S indiquent que c'est des sols non calcaire avec des valeurs de 0,51% et 0,79%, et que l'horizon P2H3S est peu calcaire avec 2,34% (Annexes I).

Les résultats montrent que le taux de la matière organique dans ce profil est faible variant entre 1,21% et 1,74% (Annexes I).

Selon le tableau de l'échelle du pH, et à partir des résultats le sol de ce profil est légèrement à moyennement alcalin, avec des valeurs qui varient entre 8,03 et 8,27 (Annexes I). Les valeurs de la conductivité électrique indiquent que ce profil est extrêmement salé (Annexes).

Le sol est extrêmement gypseux (fig.45), on remarque que le premier horizon a le plus grand pourcentage de gypse avec une teneur de 36,24 %, Ceci est due à l'existence de la forme d'encroûtement gypseux (Annexe I).

Concernant les résultats du bilan ionique on trouve que le cation le plus dominant dans la solution du sol est le sodium (Na^+) et l'anion le plus dominant est le chlorure (Cl^-). Donc le faciès géochimique est chloruré-sodique pour toutes les horizons (Annexes II).

Cette coupe représente une classe des sols calcimagnésique à sous classe des sols gypseux (classification C.P.C.S.)

III.2. Résultats des études minéralogiques des argiles par IRTF

Les résultats de l'étude minéralogique de la fraction argileuse ($< 2 \mu\text{m}$) par spectroscopie IRTF sont représentés au niveau du tableau II.

Tableau 1 : Les minéraux argileux et non argileux détectés par spectroscopie IRTF

Couche	Montmorillonite	Kaolinite	Illite	Palygorskite	Quartz	Calcite	Gypse
P6H4G	+	+	+	+	-	+	+
P6H5G	+	+	+	+	+	+	+
P4H2G	+	+	+	+	-	+	+
P3H3T	+	+	+	+	-	+	+

III.2.1. Interprétation

Coupe P6G

Les spectres IRTF des horizons de la coupe P6G montrent la présence de pics aux alentours de 3646.2 et 3699.2 cm^{-1} attribués à la kaolinite (**FARMER et RUSSELL, 1964; FARMER, 1968; NAYAK ET SINGH, 2007**). D'après **FARMER (1968)**, une kaolinite bien cristallisée présente quatre liaisons régulières dans le domaine des OH stretching entre 3700 et 3620 cm^{-1} .

On remarque aussi dans le domaine des OH stretching, une bande aux alentours de 3564.2 et 3598.9 cm^{-1} qui fait son apparition indiquant la présence de la palygorskite (**MADEJOVA et KOMADEL, 2001**). Bien que selon ces derniers auteurs cette bande également associée aux vibrations d'élongation de Al_2OH peut être observée pour des minéraux argileux dioctaédriques et aluminique comme la kaolinite et la montmorillonite.

Une autre bande aux alentours de 914.2 cm^{-1} à été aussi observée au niveau des spectres de cette coupe témoignant selon **BOURAS (2003)**, de la présence de la montmorillonite. La calcite est présente par une fréquence caractéristique à $2854,5 \text{ cm}^{-1}$ pour les deux horizons. selon **PARIKH et al., (2014)**, les carbonates absorbent dans la région entre 2995 et 2860 cm^{-1} .

La bande intense à 1631 cm^{-1} , indique selon **NAYAK et SINGH (2007)**, la présence de gypse.

La bande aux alentours de 1114 cm^{-1} , indique la présence de la kaolinite (**MADEJOVA, 2003**).

Pour le domaine des Si-O stretching, on note un pic intense aux alentours de $1033,8$ et $2029,9\text{ cm}^{-1}$ présent dans les échantillons de cette coupe indiquant selon **NAYAK** et **SINGH (2007)**, la présence de Kaolinite et/ou d'illite (photo 13). La bande à 1093 cm^{-1} a été observée par **BLANCO et al. (1989)** qu'ils ont attribuée aux vibrations d'élongation d'Al-O dans la couche octaédrique.

La présence dans le domaine des Si-O stretching d'une bande aux alentours de $914,2\text{ cm}^{-1}$ peut indiquée la présence de la montmorillonite. La bande aux alentours de $470,6\text{ cm}^{-1}$ peut indiquer la présence de Kaolinite et/ou l'illite.

Nous avons observé une bande aux alentours de $798,5\text{ cm}^{-1}$ au niveau de l'horizon P6H5G, attribuable au Quartz (**MADEJOVA et KOMADEL, 2001; TRUCHE, 2010**).

Coupe P4G

Les spectres IRTF des horizons de la coupe P4G montrent la présence de pics aux alentours de 3649.1 et 3676.1 cm^{-1} indiquent la présence de la kaolinite.

Dans le domaine des Si-O stretching, on note un pic intense aux alentours de $2029,9$ et 470.6 cm^{-1} présent dans les échantillons de cette coupe indiquant selon **NAYAK** et **SINGH (2007)** la présence de Kaolinite et/ou l'illite. Bien que la bande à 1093 cm^{-1} a été observée par **BLANCO et al. (1989)** qu'ils ont attribuée aux vibrations d'élongation d'Al-O dans la couche octaédrique.

Dans le même domaine des Si-O stretching, on note une bande aux alentours de 914.2 cm^{-1} qui peut indiquée la présence de la montmorillonite.

La bande intense à 1631 cm^{-1} , indique selon **NAYAK et SINGH (2007)**, la présence de gypse.

La calcite est présente par une fréquence caractéristique à 2657.7 cm^{-1} .

Coupe P3T

Les spectres IRTF des horizons de la coupe P3T montrent la présence de pics aux alentours de 3645.2 , 3668.4 cm^{-1} indiquent la présence de la kaolinite.

La montmorillonite est identifiable par les bandes aux alentours de 914.2 cm^{-1} (**FARMER et RUSSELL, 1964**).

La bande intense à 1631 cm^{-1} , indique selon **NAYAK et SINGH (2007)**, la présence de gypse.

La bande aux alentours de 3564.2 cm^{-1} dans le domaine d'élongation des liaisons hydroxyles (OH stretching), indique la présence de palygorskite. Donc selon **MADEJOVA et KOMADEL (2001)** auteurs cette bande également associée aux vibrations d'élongation de Al_2OH peut être observée pour des minéraux argileux dioctaédriques et aluminique comme la kaolinite et la montmorillonite.

Dans le domaine des Si-O stretching, on note un pic intense aux alentours de 1029.9 et 470.6 cm^{-1} présent dans tous les échantillons de cette coupe indiquant selon **NAYAK et SINGH (2007)**, la présence de Kaolinite et/ou d'illite. La bande à 1093 cm^{-1} a été observée par **BLANCO et al. (1989)** qu'ils ont attribuée aux vibrations d'élongation d'Al-O dans la couche octaédrique.

Une bande aux alentours de 470.6 cm^{-1} peut indiquer aussi la présence de l'illite.

La calcite est présente par une fréquence caractéristique à 2854.5 selon **PARIKH et al., (2014)**.



Figure 47: Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P6H4G

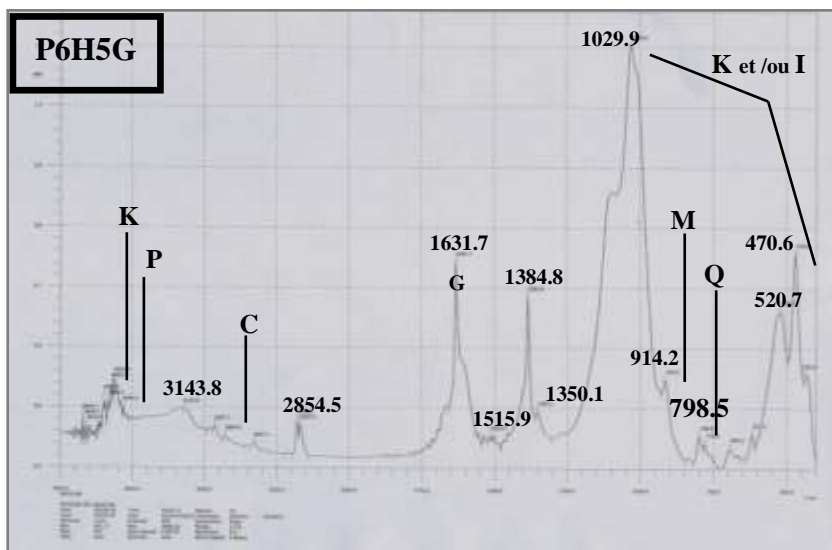


Figure 48 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P6H5G

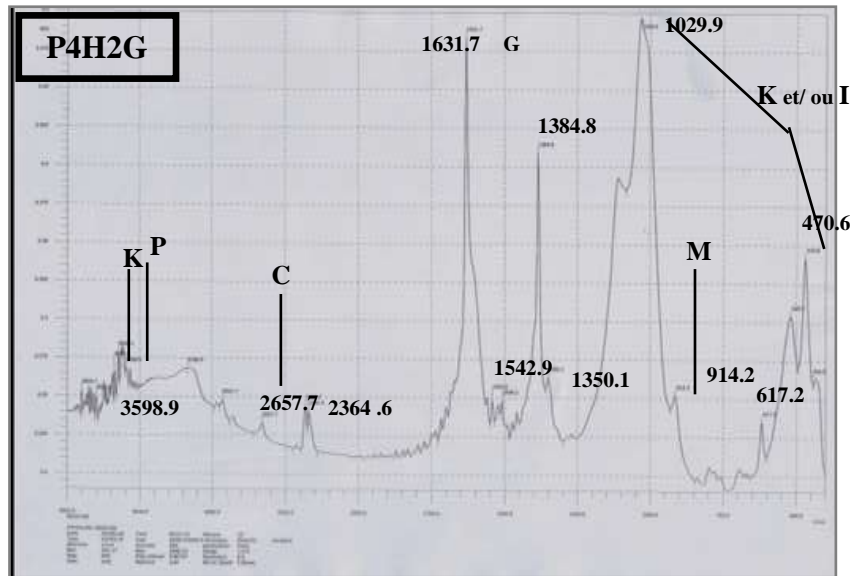


Figure 49 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P4H2G

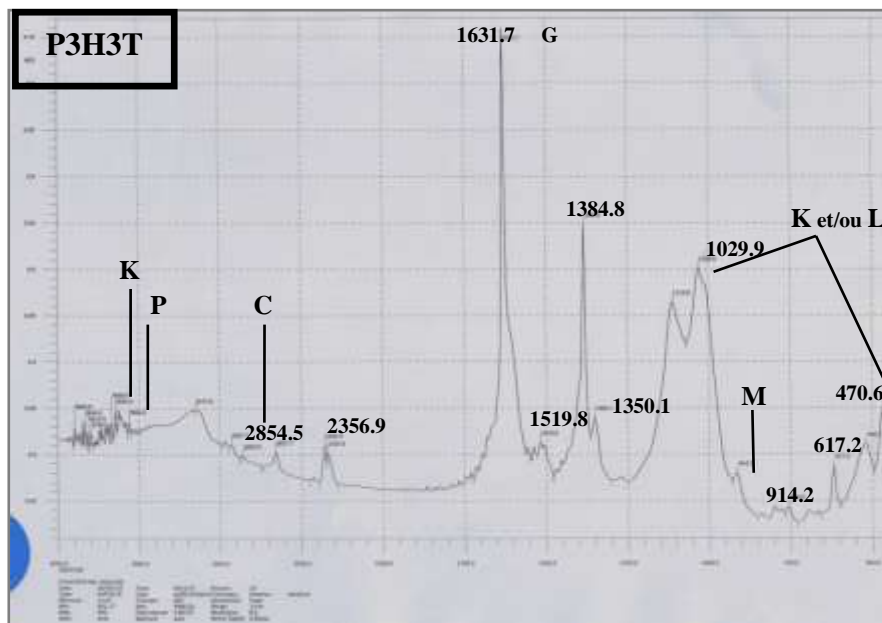


Figure 50 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon P3H3T



Chapitre IV.
Discussion

Chapitre IV- Discussion

La région de Touggourt occupe une grande surface dans la vallée d'Oued Righ, s'étalant sur une région désertique du Sahara septentrional, où la contribution des sols gypseux et leurs accumulations, se fait en relation avec plusieurs facteurs sont les conditions climatiques, géomorphologique, topographe, nature lithologique, hydrologie, la nappe

Pour donner une idée sur les caractéristiques des sols étudiés, nous avons choisi trois sites localisés dans la région de Touggourt, dans lesquels des coupes pédologiques ont été étudiés morphologiquement et analytiquement. Dans cette partie nous allons discuter et expliquer les caractéristiques des sols gypseux étudiés et les différentes formes des accumulations gypseuses existantes et leurs origines. Donc en classé cette sol au classe des sols calcimagnésique avec sous classe des sols gypseux

IV.1. Synthèse morpho-analytique des sites d'étude

IV.1.1. Site d'El Goug (P1G, P2G, P3G, P4G, P5G et P6G)

A partir des résultats obtenus pour les analyses physiques et chimiques des sols étudiés, la majorité des coupes présentent une texture dominée par la fraction sable fin à moyen, sont caractérisés par un faible taux de matière organique sauf l'horizon P6H2G et un taux faible à fortement calcaire sauf l'horizon P6H1G qui est excessivement calcaire avec une valeur de 80,78 %. Ces sols sont très salé avec un pH légèrement à moyennement alcalin et un faciès géochimique sulfaté-sodique et chloruré-sodique pour toutes des coupes.

La plupart des coupes sont caractérisées par un sol gypseux où la teneur de gypse dépasse dans certains cas les 50 %, ces valeurs élevées de gypse expliquent la présence de différentes formes d'accumulation gypseuses dans ces coupes; croûte de gypse, les cristaux de gypse, les rosettes de sable, les manchons, les amas, les nodules de gypse et les bancs gypseux. Donc en classé cette sol au classe des sols calcimagnésiques pour les coupes 1, 4 et 5 avec sous classe des sols gypseux, sols minéraux brute pour la coupe 2, sodique pour la coupe 3 et hydromorphe pour la coupe 6.

IV.1.2. Site de Témacine (P1T, P2Tet P3T)

Les sols de ce site ont une texture sableuse avec une dominance de la fraction de sable fin en générale, ce qui indique l'importance de l'action éolienne dans cette région, les sols sont caractérisés par un faible taux de matière organique et un pourcentage faible de calcaire

total. Les sols de ce site sont très salés avec un pH légèrement alcalin, le faciès géochimique est sulfaté-sodique et chloruré-sodique pour la majorité des coupes.

La majorité des coupes de ce site sont caractérisées par un sol légèrement à extrêmement gypseux où la teneur de gypse peut atteindre jusqu'à 72,15 %, cette teneur explique l'existence de différentes formes d'accumulations gypseuses dans ces coupes, qui sont : les cristaux et les rosettes de sable et les manchons, les amas, les nodules de gypse et le banc gypseux. Donc en classé cette sol au classe des sols calcimagnésiques avec sous classe des sols gypseux pour la totalité des coupes.

IV.1.3. Site de Sidi Mahdi (P1S et P2S)

Ce site est caractérisé par la dominance du sable fin, un faible taux en matière organique et un taux de calcaire total très faible. Le sol est très salé à extrêmement salé, le pH est légèrement à moyennement alcalin, le faciès géochimique sont sulfaté-calcique et chloruré-sodique.

Concernent le taux de gypse dans ce site, la totalité des coupes sont caractérisées par un sol extrêmement gypseux où la teneur de gypse atteint de 36,24 à 79,70% surtout les premiers horizons. L'augmentation de ces valeurs de gypse est expliquée par la présence de différentes formes d'accumulation de gypse dans ces coupes comme la croûte et l'encroûtement, les manchons de gypse dans la coupe (P1S) et les amas dans la coupe (P2S). Donc en classé cette sol au classe des sols calcimagnésique avec sous classe des sols gypseux.

IV.2. Origine du gypse et des différentes formes d'cumulations gypseuses dans la région de Touggourt

D'après TIMPSON *et al.* (1986), la précipitation du gypse n'est pas générée par le type de texture, mais surtout par un processus qui se déclenche dès que le produit (SO_4^{-2}) et (Ca^{+2}) de la solution dépasse la valeur du produit de solubilité. Elle est corrélativement liée au taux des chlorures de sodium, et à la force ionique de la solution. Cette précipitation est aussi favorisée par des cristaux de gypse préexistants (d'origine éolienne) qui offrent des sites de croissance sur leur surface.

Au Sahara septentrional, les accumulations gypseuses (croûtes et encroûtements) ne peuvent témoigner que de périodes sèches où le gypse précipitait en grosses quantités, entrecoupées de périodes humides où le niveau de nappes phréatiques peut s'élever, donc ces

accumulations peuvent traduire les variations du niveau d'une nappe phréatique (DUTIL, 1971).

La description morphologique et la surface des coupes montrent la richesse de la région d'Oued Righ par le gypse et les formes d'accumulations gypseuses. Ces formations sont le résultat de précipitation par les ruissellements des eaux, ou une origine de nappe ancienne, soit une origine d'activité biologique ou lagunaire. Ces accumulations ont évoluées sous des conditions climatiques avec une alternance de périodes humides et arides (YOUCEF, 2006).

IV.2.1. Les croûtes gypseuses

D'après WATSON (1985), on définit les croûtes gypseuses comme des dépôts gypseux endurés et compacts. Ces dépôts contiennent au moins 15% de leur poids en gypse.

Selon BUREAU *et al* (1960), la croûte gypseuse consiste dans une concentration des éléments les plus solubles du ciment, principalement le gypse, à la suite d'alternance de dissolutions et de précipitations dans sa partie superficielle. Les pluies occasionnelles et surtout les condensations liées à l'importance des amplitudes thermiques diurnes en certaines saisons, semblent pouvoir fournir l'humidité nécessaire au remaniement périphérique des sels. L'intensité de l'insolation explique leur dépôt en surface, sous la forme de feuilletts.

L'existence de ces formes d'accumulation gypseuse dans le site de Sidi Mahdi au niveau de P1H1S et dans le site d'El Gouge au niveau de P1H1G, où ils présentent un taux de gypse qui atteint jusqu'à 79,70 %.

IV.2.2. Les encroutements gypseux

Selon BURREAU *et al* (1960), l'encroûtement gypseux est le reste de la formation enrichie en sulfate de calcium et assez compact, se trouvant sous la croûte gypseuse. Cette forme d'accumulation gypseuse est présente dans le site de Sidi Mahdi au niveau de C1H5S et C2H1S, où ils présentent un taux de gypse qui atteint successivement 30,70 % et 36,24%. Cela est confirmé par POUGET (1969), qui définit l'encroutement gypseux de nappe comme étant « un horizon gypseux et induré, dont l'origine est en relation avec la présence d'une nappe salée ». Ces formes d'accumulation gypseuses sont différent par l'aspect textural, pédogénitique et chimique.

IV.2.3. Les cristaux de gypse et les rosettes de sable

Nous avons remarqué cette forme d'accumulation dans les stations suivantes : El Gouge aux niveaux de P5H1G, P4H3G, P4H2G et P6H3 et Témacine au niveau de P1H1T, P1H2T, P2H1T, P2H2T, et P3H1T à différents taux de gypse.

D'après **RICHE (1976)**, la formation de cristaux du gypse est par l'action d'une nappe alluviale chargée en gypse qui remonte plus ou moins haut dans les alluvions. Et selon **DUTIL (1971)**, les cristaux du gypse résultent de l'érosion par ruissellement (érosion hydrique), et peut accompagner des périodes humides de Quaternaire, où le gypse a été un élément très mobile dans le paysage du bas – Sahara, à tel point qu'il venait tapisser tous les bas-fonds de cette région. Et parallèlement il y a un autre type d'accumulation dite rose de sable et/ou rosette de sable, ces roses de sable ont des cristallisations lenticulaires de gypse dont la disposition rappelle les pétales de roses. Elles se forment principalement par évaporation d'eau infiltrée sur des grains de quartz ou de sables support qui peuvent en constituer parfois plus de la moitié de la masse (**POUGET, 1968**). Nous avons observé aussi une dispersion de cette forme dans la station d'El Gouge aux niveaux de C1H2G, C4H2G, C5H1G, C5H2G, C5H3G et C5H4G et dans la station de Témacine aux niveaux de C1HET, C2H1T et C2H2, cette forme existe en générale dans l'horizon sableux ou sablo-limoneux (**Photo 10 et 11**).

IV.2.4. Les amas et les nodules de gypse

D'après **FAO (1990)**, et **HALITIM (1988)** :

Amas: C'est un assemblage lâche d'une multitude de très fins cristaux plus ou moins aciculaires et à angles vifs. Ils sont friables, de taille identique ou plus petite que les nodules.

Nodules: Ce sont des amas de dimensions variables, pouvant atteindre la taille d'une petite pomme. Elles prennent généralement la forme de petites poupées de lœss. On remarque ces formes d'accumulation dans la station d'El Gouge au niveau de P2H1G, dans la station de Témacine au niveau de P3H3T et dans la station de Sidi Mahdi au niveau de P2H2S à différents taux de gypse. Donc selon **POUGET (1968)**, les études dans les sols oasiens, montrent que la formation des amas et des nodules dans le sol se dessèchent dans les horizons de surface. Mais en profondeur, au niveau de l'enracinement du palmier se forme un véritable horizon d'amas et nodule gypseux plus ou moins cristallisé avec des racines gypsifères.

IV.2.5. Les manchons gypseux

Nous avons observé la présence de ces formes d'accumulation dans la station d'El Gouge aux niveaux de P1H2G, P5H3G, P5H4G, P5H6G et P5H7G, dans la station de Témacine au niveau P3H2T et dans la station de Sidi Mahdi au niveau de P2H1S.

Selon **POUGET (1968)**, l'activité des racines libérant du gaz carbonique permet la formation de bicarbonates, donc des ions Ca^{++} en excès responsables de précipitation des sulfates, ces deux derniers déclenchent la précipitation du gypse autour des racines. Et d'après **HERRERO (1991)**, ces formations sont dites aussi les racines pétrifiées ou gypsifères, cette forme à probablement une origine d'activité biologique des anciennes racines. L'absorption racinaire de l'eau sous haute évapotranspiration augmente progressivement la concentration de la solution du sol en SO_4^{2-} et Ca^{2+} autour des racelles. Cette absorption racinaire favorise la cristallisation de gypse.

IV.2.6. Cristallisation de gypse fibreux (Les bancs et des plaques gypseuses)

D'après **THOMAS (2012)**, le gypse fibreux, est un gypse formant des filons au sein d'autres roches sédimentaires. Ce gypse se dépose alors par circulation d'une eau saturée en sulfates puis précipitation dans des fractures, et il forme des petits filons parallèles ou sécants aux strates. L'allure fibreuse de ce gypse est due à la coalescence des cristaux aciculaires de gypse qui ont crû perpendiculairement aux bords de fissures en cours de colmatage.

La cristallisation a commencé sur les deux bords de la fissure et les cristaux se sont approximativement rejoints en son milieu.

Les bancs de gypse fibreux se sont formés au sein d'anciennes lagunes. Le sulfate de calcium a cristallisé en couches plus ou moins épaisses, en alternance avec des dépôts de marne gypseux. Cette accumulation de gypse est observée dans la premier Horizon P3H1G.

Pour les plaques de gypse, elles ont été observées dans la coupe P3H2T.

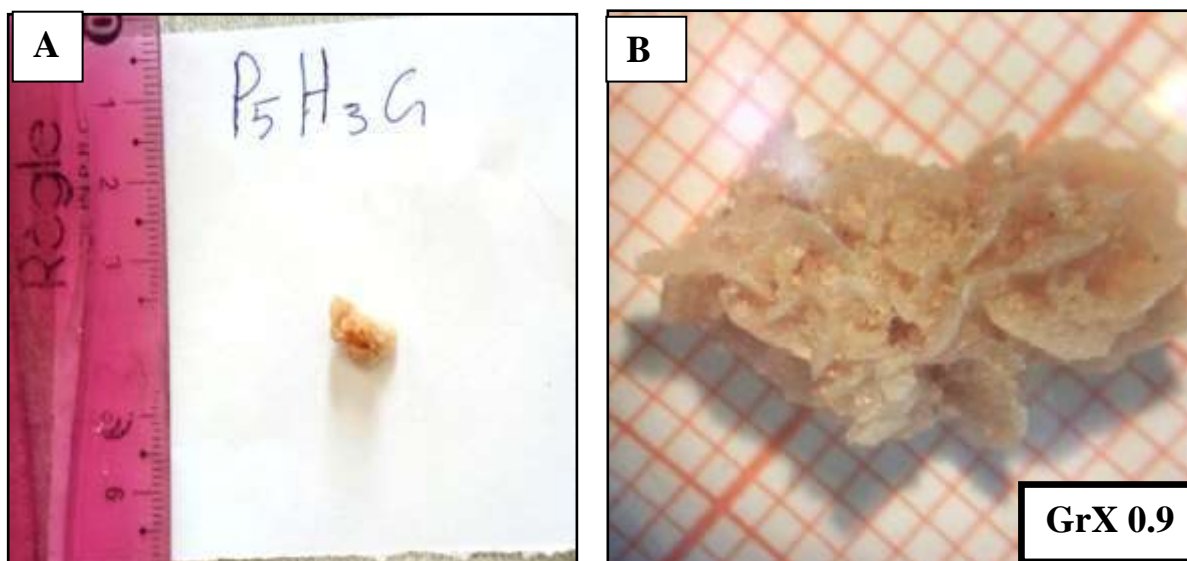


Photo 15 : A : Rosette de sable. B : Photo de rosette de sable sous la loupe binoculaire de la coupe P5H3G.

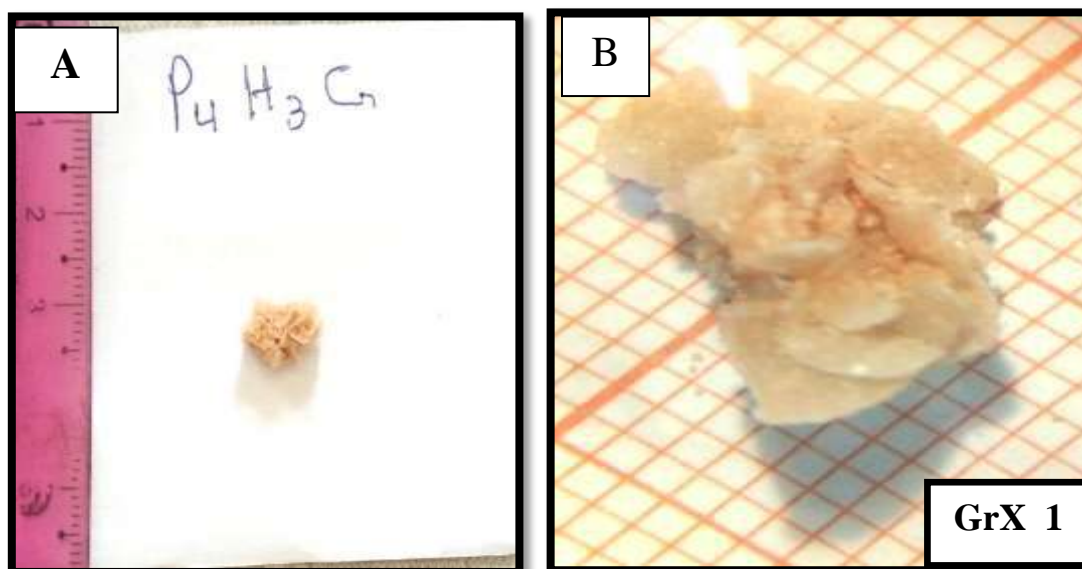


Photo 16: A : Rosette de sable. B : Photo de la rosette de sable sous la loupe binoculaire de la coupe P4H3G.

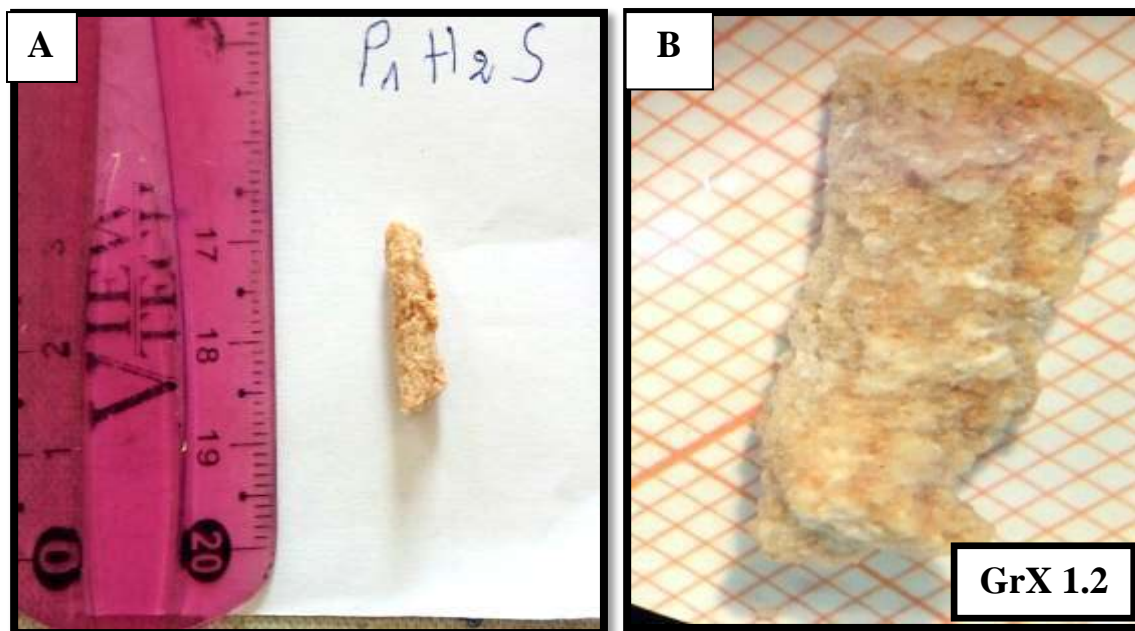


Photo 17 : A : manchon de gypse. B : Photo du manchon de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P1H2S.



Photo 18 : A : Cristaux de gypse. B : Photo de cristaux de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P6H3G.

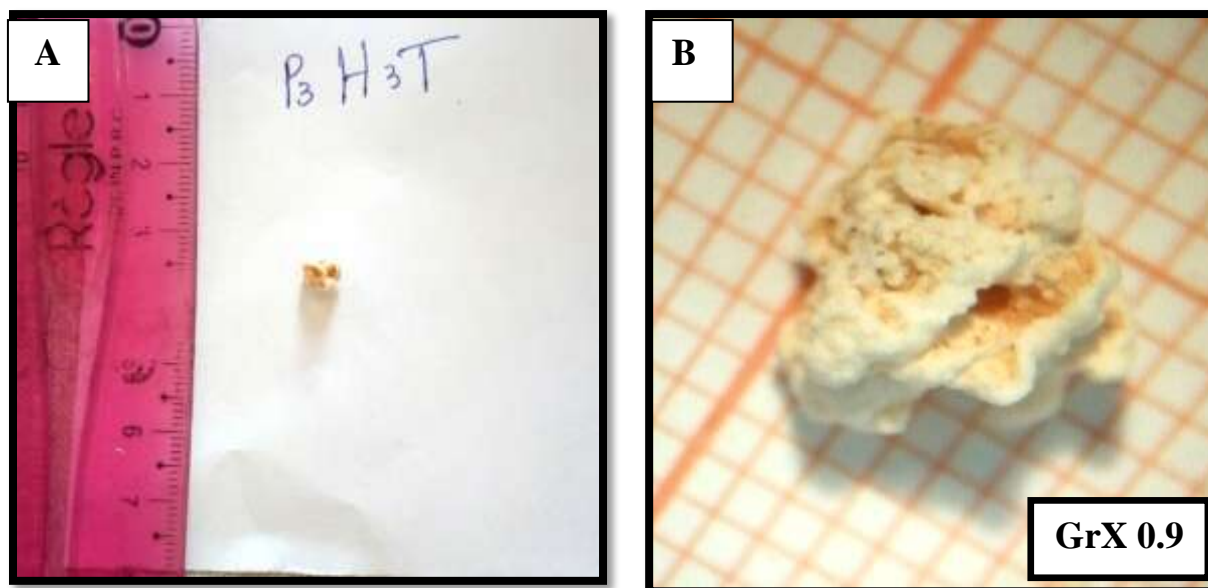


Photo 19: A : Nodule de gypse. B : Photo du nodule de gypse sous la loupe binoculaire de la coupe P3H3T.

IV.2.7. Relation entre le gypse et la CE

Cette relation est représentée graphiquement, par une courbe de régression linéaire (Figure 51), qui montre une faible corrélation ($r = -0.035$) entre le taux du gypse et celui du calcaire total pour l'ensemble des coupes étudiées. Comparativement aux différents travaux réalisés jusqu'à présent (POUGET, 1968 ; HALITIM, 1988; KADRI et GALLALI, 1990; CHAUHUAN, 1992; ABDESSELAM, 1999), la diminution du taux de gypse est proportionnelle à une augmentation de la valeur de la conductivité électrique.

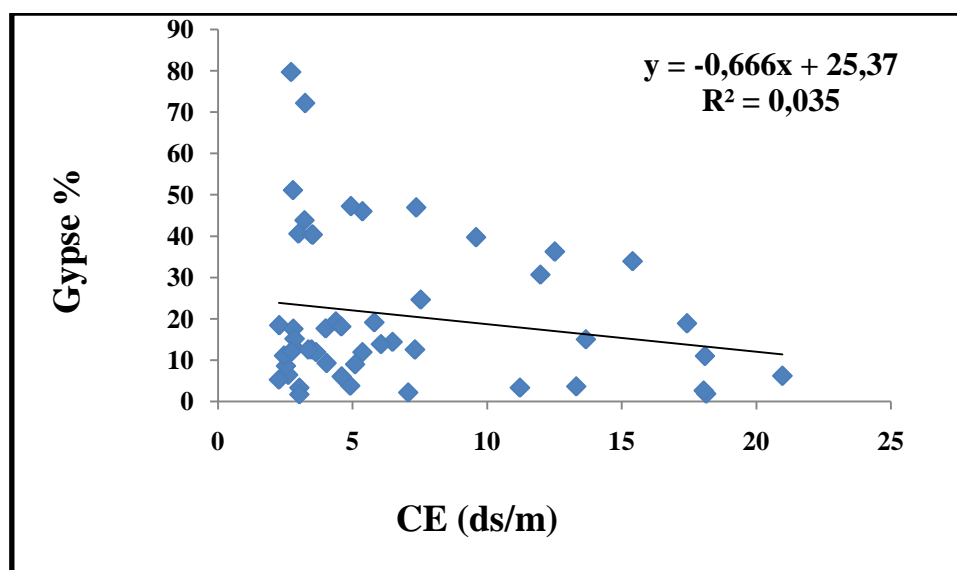


Figure 51 : Relation entre le taux du gypse et la CE (ds/m)

IV.2.8. Relation entre le gypse et le pH

Cette relation est représentée graphiquement, par une courbe de régression linéaire (Figure 52), qui montre une faible corrélation ($r = -0.24$) entre le taux du pH pour l'ensemble des coupes étudiées.

Pour **ARTIEDA ET HERRERO (1996)**, le pH ne devient déterminant sur la solubilité du gypse, qu'avec l'attachement des ions H^+ sur les anions SO_4^{2-} et la formation de HSO_4^{2-} . Ceci correspond à des conditions où la précipitation est moins complète en comparaison à un pH neutre ou alcalin (**POUGET, 1968**). Une situation qui ne peut pas être effective dans les sols gypseux, car leur pH est toujours supérieur à 7.

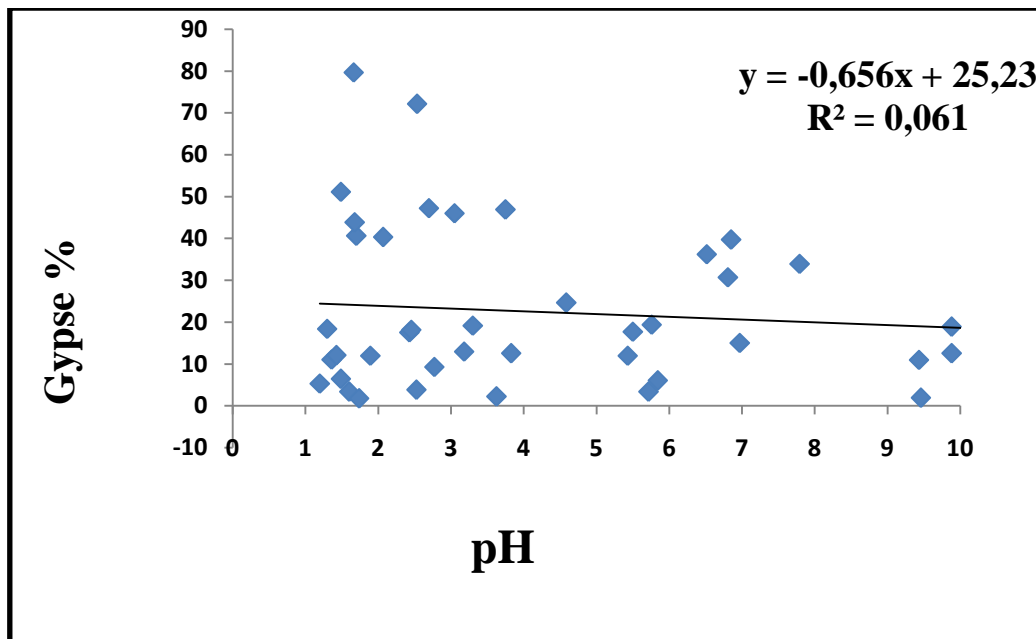


Figure 52 : Relation entre le taux du gypse et le pH

IV.3. les études minéralogique des argiles par infrarouge (IRTF)

A travers cette étude nous avons remarqués l'existence d'un taux plus important d'argile dans la région de Touggourt contrairement aux sols des régions sahariennes, avec l'existence de plusieurs briqueteries actives à Touggourt pour exploiter ces carrières. Certaines des coupes que nous avons étudiées sont proches de sites de ces carrières.

Dans les études des minéraux argileux, les bandes d'absorption infrarouges sont dues aux groupements structuraux OH et Si-O qui jouent fréquemment un rôle très important dans la différenciation des minéraux argileux les uns des autres (MADJOVA, 2002).

A travers cette étude nous avons observé les minéraux argileux présents dans les sols étudiés, révélés par la spectroscopie IRTF qui sont: la palygorskite, la montmorillonite, l'illite et la kaolinite. Ces minéraux ont été détectés aussi dans la fraction argileuse des sols de la région de Touggourt par BOUMAARAF (2013).

La kaolinite a été détectée à travers l'étude par IRTF. SINGER (1980), admet que la kaolinite témoigne d'un climat humide à bon lessivage. Lorsque le climat devient aride, il est très probable que l'argile préservera son caractère kaolinitique et le message climatique est donc préservé. Et d'après CATT (1990), dans les climats chauds et humides les sols bien

drainés situés dans des paysages élevés ont une fraction argileuse souvent kaolinitique alors que ceux situés dans des sites mal drainés contiennent la smectite ou d'autres minéraux argileux. La présence de la kaolinite dans les sols de la région de Touggourt indique donc une formation sous un climat plus humide que celui d'aujourd'hui.

La palygorskite dans les paléosols est un excellent indicateur des conditions arides ou semi-arides, selon **SINGER (1980)**. Cependant, et à partir de l'étude de **FEDERROF et COURTY (1989)**, elle indique la circulation de l'eau, soit des eaux souterraines ou de drainage.

L'illite se forme pédogénétiquement dans les horizons de surface des sols arides et semi-arides. Le potassium nécessaire pour le processus de l'illitisation est introduit dans les sols par le dépôt de poussières désertiques qui contiennent des minéraux portant du potassium. Le processus de l'illitisation est favorisé par les cycles d'humidification et de séchage qui affectent généralement les horizons de surface des sols des régions arides (**SINGER, 1988**).



Conclusion

Conclusion

Notre travail avait comme objectif une contribution à la connaissance des sols gypseux de la région de Touggourt et les différentes formes d'accumulation gypseuses dans le sol à fin de mieux comprendre leur origine.

Donc les résultats d'analyses physico-chimiques et des études morpho-analytiques des coupes choisies dans la région de Touggourt montrent que :

Le pH : les sols étudiées sont caractérisées par des pH légèrement à moyennement alcalin pour la totalité des coupes étudiées.

La conductivité électrique (CE) : mesurée dans l'extrait 1/5 en dS/m des sols des sites étudiés, est très élevée, les horizons sont classés comme des sols très salés à extrêmement salés.

Le faciès géochimique : La concentration en éléments solubles des extraits dilués suit en général l'allure du profil salin. Globalement le faciès géochimique des solutions du sol sont sulfaté-sodique et chloruré-sodique pour la plupart des horizons.

Le calcaire CaCO_3 : le taux de calcaire total dans le sol de la majorité des coupes étudiées est peu élevé. La distribution de calcaire se fait d'une manière inégale entre les horizons et est lié inversement au taux de gypse.

La matière organique M.O. : Les coupes étudiées ont des horizons pratiquement dépourvus de matière organique où le pourcentage de matière organique ne dépasse pas les 2% sauf l'horizon P6H2G.

La granulométrie : la totalité des coupes sont caractérisées par un sol de texture sableuse avec la dominance de la fraction de sable fin et quelques texture argileuses et limono-argileuses pour certains horizons.

Les minéraux argileux par spectroscopie IRTF : L'étude spectroscopique par IRTF révèle l'existence de minéraux argileux (Palygorskite, kaolinite, illite et montmorillonite) présents dans les sols étudiés, révélés par la spectroscopie infrarouge à transformée de

Fourier et qui sont hérités. Les conditions actuelles de la région de Touggourt permettent la stabilité de ces minéraux.

Le gypse : les valeurs de gypse sont élevés et ne dépassent pas les 50 % pour la majorité des horizons des coupes étudiées, la valeur maximale est 67 %. Donc en classé cette sol aux sols calcimagnésique sous classe des sols gypseux.

L'étude morphologique des coupes pédologiques nous a permis de constaté différentes formes d'accumulation du gypse comme les croûtes et l'encroutement gypseux, les cristaux et les roses de sable, les amas et les nodules, les manchons de gypse, et les bancs de gypse.

Ces formations sont les résultats de précipitation par les ruissellements des eaux, ou une origine de nappe ancienne, soit une origine d'activité biologique ou lagunaire.

Ces accumulations ont évoluées sous des conditions climatiques avec une alternance de périodes humides et arides.

Cette étude contribue à la connaissance des sols gypseux dans la région de Touggourt et à mieux explorer les différentes formes d'accumulation de gypse qui existe dans cette région.

Recommandations: Prendre en compte l'utilisation d'autres techniques d'étude comme :

- L'étude micromorphologie des sols qui nous aideront à mieux comprendre la pédogénèse de ces sols et la caractérisation des différentes formes de minéraux caractérisant ces sols;
- L'étude minéralogique par diffractométrie à rayons X (DRX) des minéraux argileux des sols de la région;

Qui peuvent donner des informations plus précises et plus complètes concernant la connaissance de l'origine de ces formes d'accumulation.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

1. **ABDESSELAM S., (1999).** Contribution à l'étude des sols gypseux au Nord-Est du Sahara Algérien: Caractérisation et Genèse. Cas des oasis de Tolga (Région des Zibans).Thèse Mag., I.N.A., El-Harrach, 147p.
2. **ACHOUR A., (2003).** Etude bioécologique d'Apate monachus (Fab., 1775) (Coleoptera, Bostrychidae) dans la région de l'Oued Righ (Touggourt, Algérie). Thèse Magister, Inst. nati. Agro. El Harrach, 156p.
3. **AFNOR. (1999),** Qualité des sols. AFNOR. Paris. Vol 1, 567p.
4. **A.N.R.H. 2017.** Agence national des ressources hydriques de la wilaya d'Ourgla.
5. **ANSAN V., ARBEY F., (2003).** Les adernes et leur minéral. Formes, descriptions et caractérisations du gypse. Ed. Spécial – fontaine, Paris, 75p.
6. **ARTIEDA O., HERRERO J., (1996).** Soils with gypsum. In the central Ebro Valley, Spain. Proc. International Symposium on soils with Gypsum. Llieda, Catalonia, Spain, Field trip guidebook, pp: 1-103.
7. **AUBERT G., (1978).** Méthodes d'analyses des sols. Ed. AFES- INRA, Paris, 185p.
8. **BEN SAÏD R., (1999).** Les sols à accumulations gypso-calcaires de la région de Ain-Benoui (Biskra). Ann. Agron. I.N.A., El-Harrach. Vol.20, n° 1 et 2.
9. **BERGUIGA N., BEDOUI R., (2012).** Contribution à l'étude phytoédaphique des zones humides d'Oued Righ (cas de lac Merdjaja et chott Sidi Slimane). Thèse. Ing. Univ. Ouargla, p79.
10. **BOURAS O. (2003).** Propriétés adsorbants d'argiles pontées organophiles : synthèse et caractérisation.

11. **BOYADGIEV TG., (1985).** Salty soils of arid and semi-arid regions. Sci. Rev. Arid Zone Es. Vol. 3, pp 147. Scientific Publisher Jodhpur.
12. **BOYADGIEV.T.G SAYEGH.A.H, (1992).** Forms of evolution of gypsum in arid soils and soil parent materials *Pédologie*. vol. 42, no2, pp. 171-182
13. **BUREU P., ET ROEDERER P., (1960).** Contribution à l'étude des sols gypseux du sud tunisien: croûtes et encroutements gypseux de la partie sud du Golfe de Gabes (Tunisie), ORSTOM collection de référence n° 10512.
14. **CHAUHUAN R. P. S., (1992).** Comparative efficiency of gypsum and iron pyrites in sodic soil reclamation. Journal of the Indian Society of soil science, 40,2, pp: 404-405.
15. **CORTIN, A., (1969).** Réaménagement de mise en valeur d'Oued-Righ. Etude SOGETHA et SOGREAH, 201p.
16. **DAJOZ R., (1996).** Précis d'écologie. Ed. Durod, Paris 551P.
17. **DAOUD Y., HALITIM A., (1994).** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sécheresse, 5(3), pp : 151-160.
18. **DELAUNOIS A., (2006).** Guide simplifié pour la description des sols.
19. **DEKKICHE D., (1974) :** *Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe* .Thèse Doct, Univ. Gand, 210 p
20. **DJILI, B. (2004).** Etude des sols alluviaux en zones arides. Cas de la Daya d'El-Amied (région de Guerrara), essai morphologique et analytique.
21. **DJILI K., (2000).** Contribution à la connaissance des sols du Nord d'Algérie. Création d'une banque de données informatisées et utilisation d'un système

- d'information géographique pour la spatialisation et la valorisation des données pédologiques. Thèse d'état en sciences agronomiques. INA, El- Harrach, 227p.
22. **DURAND J.H., (1954).** Les sols d'Algérie. Service des études scientifiques. Pédologie, N°2. Nouvelle édition, 140p.
 23. **DURAND J., ET GUYOT, (1955).** Formation de la couche gypseuse du souf (Sahara) .CR .Société .Géo.Fr, n°13, pp141-142.
 24. **DUTIL P., (1971).** Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse Doc. D'Etat, faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346 P.
 25. **ESWARAN, H. et Zi-TONG, G., (1991).** Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. In: Occurrence, characteristics, and genesis of carbonate, gypsum, and silica accumulation in soils. Ed. W. D. Nettleton. Madison, *Soil Science Society of America Publication* 26: 89-119.
 26. **FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., (1980).** Ecologie. Ed. Baillière, Paris, 168p.
 27. **F.A.O., (1990).** Management of Gypsiferous soils. FAO soils Bulletin n° 62, F.A.O, Rome CIHEAM (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 10), Montpellier.
 28. **FARMER V. C. (1968).** Infrared spectroscopy in clay mineral studies. *Clay Minerals* 7: 373-387.
 29. **FARMER, V.C., & RUSSELL, J. D., (1964).** The infra-red spectra of layer silicates. *Spectrochimica Acta* 20: 1149-1173.
 30. **FEDOROFF N., COURTY M., (1989).** Indicateurs pédologiques d'aridification: exemple du Sahara. Bulletin de la Société Géologique de France, 5: 43-53.
 31. **GUYOT.J, DURAND.J.H, (1955)** :L'irrigation des cultures dans l'Oued Righ . *Trav.de l'I.R.S Univ d'Alger*, T.XIII,pp75-130.

32. **HALITIM A., (1988).** Les sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
33. **HAMDI-AISSA, B. (2001).** Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris Grignon, 307p.
34. **HERRERO J., BOIXADERA J., (2002).** Gypsic Soils. Encyclopedia of Soil Science, pp: 635-639.
35. **HERRERO J., PORTA J., (2000).** The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. Geoderma 96, pp: 47-61.
36. **HOUEROU H.N., (1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation. In : *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation.* (Ed. Le Houérou H.N.), pp 1-396.
37. **KADRI A., GALLALI T., (1990).** Contribution à l'étude hydro-pédologique et géochimique des accumulations gypso-salines dans le Nefzaoua, Tunisie Présaharienne. Rivista Di Agricoltura Subtropicale E Tropicale (Ed.), pp : 189-240.
38. **KHADRAOUI, (2006).** Sols et hydrologie agricole dans les oasis algériennes gorges d'El Kantra, 324 p.
39. **MADEJOVÀ J., ET KOMADEL P., (2001).** Baseline studies of the clay minerals society source clays: infrared methods. *Clays and Clay Minerals* 49 (5): 410-432.
40. **MASHALI A., (1995).** Soil management practices for Gypsiferous soils. Land and Water development Division. Workshop on Management of Gypsiferous – Damascus, Syria, pp: 1-21.

41. **MASHALI A., (1996).** Soil management practices for gypsiferous soils. International Symposium on Soils with gypsum.Llieda, Catalonia, Spain, pp: 34-52.
42. **MEDIOUNI K., (1997).** Organisation et potentialités de la diversité biologique algérienne. Min. Envi., Tome II, Projet Alg. / 97/ G31/ FEM/PNUD.
43. **MESGHOUNI R., (2008).** La faune associée aux dattes entreposées dans deux stations de la région de Touggourt (R.A.N.O. / I.N.R.A.) ; Influence des différentes pyrales sur les fruits stockés, Tentative de multiplication des *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Mémoire Ing. Agro, Ouargla, 117p.
44. **MOUSSAOUI R., (1998).** Contribution à l'étude du régime alimentaire de la tourterelle sénégalaise. (*Streptopelia senegalensis*. L., 1758), dans la palmeraie de la cuvette de Ouargla 53p.
45. **MUTIN G., (1977).** La Mitidja, décolonisation et espace géographique .Ed.Office Pub .Univ.Alger, 606P.
46. **NAYAK, P. S. & SINGH, B. K., (2007).** Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. Bulletin of Materials Science 30(3) : 235-238.
47. **O'DONOGHUE M., (1997).** Roches et Minéraux.Ed. Fontaine- Paris, Guide d'identification, 218p.
48. **OZENDA P., (1983).** Flore du Sahara. Ed. C.N.R.S., paris, 622 p.
49. **RAMADE F., (1984).** Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill Inc, Paris, 397p.
50. **PARIKH, S. J., GOYNE, K. W., MARGENOT, A. J., MUKOME, F.N.D. ET CALDERÓN, F. J., (2014).** Soil Chemical Insights Provided through Vibrational Spectroscopy. *Advances in Agronomy*, 126: 1-148.

51. **PETIT S., & MADEJOVÀ J., (2013).** Fourier Transform Infrared Spectroscopy. In: Handbook of Clay Science (Ed. F. Bergaya & G. Lagaly), pp. 213-231, *Developments in Clay Science*, Volume 5, Seconde édition, Elsevier.
52. **POCH R.M., (1992).** Fabric and Physical Properties of gypsic and hypergypsic horizons in the Ebro Valley. Ph.D. Thesis. Universities of Gent.
53. **POUGET M., (1968).** Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud tunisien. Cah. ORSTOM, pédologie n°3-4, pp : 310-365.
54. **RAZI., (2006).** Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par les ray-grass Mém. Mag , univ Batna 194p.
55. **RICHE G., (1976).** Les processus de formation des sols dans le bassin du Wabi Shebelle (Ethiopie). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XIV, pp 227-243.
56. **ROBERT M., & TESSIER M., (1974).** Méthode de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques. *Annales Agronomiques* 25: 859-882.
57. **SAYAH L., (2008).** étude hydraulique du canal oued righ détermination des caractéristiques hydrauliques. p : 30.
58. **TIMPSON M. E., RICHARDSON J. L., KELLER L. P., MCCARTHY G. J., (1986).** Evaporite Mineralogy Associated With Saline Seeps In South Western North Dakota. *Soil. Sci. Soc* Vol 50 Pp490-494.
59. **VANA ALPHAN JG., et ROIS ROMERO F., (1971).** Gypsiferous soils notes on their management .bulletin 12. International institution for land Reclamation and improvement wageningen .Nether lands 44p

60. **WATSON A., (1988).** Desert gypsum crusts as palaeoenvironmental indicators: A micropetrographic study of crusts from southern Tunisia and the central Namib Desert. *Journal of Arid Environments* 15: 19-42p.
61. **YOUCEF F., (2006).** Indicateurs paléo-écologiques dans les sols des bassins endoréiques (Sebkhaet Daya) du Sahara septentrional. Exemple des Sebkhas d'Ouargla et Mellala et de la Daya d'El-Amide. Mémoire Mag, université d'Ouargla, 86p.
62. **YOUCEF, F., (2016).** Contribution à la reconstitution du paléoenvironnement au Sahara septentrional dans les sols de bassins endoréiques: Cas de la région d'Ouargla. Thèse. Université Kasdi Merbah Ouargla.

Références électroniques

1. **GOOGLE EARTH, 2018.**
2. **GOOGLE, 2018.**



Annexes

Annexes

Annexe I: Echelles d'interprétation

Tableau I: Classe des sols gypseux **BARZANJI, (1973)**

Gypse (%)	Nom de classe
< 0.3	Non gypseux
0.3 à 10	Légèrement gypseux
10 à 15	Modérément gypseux
15 à 25	Extrêmement gypseux

Tableau II: Echelle de calcaire totale **BAIZE, (2000)**

CaCO ₃ total	Classe d'interprétation
0 < CaCO ₃ < 5%	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ < 15%	Moyennement calcaire
15 < CaCO ₃ < 30%	Sol calcaire
CaCO ₃ > 30%	Très calcaire

Tableau II : Echelle de salinité -extrait 1/5 **AUBER, (1978)**

Degré de salinité	CE (ds/m) à 25 °C
≤ 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 IV: Echelle d'interprétation de pH -extrait 1/5 **AUBERT, (1978)**

Valeur de pH	Classe d'interprétation
<4.5	Extrêmement acide
4.5 -5.0	Très fortement acide
5.1 -5.5	Fortement acide
5.6 -6.0	Moyennement acide
6.1 -6.5	Légèrement acide
6.6 -7.0	Très légèrement acide
7.1 -7.5	Très légèrement alcalin
7.6 -8.0	Légèrement alcalin
8.1-8.5	Moyennement alcalin
>8.5	Très fortement alcalin

Tableau V: Echelle d'interprétation de la matière organique (%) **MORAND, (2001)**

MO %	Nom de classe
0.5 à 1 %	Très faible en M O
1 à 2 %	Faible en M O
2 à 3 %	Moyenne en M O
3 à 5 %	Elevée en M O
> 5 %	Très élevée en M O

Annexe II : Bilan ionique**Tableau I :** Bilan ionique de coupe **P1G**

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na⁺	K⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺	Cl⁻	HCO⁻	SO₄⁻²	
P1H1G	0-10	45,5	0,25	5,3	15,16	33,5	4	43,14	Sulfaté-sodique
P1H2G	10-60	27,44	0,22	4,93	10,22	34,5	5	39,29	Sulfaté-sodique
P1H3G	60-155	30,84	0,26	5,3	10,93	36,5	2	23,5	Chloruré-sodique
P1H4G	155-200	60,55	0,46	9,54	25,32	39,5	2	21,79	Chloruré-sodique

Tableau II : Bilan ionique de coupe **P2G**

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na⁺	K⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺	Cl⁻	HCO⁻	SO₄⁻²	
P2H1G	0-10	45,35	0,31	8,43	20,79	22,5	8	41,43	Sulfaté-sodique
P2H2G	10-57	30,47	0,36	7,49	10,7	20,5	4	24,32	Sulfaté-sodique
P2H3G	57-90	24,95	0,37	4,56	12,28	22,5	1	17,23	Chloruré-sodique
P2H4G	90-130	18,46	0,48	6,61	8,21	22,5	4	24,29	Sulfaté-sodique
P2H5G	130-200	12,28	0,31	5,8	5,14	23,5	3	20,92	Chloruré-sodique

Tableau III : Bilan ionique de la coupe P3G

Echan.	Prof. (cm)	les cations (még/l)				les anions (még/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P3H1G	0-95	54,24	2,32	9,98	19,40	29,5	2	56,83	Sulfaté-sodique
P3H2G	95-160	35,31	2,32	8,98	19,72	34,5	3	44,11	Sulfaté-sodique
P3H3G	160-200	25,55	1,00	5,37	15,36	33,5	2	22,27	Chloruré-sodique

Tableau IV: Bilan ionique de la coupe P4G

Echan.	Prof. (cm)	les cations (még/l)			les anions (még/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P4H1G	0-40	70,86	1,29	36,97	64,5	6	62,91	Chloruré-Sodique
P4H2G	40-60	19,41	0,22	10,69	61,5	3	41,94	Chloruré-Sodique
P4H3G	60-155	30,30	0,31	14,44	56,5	4	24,82	Chloruré-Sodique
P4H4G	155-200	220,43	4,48	80,97	185,5	2	28,23	Chloruré-Sodique
P4H5G	200-230	7,07	2,11	3,64	74,5	3	48,82	Chloruré-Sodique

Tableau V: Bilan ionique de la coupe P5G

Echan.	Prof. (cm)	les cations (még/l)				les anions (még/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P5H1G	0-20	60,54	0,14	4,12	25,34	21,50	2,00	41,46	Sulfaté-sodique
P5H2G	20-40	50,44	1,03	6,30	23,48	22,50	4,00	38,04	Sulfaté-sodique
P5H3G	40-60	40,44	0,28	4,99	19,20	22,50	4,00	24,99	Sulfaté-sodique
P5H4G	60-85	25,54	0,57	5,56	9,32	21,50	3,00	22,97	Sulfaté-sodique
P5H5G	85-115	15,00	1,75	9,30	4,90	26,50	5,00	24,29	Chloruré-sodique
P5H6G	115-160	20,45	4,22	12,98	7,23	23,50	3,00	26,77	Sulfaté-sodique
P5H7G	160-230	28,29	3,25	17,28	14,11	26,50	1,00	27,52	Sulfaté-sodique

Tableau VI : Bilan ionique de coupe P6G

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P6H1G	0-40	22,94	0,41	6,68	10,38	41,50	1,00	27,52	Chloruré-sodique
P6H2G	40-50	38,59	1,41	9,55	12,72	36,50	7,00	26,80	Chloruré-sodique
P6H3G	50-85	24,24	0,79	7,61	8,22	34,50	4,00	43,45	Sulfaté-sodique
P6H4G	85-105	32,29	1,69	10,80	14,63	40,50	4,00	27,44	Chloruré-sodique
P6H5G	105-200	35,50	1,27	8,98	15,21	38,50	9,00	15,47	Chloruré-sodique
P6H6G	200-240	57,11	2,53	14,60	23,68	43,50	8,00	2,33	Chloruré-sodique

Tableau VII : Bilan ionique de coupe P1T

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P1H1T	0-28	1,95	0,34	5,24	0,92	56,50	2,00	56,18	Chloruré-calcique
P1H2T	28-95	40,79	0,63	13,91	18,17	62,50	5,00	47,97	Chloruré-sodique
P1H3T	95-148	211,05	2,31	42,92	50,23	55,50	2,00	30,93	Chloruré-sodique
P1H4T	148-180	39,16	3,06	15,22	18,57	138,50	2,00	15,21	Chloruré-sodique

Tableau VIII : Bilan ionique de coupe P2T

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P2H1T	0-20	14,30	0,77	11,86	6,44	65,50	1,00	42,85	Chloruré-sodique
P2H2T	20-122	30,07	0,66	10,30	23,98	58,50	2,00	37,59	Chloruré-sodique
P2H3T	122-160	87,79	1,38	22,03	48,62	92,50	3,00	18,14	Chloruré-sodique

Tableau IX : Bilan ionique de coupe P3T

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P3H1T	0-45	38,10	0,31	6,67	15,51	24,50	2,00	37,06	Sulfaté-sodique
P3H2T	45-125	27,83	0,67	10,98	10,84	21,50	1,00	41,60	Sulfaté-sodique
P3H3T	125-170	29,30	1,18	12,66	12,92	22,50	2,00	39,76	Sulfaté-sodique

Tableau XII : Bilan ionique de coupe P1S

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P1H1S	0-20	2,61	0,3	8,3	1,16	21,5	1	69,79	Sulfaté-calcique
P1H2S	20-100	1,36	0,88	8,11	0,75	22,5	3	58,24	Sulfaté-calcique
P1H3S	100-117	50,58	0,66	14,16	22,66	69,5	2	28,45	Chloruré-sodique
P1H4S	117-130	104,43	1,72	21,82	27,62	67,5	4	26,51	Chloruré-sodique
P1H5S	130-155	81,04	2,11	22,27	23,2	59,5	9	28,98	Chloruré-sodique
P1H6S	155-160	42,42	1,05	13,04	17,62	53,5	9	23,36	Chloruré-sodique
P1H7S	160-190	174,06	2,81	22,65	50,36	91,5	6	20,09	Chloruré-sodique

Tableau XIII : Bilan ionique de coupe P2S

Echan.	Prof. (cm)	les cations (méq/l)				les anions (méq/l)			Faciès géochimique
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	HCO ⁻	SO ₄ ⁻²	
P2H1S	0-20	64,25	0,99	14,21	1,15	47,50	1,00	39,01	Chloruré-sodique
P2H2S	20-35	78,02	1,49	17,27	3,55	112,50	2,00	20,64	Chloruré-sodique
P2H3S	20-100	73,96	3,12	35,67	2,15	87,50	1,00	20,37	Chloruré-sodique

Annexe III : Granulométries

Tableau I : Granulométrie de la coupe P1G

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)						Texture
		A	LF	LG	STF	SM	SG	
P1H1G	0-10	2,69			6,37	73,15	16,66	Sableux
P1H2G	10-60	1,2			13,22	84,08	1,47	Sableux
P1H3G	60-155	1,76			18,03	73,8	6,39	Sableux
P1H4G	155-200	24,59			22,58	40,52	6,41	Sable-limoneux

Tableau II : Granulométrie de la coupe P2G

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P2H1G	0-10	1,52			43,54	37,04	26,89	Sableux
P2H2G	10-57	2,99			29,6	56,13	11,25	Sableux
P2H3G	57-90	8,63			30,88	57,91	2,55	Sableux
P2H4G	90-130	1,46			25,9	50,43	22,19	Sableux
P2H5G	130-200	1,75			49,6	42,08	6,55	Sableux

Tableau III : Granulométrie de la coupe P3G

Echa	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P3H1G	0-95	27,45			20,4	15,2	30,12	Sable-limoneux
P3H2G	95-160	3,25			45,06	26,41	25,27	Sableux
P3H3G	160-200	3,25			55,44	40,06	1,23	Sableux

Tableau IV : Granulométrie de la coupe P4G

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P4H1G	0-40	6,06			15,41	17,29	61,22	Sableux
P4H2G	40-60	29,825	9,6	30,6	10,765	24,06		Limon-limoneux
P4H3G	60-155	29,725	10,5	27,55	18,07	18,92		Limon-limoneux
P4H4G	155-200	2,83			62,28	19,11		Sableux
P4H5G	200-230	2,16			81,89	13,44		Sableux

Tableau V : Granulométrie de la coupe P5G

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)						Texture
		A	LF	LG	STF	SM	SG	
P5H1G	0-20	4,17			22,62	25,59	47,61	Sableux
P5H2G	20-40	25,72	18,62	2,6	17,13	11,72		Argile-limoneux
P5H3G	40-60	25,32			45,6	10,51	4,28	Sableux
P5H4G	60-85	5,78			54,54	23,23	16,42	Sableux
P5H5G	85-115	1,18			47,49	42,02	9,3	Sableux
P5H6G	115-160	0,62			45,81	50,9	2,65	Sableux
P5H7G	160-230	2,47			50,22	38,97	8,33	Sableux

Tableau VI : Granulométrie de la coupe P6G

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)						Texture
		A	LF	LG	STF	SM	SG	
P6H1G	0-40	5,56			23,72	27,88	42,81	Sableux
P6H2G	40-50	15,8	12,5	30,49	12,47	25,47		Limon-sableux
P6H3G	50-85	6,06			15,41	17,29	61,22	Sableux
P6H4G	85-105	34,52	34,4	0,42	8,88	2,28		Argilo-limoneux
P6H5G	105-200	35,42	12,5	35,32	0,18	3,45		Argilo-limoneux
P6H6G	200-240	1,14	25,6	11,56	19,12	21,95		Limon-sableux

Tableau VII : Granulométrie de la coupe P1T

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)						Texture
		A	LF	LG	STF	SM	SG	
P1H1T	0-28	14,54			15,59	17,62	52,22	Sableux
P1H2T	28-95	21,07			17,53	16,18	45,2	Sableux
P1H3T	95-148	15,1	24,3	24,57	12,65	20,89		Limon-Sableux
P1H4T	148-180	4,77	30,17	25,05	13,72	15,66		Limon-Sableux

Tableau VIII : Granulométrie de la coupe P2T

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P2H1T	0-20	2,01			46,9	15,66	35,45	Sableux
P2H2T	20-122	18,08			23,48	14,93	43,49	Sableux
P2H3T	122-160	25,23			40,2	15,12	1,05	Sableux

Tableau IX: Granulométrie de la coupe P3T

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P3H1T	0-45	2,7			7,83	27,6	61,85	Sableux
P3H2T	45-125	24,81			16,43	23,32	35,51	Sableux
P3H3T	125-170	32,92	20,57	18,9	8,7	4,53		Argileux

Tableau X : Granulométrie de la coupe P1S

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P1H1S	0-20	2,73			26,24	19,67	51,33	Sableux
P1H2S	20-100	2,59			65,26	17,47	14,67	Sableux
P1H3S	100-117	1,22			95,3	2,17	0,76	Sableux
P1H4S	117-130	5,31			77,73	10,89	6,05	Sableux
P1H5S	130-155	0,26			74,67	22,7	2,35	Sableux
P1H6S	155-160	0,93			92,19	5,22	1,64	Sableux
P1H7S	160-190	11,23			66,81	21	0,94	Sableux

Tableau XI : Granulométrie de la coupe P2S

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture	
		A	LF	LG	STF	SM		SG
P2H1S	0-20	9,52			59,14	8,05	23,28	Sableux
P2H2S	20-35	2,03			84,37	3,61	9,98	Sableux
P2H3S	20-100	4,36			67,54	10,79	17,29	Sableux

Annexe IV : Les données analytiques

Tableau I : Données analytiques de la coupe P1G

Echan.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	MO (%)	pH	CE (ds/m à 25°C)
P1H1G	0-10	7,14	19,4	1,4	8,3	4,37
P1H2G	10-60	0,32	18,41	0,92	8,13	2,27
P1H3G	60-155	0,36	6,41	1,93	8,16	2,6
P1H4G	155-200	36,41	8,65	0,87	8,13	2,52

Tableau II : Données analytiques de la coupe P2G

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P2H1G	0-10	2,06	17,56	1	8,22	2,79
P2H2G	10-57	1,51	9,29	1,19	8,19	4,03
P2H3G	57-90	0,13	5,3	1,48	8	2,25
P2H4G	90-130	0,18	3,37	0,95	8,15	3,01
P2H5G	130-200	0,45	1,75	0,76	8,22	3,01

Tableau III : Données analytiques de la coupe P3G

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P3H1G	0-95	0,45	47,22	0,84	8,16	4,93
P3H2G	95-160	5,49	11,98	2,16	8,01	5,36
P3H3G	160-200	0,27	11,07	0,60	8,32	2,44

Tableau IV : Données analytiques de la coupe P4G

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P4H1G	0-40	17,71	40,37	0,21	8,01	3,48
P4H2G	40-60	21,37	14,43	0,63	8,17	6,48
P4H3G	60-155	0,77	10,99	1,00	7,8	18,08
P4H4G	155-200	11,45	2,66	0,92	7,47	18,04
P4H5G	200-230	0,21	3,36	0,55	8,00	11,22

Tableau V : Données analytiques de la coupe P5G

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P5H1G	0-20	0,61	40,32	0,26	8,15	3,51
P5H2G	20-40	0,18	51,13	0,39	7,99	2,78
P5H3G	40-60	23,38	15,2	0,71	8,05	2,84
P5H4G	60-85	16,29	12,54	0,21	8,24	3,46
P5H5G	85-115	0,11	12,1	0,18	7,83	2,73
P5H6G	115-160	0,14	11,97	0,21	8,15	3,64
P5H7G	160-230	0,18	2,21	1,45	8,04	7,06

Tableau VI : Données analytiques de la coupe P6G

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P6H1G	0-40	80,78	12,54	0,76	8,04	3,35
P6H2G	40-50	0,33	18,15	2,45	4,15	4,57
P6H3G	50-85	0,14	43,88	1,21	8,03	3,21
P6H4G	85-105	36,73	9	2,11	8,32	5,09
P6H5G	105-200	38,5	13,87	0,39	8,07	6,05
P6H6G	200-240	0,33	12,54	0,50	8,12	7,32

Tableau VII : Données analytiques de la coupe P1T

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P1H1T	0-28	0,13	46,90	0,1	8,3	7,37
P1H2T	28-95	0,18	33,92	0,66	8	15,4
P1H3T	95-148	7	17,71	0,69	8,2	3,99
P1H4T	148-180	0,13	3,83	0,79	7,7	4,9

Tableau VIII : Données analytiques de la coupe P2T

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O.(%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P2H1T	0-20	0,41	40,62	1,21	7,95	2,98
P2H2T	20-122	0,73	45,99	0,05	8,01	5,36
P2H3T	122-160	0,77	1,91	1,13	7,85	18,13

Tableau IX : Données analytiques de la coupe P3T

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P3H1T	0-45	4,12	39,71	0,13	8,05	9,58
P3H2T	45-125	1,83	72,15	1,13	8,13	3,23
P3H3T	125-170	7,09	6,05	0,07	8,04	4,58

Tableau X : Données analytiques de la coupe P1S

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P1H1S	0-20	0,60	79,70	0,84	8,09	2,71
P1H2S	20-100	1,64	24,64	0,74	7,35	7,53
P1H3S	100-117	0,28	15,05	1,11	8,16	13,66
P1H4S	117-130	21,79	3,69	1,42	7,6	13,3
P1H5S	130-155	1,64	30,70	1,42	7,65	11,97
P1H6S	155-160	3,51	12,98	0,34	7,95	2,84
P1H7S	160-190	4,45	6,19	1,11	8,48	20,97

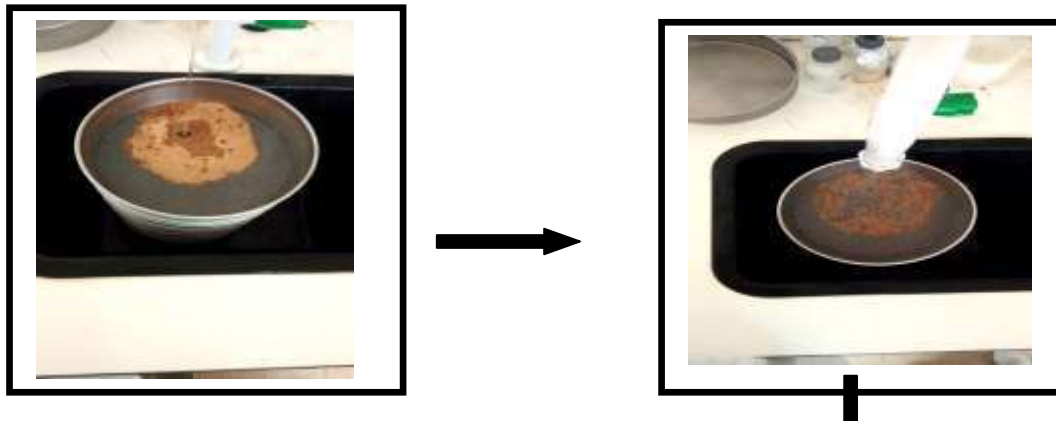
Tableau XI : Données analytiques de la coupe P2S

Echa.	Prof. (cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	M.O. (%)	pH	CE (ds/m) à 25°C
P2H1S	0-20	0,51	36,24	1,74	8,03	12,51
P2H2S	20-35	0,79	19,18	1,21	8,09	5,81
P2H3S	20-100	2,34	18,89	1,58	8,27	17,42

Annexe V : Les photos des analyses chimiques et physicochimiques



Photo 1 : analyse granulométrique à pipette robinson



Boukarkar et Mimouni

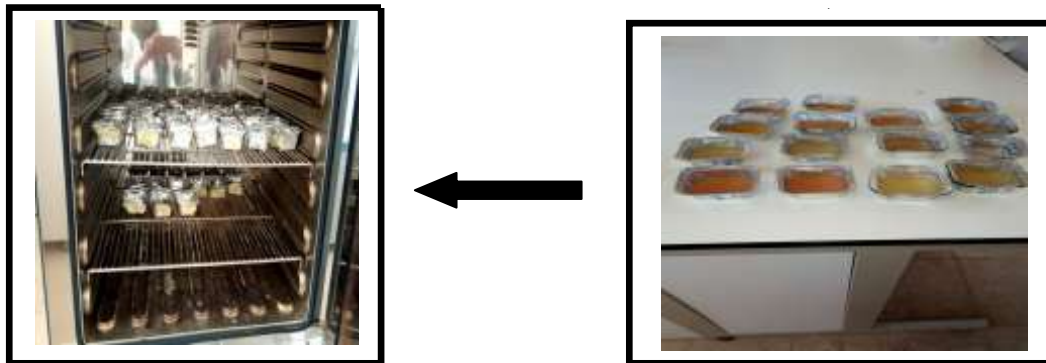


Photo 2 : analyse granulométrique à voie humide



Mimouni et Boukarkar



Boukarkar et Mimouni

Photo 3 : analyse de CE et PH



Photo 4 : Le dosage de la matière organique



Photo 5: Le dosage du calcaire total



Mimouni et Boukarkar

Photo 6 : Dosage du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



Mimouni et Boukarkar

Photo 7 : Dosage des cations Dosage des cations par photomètre à flamme



Mimouni et Boukarkar

Photo 8 : dosage de Sulfates (SO_4^{2-})

Contribution à l'étude des sols gypseux au Sahara septentrional : cas de la région de Touggourt

Résumé

Cette étude a porté sur une contribution à la connaissance des sols du Sahara en général et des sols gypseux en particulier.

A travers l'étude morpho- analytique effectuée sur les Onze coupes choisies dans la région d'étude nous avons trouvé que la fraction de sable fin est dominante. Le pH du sol est légèrement à moyennement alcalin, la salinité très élevée. L'étude a également montré que le faciès géochimique du sol diffère entre : sulfaté- sodique et chloruré-sodique, Le sol est non à modérément calcaire, la matière organique très faible sauf P6H2G et l'étude par infrarouge des argiles ont révélés l'existence des minéraux argileux suivants: la palygorskite, l'illite, la montmorillonite et la kaolinite.

D'après les résultats obtenus, la région de Touggourt est caractérisée par des sols gypseux à forte proportion de gypse se présentant sous différentes formes d'accumulation qui sont les croûtes et l'encroûtement gypseux, les cristaux, les rosettes de sable, les amas, les nodules, les manchon gypseux, les bancs, et les plaques de gypse indiquant soit une origine d'activité biologique sur les anciennes racines, ou une paléo-nappe ou des dépôts de précipitation par les eaux de ruissellement. Donc on peut dire que ces accumulations sont le résultat de fluctuation des conditions climatiques arides et d'autres plus humides.

A partir des classifications française, on classé ces sols aux classes des sols calcimagnésique sous classe des sols gypseux pour les majorités des coupes

Mots clés : Sol, Gypse, Accumulation de gypse, Sahara septentrional, Touggourt

Contribution to the study of gypsum soils in the northern Sahara: case of the Touggourt region

Abstract

This study focused on a contribution to the knowledge of Saharan soils in general and gypsum soils in particular. Through the morpho-analytic study carried out on the eleven slices selected in the study area we found that the fraction of fine sand is dominant. The pH of the soil is slightly to moderately alkaline, the salinity very much washed. The study also shows that soil geochemical facies differs between: Sodium sulfates and Sodium Chloride, The soil is non-moderately calcareous, the organic matter very weak except P6H2G and the infrared study of clays revealed the existence the following clay minerals: palygorskite, illite, montmorillonite and kaolinite.

According to the results obtained, the Touggourt region is characterized by gypsum soils with a high proportion of gypsum occurring in different forms of accumulation which are the crusts and gypsum encrusting, the crystals, the sand rosettes, the clusters, nodules, gypsum sheaths, shoals, and gypsum slabs indicating either an origin of biological activity on the old roots, or a paleo-nappe or precipitation deposits by runoff. So we can say that these accumulations are the result of fluctuating arid climatic conditions and others wetter. In addition to the French classifications, these soils are classed as calcimagnetic soils under the class of gypsum soils for the majorities of the cuts.

Keywords: Soil, Gypsum, Gypsum accumulation, Northern Sahara, Touggourt

مساهمة في دراسة التربة الجبسية في الصحراء الشمالية: حالة منطقة تقرت

ملخص

ركزت هذه الدراسة على مساهمة في معرفة التربة الصحراوية بشكل عام وتراب الجبس بشكل خاص

من خلال دراسة تحليلية المورفولوجية لأحد عشر مقاطع مختارة في منطقة الدراسة وجدنا أن جزء من الرمل الناعم هو المهيمن. درجة الحموضة في التربة قليلا إلى معتدلة القلوية، و تحوي الكثير من الملح. وتظهر الدراسة أيضا أن الشحنة الجيوكيميائية للتربة تختلف بين : كبريتات الصوديوم كلوري الصوديوم و التربة من ليست الى معتدلة التربة الجيرية و أن المادة العضوية منخفضة جدا باستثناء P6H2G

وأظهرت دراسة الأشعة تحت الحمراء للطين قد كشفت عن وجود المعادن الطينية التالية : kaolinite و montmorillonite ،illite ،palygorskite

من النتائج التي تم الحصول عليها أيضا أن منطقة تقرت تتميز بالتربة الجبسية مع وجود نسبة عالية من الجبس بأشكال مختلفة من تراكم التي هي القشور وتقرت الجبس والبلورات، ومجموعات الرمال الوردية، العقيدات، كم الجبس، ومقاعد، وألواح الجبس تشير إما ان النشاط البيولوجي الأصلي على الجذور القديمة، أو الودائع هطول الأمطار و الجريان السطحي. لذا يمكننا القول أن هذه التراكمات هي نتيجة للتقلبات المناخية القاحلة والرطوبة

صنفنا أغلبية هذه التربة على حسب التقسيمات الفرنسية الى التربة الكالسيومغيسومية تحت فرع التربة الجبسية.

الكلمات المفتاحية: تربة، جيبس، تراكم الجيبس، الصحراء الشمالية، تقرت