

UNIVERSITE KASDIMERBAH-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 : NAILI Fatima Zohra

Thème

**Étude paléopédologique de quelques sols de la région
de Touggourt (Sahara septentrional algérien)**

Soutenu publiquement

Le : 25/ 0 5/2017

Devant le Jury :

Président	M^{elle} OMIERI N	M.C.B. (U. K.M.Ouargla)
Promoteur	M^{me} YUCEF F	M.C.B. (U. K.M.Ouargla)
Co-Promoteur	M. HAMDI AISSA B	Prof. (U. K.M.Ouargla)
Examineur	M DJILI B.	M.A.A.(U. K.M.Ouargla)

Année Universitaire : 2016/2017

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon cher
père.*

*A l'être le plus chère au monde, ma mère qui m'a toujours
offert ses aides morales durant mes études.*

A celle qui est comme une deuxième mère pour moi DJEMAA

A mon grand père

A mon seul frère : IBRAHIM

A mes sœurs YAMINA, HALIMA, SOMIA, SOUAD

A les enfants TAYEB, YASSIN, MOAÏED, RAIFAN

A mes oncles et tantes chacun son nom.

A tout ma famille.

A mes amies intimes: MESSAOUDA B, SABRIN D.

A mes chères amies HAMIDA T, ASMA L, FATIMA G,

KARIMA G.

*A toute la promotion de la 2^{ém} Master protection de
la ressources sol et eau, ainsi que tous les étudiants de la faculté des
sciences de la nature et de la vie (ITAS).*

Fatima Zohra

Remerciements



Au terme de ce travail je remercie DIEU le tout puissant pour m'avoir donnée le courage, la force et la persistance pour finaliser ce travail dans les meilleurs conditions.

J'exprime mes remerciements et ma gratitude à M^{me} YOUCEF Fouzia Maître de conférences à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla pour m'avoir guidée et encouragée pendant toute la durée de mon travail, ainsi qu'à la confiance qu'elle m'a attribuée tout au long de mon étude. Je remercie particulièrement mon Co-promoteur Mr. HAMDI-AISSA B., professeur à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla pour sa patience, ses conseils et ses aides tout au long de ce travail.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements aux membres du jury d'avoir accepté de lire et d'évaluer ce mémoire.

Mes remerciements à M^{lle} OMEIRI Nawel pour avoir acceptée de présider ce jury.

Je remercie aussi Mr DJILI Ibrahim d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Je voudrai remercier du plus profond de mon cœur: Mr KARRABI M. ; Mr DADDIBOUHOUN M. ; Mr BERKAL I.; et tout les professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Kasdi MERBAH d'Ouargla, pour leurs innombrables services durant nos études.

Nous remercions également les personnels des laboratoires pédagogiques surtout Mr Laïche.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à l'équipe de CRSTRA de Touggourt pour m'aider à faire certaines analyses et surtout M^{me} HELLIMI Samia.

Liste des abréviations

BL : Blidet amour.

Calc T : Calcaire Total.

Echa : Échantillon.

IRTFS : spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier.

M.O : Matière Organique.

mm/an : millimètre par an.

Prof : profondeur.

Tm : Temacine.

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la situation géographique de Touggourt (Abid et Derdouri, 2014).....	4
Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен appliqué à la région de Touggourt (2006 -2015).	7
Figure 3 : Climagramme d'EMBERGER.	8
Figure 4: approche méthodologique.....	12
Figure 5 : la situation géographique des zones de Temacine et Blidet Amor.	13
Figure 6: les étapes de l'extraction des argiles Selon Robert et Tessier (1974).....	17
Figure 7 : les étapes de la préparation des pastilles de KBr.	18
Figure 8 : Granulométrie du profile Tm1.	21
Figure 9 : Variation du calcaire total, du gypse et de la MO en fonction de la profondeur (Profil Tm1).....	222
Figure 10: Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil Tm2).	25
Figure 11: Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm2).	266
Figure 12: Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Tm3).	30
Figure 13 : Variation du calcaire total, du gypse, et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm3).....	30
Figure 14 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil Tm4). ..	34
Figure 15 : Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm3).....	35
Figure 16 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil BL1).	38
Figure 17 : Variation du calcaire total, du gypse et de la MO, en fonction de la profondeur (Profil BL1).	399
Figure 18 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil BL2).	422
Figure 19 : Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil BL2).	433
Figure 20 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H1.....	455
Figure 21 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H2.....	466
Figure 22 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H3.....	466
Figure 23 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H4.....	477

Figure 24 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H5.....	477
Figure 25 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon BL1H1	488
Figure 26 : Relation entre le calcaire et le gypse dans la région de Touggourt.	53

Liste des photos

Photo 1: Exemple de la description du profil d'un sol.....	14
Photo 2: Chambre intérieure de FTIR et le porte-échantillon.....	18
Photo 3 : Le profil Tm1.....	19
Photo 4 : la coupe de Tm2.....	23
Photo 5 : La coupe Tm3.....	27
Photo 6 : Le profil Tm4.....	322
Photo 7 : Profil BL1	366
Photo 8 : Le profil BL2	40

Liste des tableaux

Tableau 1: Données climatiques de la région de Touggourt (2006 -2015).....	5
Tableau 2: Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm1.....	21
Tableau 3: Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm2.....	245
Tableau 4 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm3.....	29
Tableau 5 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm4.....	344
Tableau 6 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe BL1.....	388
Tableau 7 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe BL2.....	422

Table des matières

Introduction	1
<i>Chapitre I : présentation de la région d'étude.</i>	
I.1. Localisation géographique	4
I.2. Relief.....	4
I.3. Climat.....	5
I.3.1. Données climatiques	5
I.3.1.1. Pluviométrie	6
I.3.1.2. Humidité de l'air	6
I.3.1.3. Températures.....	6
I.3.1.4. Vents	6
I.3.1.5. Evaporation	6
I.3.2. Classification du climat.....	7
I.3.2.1. Diagramme Ombrothermique	7
I.3.2.2. Climagramme d'Emberger.....	7
I.4. Géologie	8
I.5. Géomorphologie et Topographie	9
I.5. Pédologie.....	9
I.6. Hydrogéologie.....	9
I.6.1. Nappe phréatique ou nappe libre	10
I.6.2. Nappe du continental Intercalaire	10
I.6.3. La nappe du complexe Terminal.....	10
<i>Chapitre II : Matériel et méthodes.</i>	
II.1. Approche méthodologique	12
II.2. Choix des sites d'étude.....	12
II.3. Présentation des sites d'étude.....	13
II.4. Pratique sur le terrain.....	13
II.4.1. Description morphologique des profils	13
II.4.2. Echantillonnage	14
II.5. Pratique au laboratoire.....	15

II.5.1. Conductivité électrique (CE)	15
II.5.2. pH _{1/5}	15
II.5.3. Granulométrie	15
II.5.4. Calcaire totale	16
II.5.5. Dosage du gypse	16
II.5.6. Matière organique	16
II.5.7. Etude minéralogique des argiles par Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)	16
II.5.7.1. Séparation de la fraction argileuse	16
II.5.7.2. Etude par Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF)	17

Chapitre III : Résultats

III.1. Caractérisation morphologiques et analytiques des profils étudiés	19
III.1.1. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe Tm1	19
III.1.1.1. Description morphologique	19
III.1.1.2. Données analytiques	20
III.1.1.3. Interprétation	22
III.1.2. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm2	23
III.1.2.1. Description morphologique	23
III.1.2.2. Données analytiques	24
III.1.2.3. Interprétation	26
III.1.3. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm3	27
III.1.3.1. Description morphologique	27
III.1.3.2. Données analytiques	29
III.1.3.3. Interprétation	31
III.1.4. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm4	32
III.1.4.1. Description morphologique	32
III.1.4.2. Données analytiques	33
III.1.4.3. Interprétation	35
III.1.5. Caractérisation morphologique et analytique du profil BL1	36
III.1.5.1. Caractérisation morphologique	36
III.1.5.2. Données analytiques	37
III.1.5.3. Interprétation	39
III.1.6. Caractérisation morphologique et analytique du profil BL2	40
III.1.6.1. Description morphologique	40

III.1.6.2. Données analytiques.....	41
III.1.6.3. Interprétation	43
III.2. Résultats de l'étude minéralogique des argiles par spectroscopie IRTF	44

Chapitre IV : Discussion

IV.1. Les coupes de Temacine : Tm1 et Tm2	48
IV.2. La coupe Tm3	48
IV.3. La coupe Tm4	48
IV.4. La coupe de Blidet Amour : BL1	49
IV.5. La coupe de Blidet Amour: BL2	49
IV.6. Les fentes de dessiccation et la stratification des couches	49
IV.7. Les accumulations du calcaire dans le sol	50
IV.8. Les accumulations du gypse dans le sol.....	51
IV.9. Interaction gypse- calcaire	52
IV.10. Minéralogie des argiles	53
Conclusion.....	55
Références bibliographiques	57

Annexe

Résumé

Introduction

Introduction

Les sols développés sur des surfaces récentes ont subi l'action d'une seule phase climatique, de caractéristiques voisines des conditions dans lesquelles ils se trouvent aujourd'hui; ce sont les sols actuels normalement développés. Mais de telles surfaces sont limitées et, dans la plupart des cas, on est en présence de vieilles surfaces qui ont pu subir successivement l'action de phases climatiques différentes du climat actuel (CAMUZARD, 2001).

En effet, le sol joue un rôle fondamental dans le fonctionnement présent et passé de la biosphère, et comme support des écosystèmes terrestres. En conséquence, l'étude des sols du passé, c'est-à-dire celle des paléosols et des sols reliques, offre des possibilités considérables pour réaliser des reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques et présente de nombreux avantages comparativement aux autres disciplines traitant du paléoenvironnement (FEDOROFF ET COURTY, 2002).

La formation des sols sahariens est due à l'influence du vent sur la roche mère, avec un régime hydrique hyperaride, ils connaissent une très faible évolution, une couverture pédologique globale qui présente une grande hétérogénéité. Le climat avec ses caractéristiques particulières exerce une faible action sur la pédogenèse en favorisant la formation des sols minéraux bruts d'ablation en position topographique haute à forte concentration d'éléments grossiers formant un paysage de reg (DAOUD ET HALITIM, 1994).

Cependant, le climat du Sahara n'a pas toujours été tel qu'il se présente aujourd'hui, mais il a subi des oscillations se traduisant en définitive par un assèchement progressif. De même que les régions tempérées ont subi au cours du Quaternaire une alternance entre périodes humides « pluviaux » et périodes sèches « interpluviaux » (OZENDA, 1977).

D'après Riser (1999), les paléosols des déserts chauds appartiennent à plusieurs familles géochimiques définies par un ou plusieurs éléments majeurs (fer, silice, carbonates ou sulfates) et par des minéraux argileux caractéristiques: kaolinite, smectite ou argiles évaporitiques.

Au Sahara, tous les auteurs s'accordent pour considérer que les accumulations carbonatées sont héritées de périodes plus humides (FEDOROFF ET COURTY, 1989). Ces

accumulations constituent donc, un archivage des fluctuations entre des conditions subhumides et semi-arides (DUTIL, 1971; FEDOROFF ET COURTY, 1989 ; RISER, 1999).

En conditions d'aridité extrême du Sahara, les eaux sont trop rares pour véhiculer les ions nécessaires à la formation de grandes accumulations de gypse et de sels solubles, à l'exception des vallées, comme celles de l'oued Rhir et aussi le Souf (FEDOROFF ET COURTY, 1989). 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).

L'atout majeur des sols du milieu désertique ($P < 100$ mm/an) réside dans une mémoire hiérarchisée, c'est-à-dire que les sols conservent des caractères de fonctionnements passés qui peuvent être classés selon une chronologie événementielle (FEDOROFF ET COURTY, 2002).

Différentes méthodes permettent d'obtenir des informations, qualitatives ou quantitatives, sur les conditions paléoenvironnementales et paléoclimatiques à partir de l'étude des paléosols. Nous les divisons en deux types :

- Les approches descriptives, basées uniquement sur l'observation des caractéristiques des profils paléopédologiques sur le terrain et leurs relations avec les dépôts sédimentaires;
- Les approches analytiques qui nécessitent la mise en place de protocoles expérimentaux.

Plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude des sols de la région de Touggourt, la plupart ont porté essentiellement sur une caractérisation générale des propriétés du sol (DUTIL, 1971; SOGREAH, 1971; ABID, 1995; HALILLAT, 1998), cependant, très peu d'étude (BOUMAARAF, 2013) ont eu comme objectif une reconstitution des changements paléoenvironnementaux.

L'objectif de ce travail, est une contribution à l'étude des sols de la région de Touggourt, en appliquant une approche paléopédologique. Il s'agit donc d'étudier certaines propriétés du sol; morphologique sur terrain et analytique et minéralogique au laboratoire, pour essayer de comprendre les conditions de formation de certaines propriétés pédologiques, dans le but de faire des reconstitutions de changements paléoenvironnementaux qui ont touchés la région d'étude.

L'accent sera mis sur l'étude des accumulations de gypse et de calcaire ainsi que les minéraux argileux qui caractérisent les sols de Touggourt.

Ce travail est subdivisé en quatre chapitres :

- Le chapitre 01, est consacré à la présentation de la région d'étude;
- Le chapitre 02, est réservé à la présentation des sites et des profils étudiés et aux méthodes mises en place sur terrain et au laboratoire;
- Le chapitre 03, s'intéresse à la présentation des résultats obtenus;
- Le chapitre 04, est consacré à la discussion des résultats.

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

Chapitre I : présentation de la région d'étude.

I.1. Localisation géographique

La région de Touggourt se situe dans la vallée d'Oued-Righ au Nord du Sahara algérien et plus exactement entre l'Oasis de Ouargla au sud et celle des Ziban au Nord, (LAKHDARI, 1980). Elle couvre une superficie de 1498,75 km² (BENABDELKADER, 1991).

La région de Touggourt se trouve à une altitude de 69 mètres, les coordonnées lombaires sont : longitude : 6° 4' Est ; Latitude : 33° 7' Nord (RAGHDA, 1994) Se trouvant à 160 km d'Ouargla et 620km d'Alger.

La situation géographique de la région de Touggourt est donnée sur la figure 01(ACHOUR, 2003).

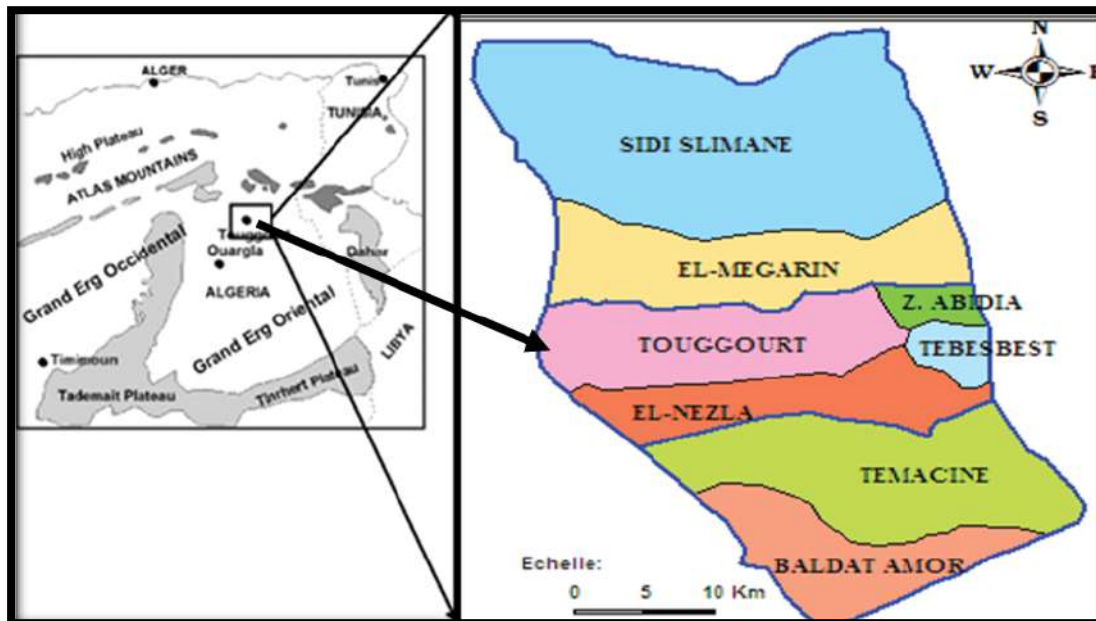


Figure 1: Carte de la situation géographique de Touggourt (ABID ET DERDOURI, 2014)

I.2. Relief

Le relief de la vallée de l'Oued-Righ est de basse altitude, notamment dans la zone des chotts au Nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer, d'où son appellation "Bas Sahara". La caractéristique principale de cette région est son inclinaison vers le Nord ou plus particulièrement vers les grands chotts. Cette inclinaison permet aux eaux excédentaires de s'écouler vers le Nord (DUBOST, 2002).

La pente générale est très faible, elle est de l'ordre de 1%. Cependant, le profil longitudinal de la vallée est très irrégulier : on note une succession de petits chotts communiquant entre eux par des seuils bas. Une coupe géologique transversale fait apparaître à la partie supérieure, un niveau Quaternaire ancien, constitué par une croûte gypso-calcaire, recouverte de formations dunaires (Erg) (SOGREAH, 1971).

I.3. Climat

I.3.1. Données climatiques

Le climat de la vallée de l'Oued Righ est un climat désertique, chaud, de type saharien, accusant des écarts de températures entre le jour et la nuit, et entre les saisons. Les données climatiques enregistrées durant 10 ans (2006-2015), sont présentés au niveau du tableau N° 1.

Tableau 1: Données climatiques de la région de Touggourt (2006 -2015)

Paramètre Mois	T M (°C)	Tm (°C)	T moy (°C)	H %	V (m/s)	E (mm)	P (mm)	Ins (h)
Janvier	17,82	4,9	11,145	63,2	2,51	97,2	15,13	248,91
Février	19,54	6,37	12,79	53,3	2,99	122,82	4,95	237,73
Mars	24,11	10,1	17,18	47,1	3,57	153,8	5,72	269,1
Avril	29,31	14,85	21,605	42,1	3,67	201,65	9,46	284,57
Mai	34,62	19,12	26,325	36,8	3,72	235,7	1,5	328,91
Juin	38,73	23,82	31,355	32,1	3,41	281,49	0,36	312,3
Juillet	41,98	26,98	34,62	29,5	2,93	326	0,07	362,94
Aout	41,2	26,54	33,9	32,6	2,89	283,67	3,55	337,41
Septembre	36,35	22,78	29,46	42,9	2,79	212,67	6,27	271,69
Octobre	30,52	17,77	23,565	48,5	2,5	173,12	5,13	279,95
Novembre	23,3	9,84	16,36	56,5	2,29	136,96	2,16	257,47
Décembre	19,33	6,19	11,615	64,4	1,99	90,75	3,92	239
Moyenn	29,73	18,02	22,49	45,75	2,938	2315,83 *	58,22 *	285,8317

(O.N.M., 2016)

* cumul

- **T M** : Moyenne mensuelle des températures maximales, exprimée en degrés Celsius
- **Tm**: Moyenne mensuelle des températures minimales, exprimée en degrés Celsius.
- **T moy** : Températures moyenne annuelle, exprimée en degrés Celsius

- **H** : Moyenne mensuelle d'humidité relative exprimée en pourcentage.
- **P** : Précipitation mensuelle en millimètre
- **V** : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent en mètre par seconde.
- **Ins**: la durée d'insolation moyennes mensuelles et annuelles en heure
- **E** : Evaporation mensuelle en millimètre

I.3.1.1. Pluviométrie

Les pluies sont irrégulières et faibles avec un cumul annuel de 58,22 mm (période : 2006-2015), en été elles sont rares surtout en juillet (0,36 mm) et juin (0,07 mm) et atteint le maximum au mois de janvier (15,13 mm) (O.N.M. 2016).

I.3.1.2. Humidité de l'air

L'humidité relative est maximum au mois de décembre avec 64,4%, le minimum est au mois de juillet avec 29,5% (O.N.M., 2016).

I.3.1.3. Températures

Dans la région de l'Oued Righ, on remarque une température moyenne annuelle de 22,49°C, avec un maximum de 41,98°C au mois de juillet, et un minimum de 4,9°C au mois de janvier.

I.3.1.4. Vents

Les vents sont relativement fréquents dans la région de l'Oued Righ. En hiver, se sont les vents d'Ouest qui dominant, tandis qu'au printemps, se sont ceux du Nord-Est, alors qu'en été, se sont ceux du Sud-Ouest, la vitesse peut dépasser 1,99 m/s (O.N.M., 2016). Les vents changent leurs directions en fonction des saisons, on remarque une direction Nord-Nord Est en hiver et Sud-Sud Est en été. Ces vents peuvent provoquer le déplacement des dunes et le dessèchement des végétaux. Le vent très remarquable est le siroco qui est un vent chaud, qui souffle durant les mois d'avril à juillet.

I.3.1.5. Evaporation

L'évaporation est très intense surtout si elle est sous l'effet des vents chauds, avec un maximum de 326 mm au mois de juillet et un minimum de 90,75 mm au mois de décembre.

I.3.2. Classification du climat

I.3.2.1. Diagramme Ombrothermique

La figure 2 montre que le climat de la région de Touggourt est caractérisé par une sécheresse permanente pendant toute l'année (climat saharien).

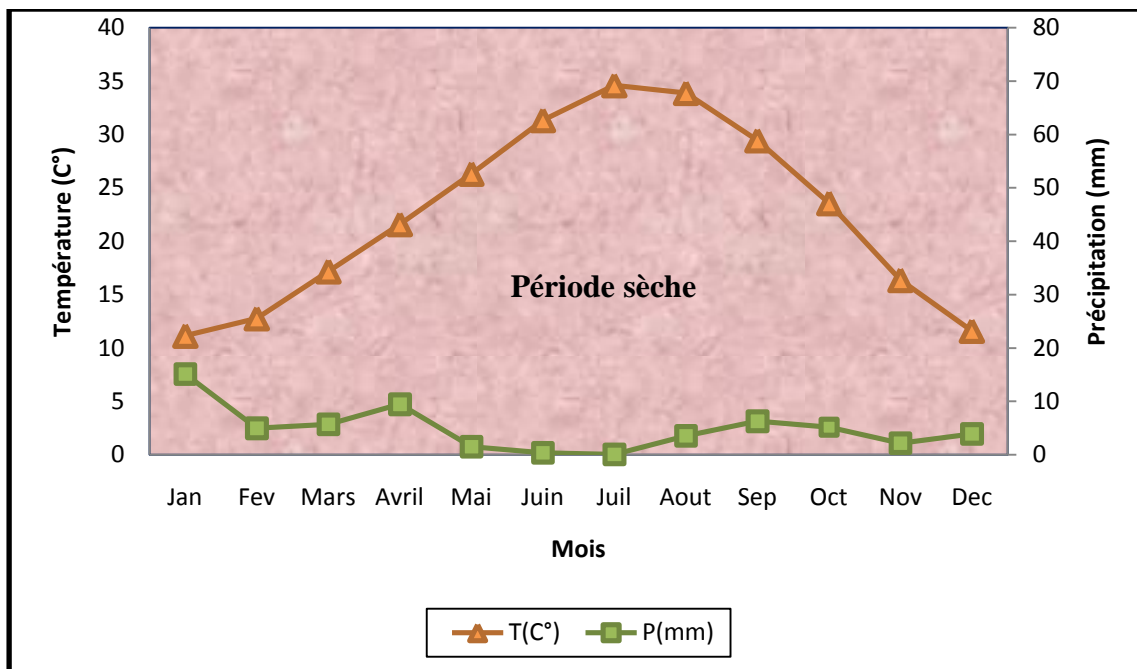


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliqué à la région de Touggourt (2006 - 2015).

I.3.2.2. Climagramme d'Emberger

Pour qu'on puisse déterminer le climat de la région nous avons utilisé le climagramme d'EMBERGER. Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. On reporte en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) (figure 3) d'EMBERGER; Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie et qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

Soit :

P : Pluviométrie moyenne en (mm) (58,22 mm).

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C (41,98 °C).

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °C (4,9°C).

Après calcul du Q2, la région de Touggourt est classée dans un étage bioclimatique saharien à hiver doux (Q2 =5.39) (Figure 3).

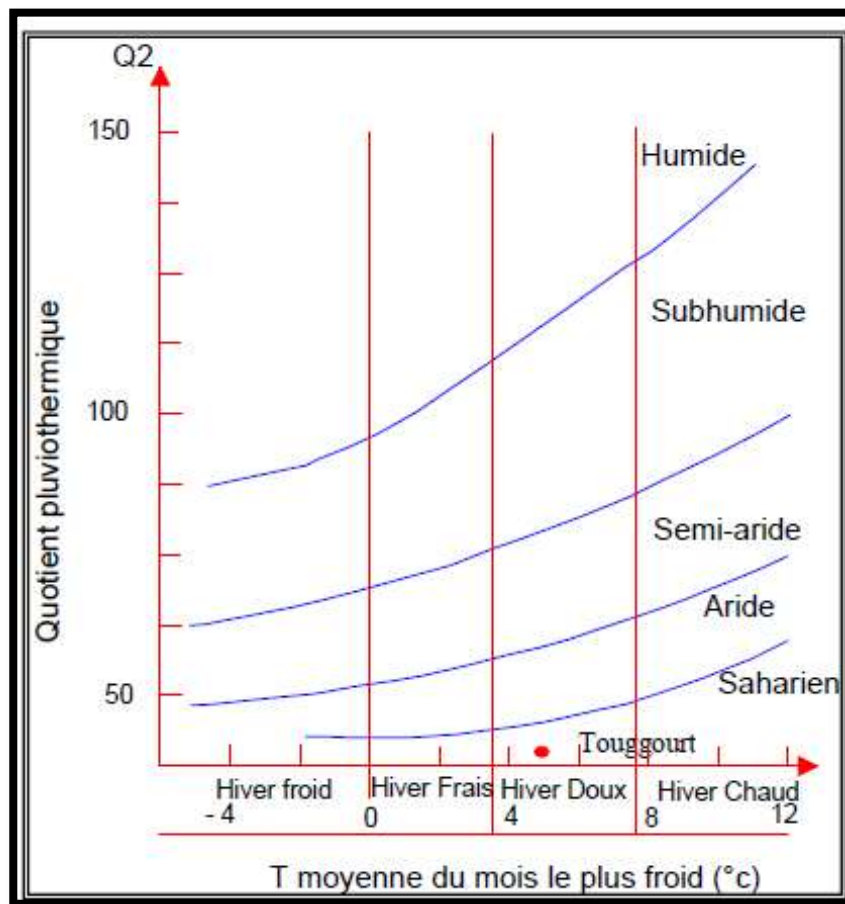


Figure 3 : Climagramme d'EMBERGER.

I.4. Géologie

La vallée de l'Oued Righ fait partie du bassin du Sud-Est de l'Algérie, qui se présente comme une vaste cuvette limitée :

Au nord par l'accident sud atlasique;

Au sud par la falaise méridionale du Tinhert;

A l'est par les affleurements crétacés du Dahar;

A l'ouest par la dorsale du M'Zab.

Les formations géologiques rencontrées dans ce bassin comprennent trois ensembles géologiques dont la succession du sommet à la base est la suivante :

Des terrains du mésozoïque et du début du cénozoïque représentés par des dépôts tantôt continentaux tantôt marins, constituant ce qu'on appelle le « continental intercalaire ». Des terrains paléozoïques affleurant plus à l'ouest et au sud (**HATHAT, 1990**).

I.5. Géomorphologie et Topographie

Cette région a une morphologie homogène, elle se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud / Nord.

La variation des côtes est nettement remarquable, Elle descend régulièrement de 90m à Goug, pour atteindre la cote 45 m à Djamaa.

Cette région est connue sous le nom du Bas Sahara, à cause de sa basse altitude notamment dans la zone du chott au Nord où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer (**BELKSIER**).

I.5. Pédologie

Les sols sont d'origine allu-colluviale à partir du niveau quaternaire ancien, encroûtés essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux. Ce sont des sols généralement meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ou très sales. L'influence de la nappe phréatique est déterminante, et on observe parfois un horizon hydromorphe ou un encroûtement gypso-calcaire. La salure est de type sulfato-calcaïque dans les sols les moins salés ($EC < 6 \text{ mhos/cm}$) et du type chloruro-sodique pour les sols les plus salés. Les sols sont généralement pauvres en matière organique, et à une trop rapide minéralisation (**DJERBI 1994**).

I.6. Hydrogéologie

Dans la région de l'Oued Righ, l'alternance des couches imperméables et des couches aquifères, d'une part, et l'existence d'un fossé de substitution, d'autre part, ont permis la formation des nappes souterraines superposées. Trois(3) nappes ont été reconnues (**SOGREAH, 1970**).

I.6.1. Nappe phréatique ou nappe libre

Par convention on désigne sous le nom de nappe phréatique les aquifères superficielles dont la profondeur n'excède pas 50 m et dont les eaux sont généralement exploitées par des puits. Cette nappe est partout présente au Sahara dans les dépressions ou les vallées; elles sont alimentées par les pluies, les crues, les écoulements diffus, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles en provenance des aquifères plus profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitant ces dernières (DUBOST, 2002).

I.6.2. Nappe du continental Intercalaire

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'albien. Ce réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional (600.000 Km²) et à son épaisseur, qui peut atteindre 1000 mètres au Nord Ouest du Sahara. La nappe du Continental Intercalaire est un réservoir à eau douce ; la plus grande partie de l'eau de cette ressource a été remplie pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire (DUBOST, 2002).

Les eaux du continental intercalaire sont caractérisées par : une température qui dépasse parfois les 60°C, la qualité chimique des eaux de cette nappe est bonne comparativement aux autres nappes du Sahara. La minéralisation oscille entre 0,3 g/l dans la région d'El-Menia pour arriver à 2,5 g/l dans le centre du Sahara septentrional (DUBOST, 2002).

I.6.3. La nappe du complexe Terminal

Ce complexe est constitué par un remplissage de formations continentales sablo-argileuses qui repose en discordance sur les calcaires érodés de l'Eocène inférieur (Sogréah, 1970).

Dans la vallée d'Oued Righ, ils sont ici empilés en un système plus compliqué et plus diversifié que dans les autres régions. L'aquifère le plus profond est contenu là encore dans les calcaires du sénonien supérieur et de l'Eocène inférieur et moyen, d'abord marins puis évaporitiques. Tous ces aquifères s'écoulent du Sud vers le Nord et les niveaux hydrostatiques passent de 80 m environ à El Goug à une quarantaine de mètres en bordure des chotts (Dubost, 2002).

Les eaux du continental terminal sont généralement salées. L'accroissement du nombre des forages a été à l'origine de baisses spectaculaires du niveau hydrostatique (Dubost, 2002). La surexploitation des nappes en aval du bassin entre Djamaa et M'ghaier provoque la baisse des niveaux en amont au Sud de Touggourt (Dubost, 2002).

I.7. Hydrologie superficielle de la vallée de l'Oued Righ

L'hydrologie de surface de la vallée de l'Oued Righ est très réduite, où les précipitations sont faibles. L'alimentation de canal se fait essentiellement par l'effet de drainage en provenance de palmeraies (Khadraoui, 2005).

Oued R'Tem, longue de 190 km environ, en prenant comme tête l'Oued Berriche, coule sensiblement de W-E de la région d'El Mchibigue, à 720 m d'altitude, à la daïa d'Hassi M' Rara située à la côte 100 m, qu'il gagne, après s'être infléchi brusquement vers le Sud dans les derniers km de son parcours. La superficie de son bassin est d'environ 4500 km² (Ould Baba Sy, 2005).

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes.

II.1. Approche méthodologique

Les différentes étapes de la méthodologie de travail sont schématisées comme suit (Figure 4) :

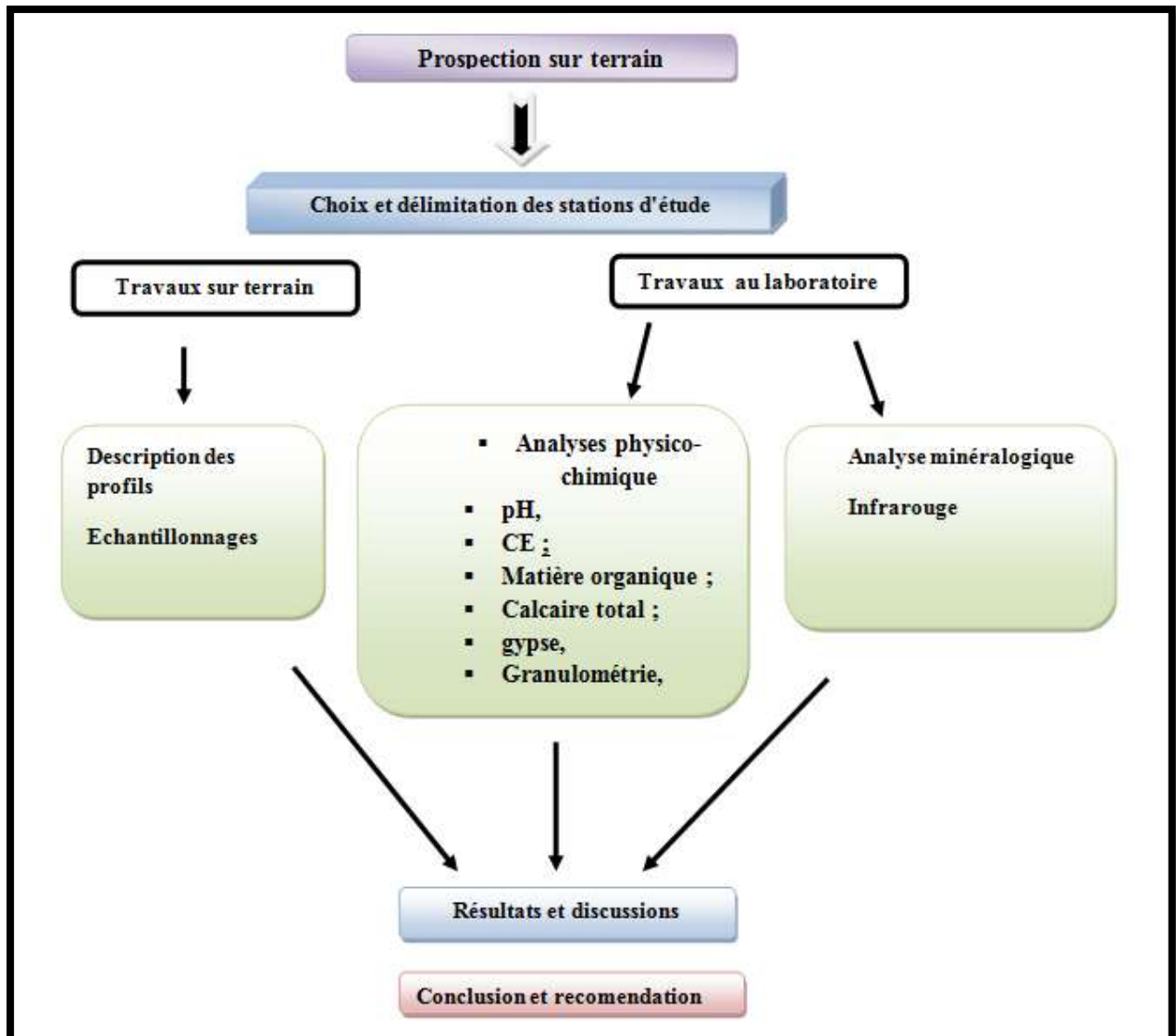


Figure 4: Approche méthodologique.

II.2. Choix des sites d'étude

Le choix des sites d'étude a été effectué après des prospections sur terrain des différents sites dans la région de Touggourt. Le critère de choix des profils d'étude a été basé sur la présence des indicateurs **paléopédologiques** (argiles, calcaires, gypses, M.O...).

II.3. Présentation des sites d'étude

Trois sites ont été choisis le premier et le deuxième sont situés à Temacine où nous avons étudiés quatre profils (Tm1, Tm2, Tm3 et Tm4) et le troisième à Blidet Amor où deux profils ont été aussi étudiés (BL1 et BL2). Ils sont situés en amont de la vallée de l'Oued Righ (Figure 5), Ils se limitent au Nord par la commune de Nezla (Touggourt), à l'Est par la daïra de Taibet et à l'Ouest par la commune de Alia (Al hajira).

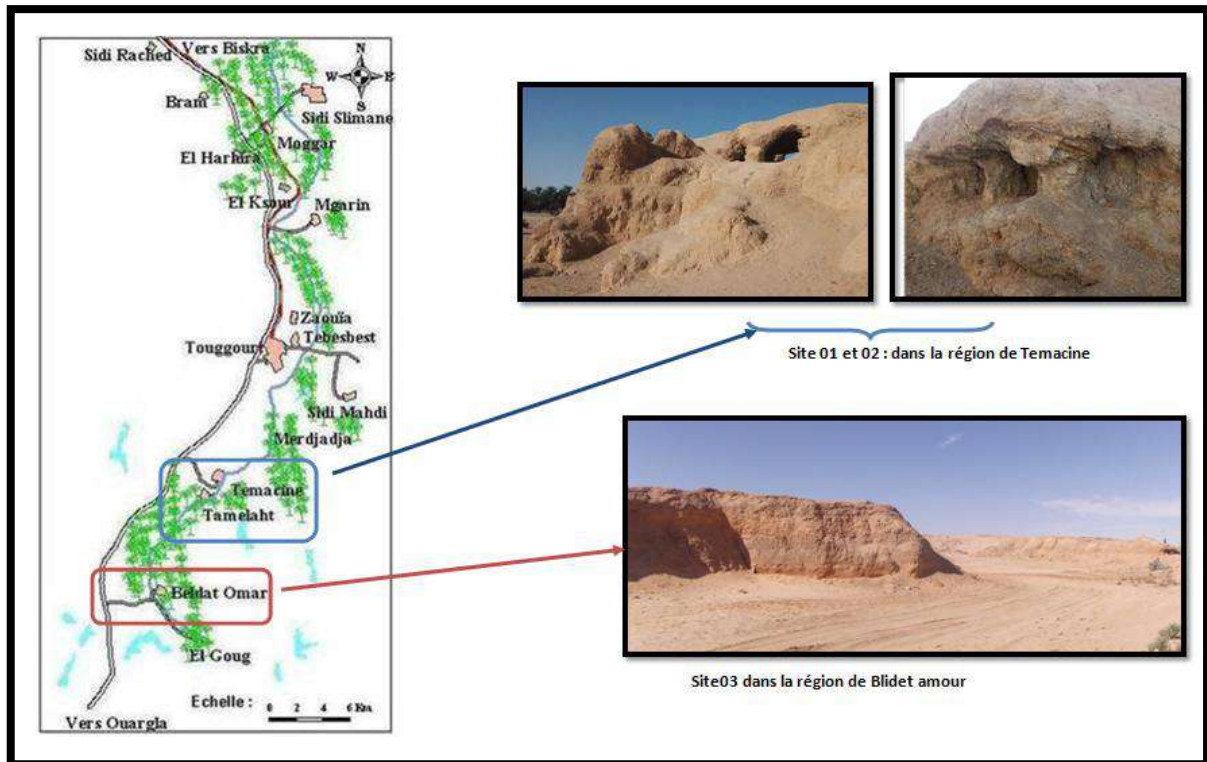


Figure 5 : la situation géographique des zones de Temacine et Blidet Amor.

Site d'internet : www.rove.to/alegeria.

II.4. Pratique sur le terrain

II.4.1. Description morphologique des profils

Selon VIEILLEFON (1978), la description du profil d'un sol représente un inventaire, aussi exhaustif que possible, des caractères de ce sol (Photo 1). L'un des plus évidents étant la subdivision du profil en (horizons) fait que l'on a justement tendance à insister sur les caractères de ces horizons.

La description du profil se fait ainsi en 03 étapes :

Etape 01 : examen préliminaire global de la fosse pour le choix de la face représentative; et les caractéristiques de l'environnement (photo A) (localisation, végétation, état de surface, temps, topographie et date);

Etape 02 : mesure de la profondeur des limites (photo B), notation de leur forme et leur netteté ;

Etape 03 : Pour la description morphologique de chaque horizon: épaisseur (cm), couleur (Munsell Soil Color Charts) (photo C), texture, structure, matière organique, réaction à l'HCl, tâches, éléments grossiers, porosité, limite et transition entre les horizons (BAIZE et JABIOL, 2011).

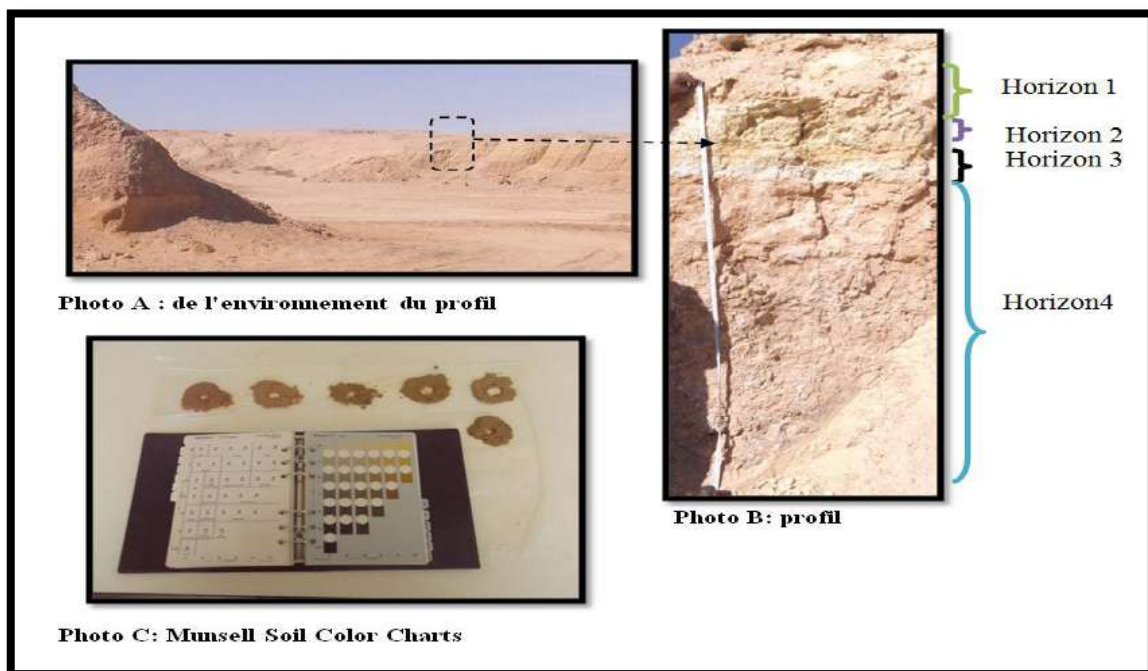


Photo 1: Exemple de la description du profil d'un sol.

II.4.2. Echantillonnage

Après la description morphologique des profils pédologiques, des échantillons de chaque horizon ont été prélevés en commençant du bas vers le haut du profil, et on les conservant dans des sacs étiquetés.

II.5. Pratique au laboratoire

Les analyses physiques et chimiques ont été réalisées au laboratoire de pédologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université d'Ouargla, au laboratoire de Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA-Touggourt) et au laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques.

II.5.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présentes dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho.cm^{-1} ou dS.m^{-1} à une température de 25 °C (MATHIEU et PEITAIN, 2009).

La méthode consiste à faire des extractions aqueuses de rapports sol/eau (m/v) fixes pour obtenir des fortes dilutions (sol/eau de 1/5) (MATHIEU et PEITAIN, 2009).

II.5.2. pH

Le pH de la solution traduit la concentration de protons H_3O^+ (simplification H^+) dans la solution du sol par la relation $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ (Lucie, 2008). Le pH se mesure avec un pH-mètre (MATHIEU et PEITAIN, 2009) sur un extrait : sol/eau de 1/5.

II.5.3. Granulométrie

L'analyse granulométrique est la classification des éléments minéraux selon leur grosseur. On distingue dans un premier temps les éléments grossiers de diamètre supérieur à 2mm, de la terre fine de diamètre inférieur à 2mm. La granulométrie permet de déterminer la texture du sol (Photo 1 annexe) (LUCIE, 2008).

Nous avons effectué la granulométrie selon la méthode international à la pipette de robinson (Photo 2 annexe), dont le principe est basé sur la destruction du calcaire par l'acide chlorhydrique pour les horizons calcaires, la destruction de la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée et la dispersion des particules par un dispersant énergétique tel que l'héxamétaphosphate de sodium suivie d'une agitation mécanique. Et puis nous avons effectué des prélèvements à l'aide de la pipette de robinson, dans des flacons à sédimentation, à des

profondeurs et des moments déterminé (application de la loi de STOKES) (AUBERT, 1978 ; MATHIEU et PIELTAIN, 1998).

Pour certains profils, nous avons utilisé la méthode de granulométrie par tamisage humide, à travers une série de tamis à différents diamètres (200µm, 100µm).

II.5.4. Calcaire totale

Le plus souvent cette valeur est déterminée par le calcimètre de Bernard (Photo 03 annexe) (calcimétrie volumétrique), c'est-à-dire par mesure du volume de CO₂ dégagé, suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique sur un poids connu d'échantillon.



II.5.5. Dosage du gypse

Le dosage du gypse a été effectué selon la méthode proposée par Coutient (1965), et dont le principe est le dosage des ions SO₄²⁻ après une attaque aux carbonates d'ammonium et une précipitation au chlorure de baryum (Photo 04 annexe).

II.5.6. Matière organique

Le carbone organique est oxydé par du 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 dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert (Photo 5 annexe) (AUBERT, 1978).

II.5.7. Etude minéralogique des argiles par Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

Pour l'étude minéralogique nous avons tout d'abord procédés à l'extraction de la fraction argileuse du sol puis l'analyse par IRTF.

II.5.7.1. Séparation de la fraction argileuse

La fraction argileuse des échantillons des horizons Tm2H1, Tm2H2, Tm2H3, Tm2H4, Tm2H5 et BL1H1 a été extraite selon la méthode de séparation des argiles pour étude minéralogique décrite par Robert et Tessier (1974), après qu'ils ont été tamisés et séchés à l'air libre pour obtenir 30g de leur fraction fine du sol.

La séparation des argiles a été basée sur une série de décantations successives. Les échantillons ont été préalablement traités dans le but d'éliminer les ciments accompagnant les argiles dans le sol. La figure 7 résume les étapes suivies pour l'extraction des argiles.

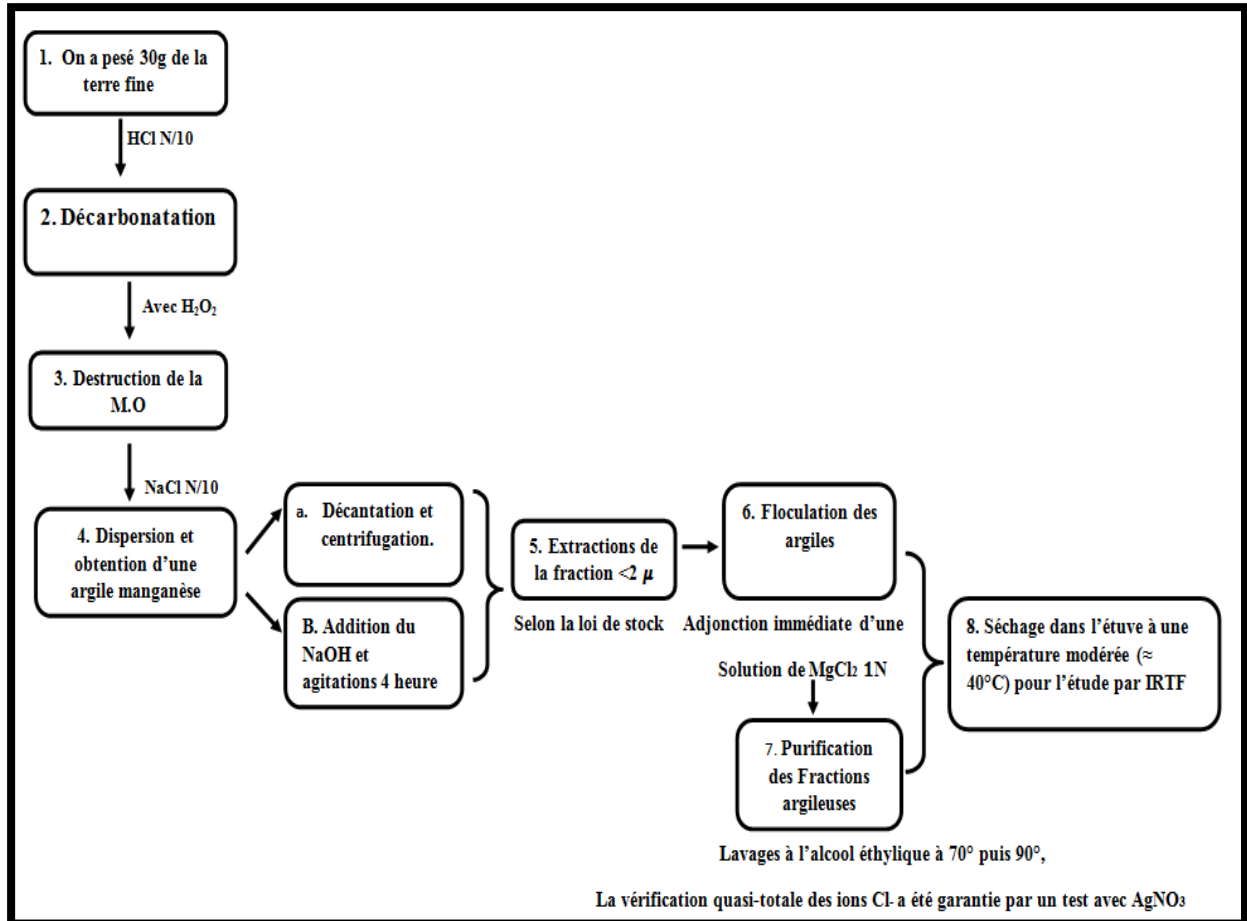


Figure 6: les étapes de l'extraction des argiles Selon Robert et Tessier (1974).

II.5.7.2. Etude par Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie Fourier Transforme Infrarouge (FTIR) est une méthode d'analyse qui utilise l'absorption du rayonnement de spectre infrarouge (IR), par les molécules polaires. Les mesures IR typiques sont collectées dans la gamme de 400 à 4000 cm^{-1} (ROBERT, 2013).

Le rayonnement infrarouge (IR) fut découvert en 1800 par Frédéric Wilhelm Hershel. Ces radiations localisées au-delà des longueurs d'onde dans le rouge, sont situées entre la région du spectre visible et des ondes hertziennes. Le domaine infrarouge s'étend de 0,8 μm à 1000 μm (LOTFI, 2010).

D'abord avant le passage de l'échantillon dans l'appareil (Photo 6 annexe), ce dernier nécessite d'utiliser un support transparent en infrarouge tel que le bromure de potassium (KBr) (photo 2), cette méthode passe par les étapes schématisées sur la figure 8.

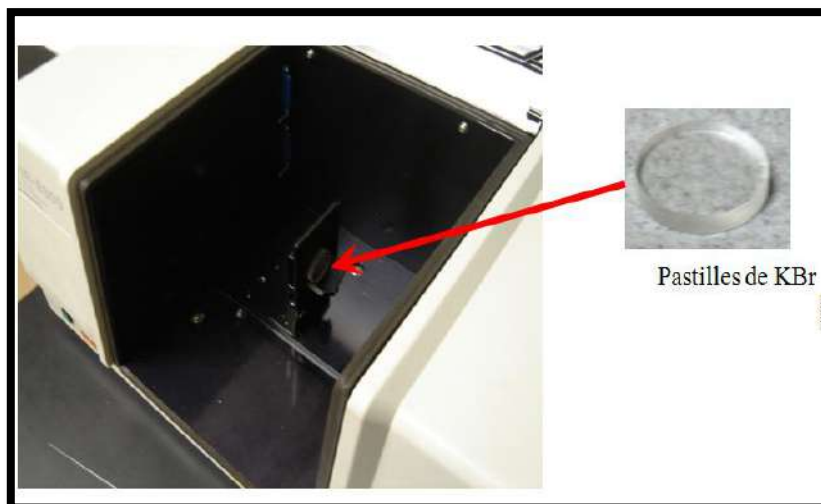


Photo 2: Chambre intérieure de FTIR et le porte-échantillon.

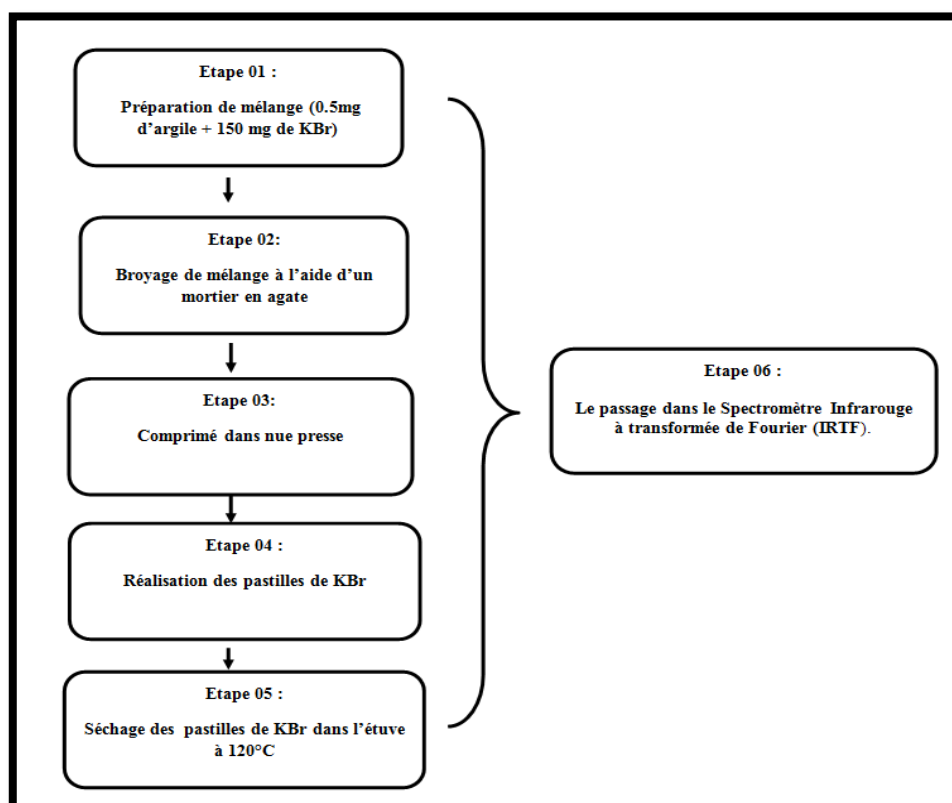


Figure 7 : les étapes de la préparation des pastilles de KBr.

Chapitre III

Résultats

Chapitre III : Résultats

III.1. Caractérisation morphologiques et analytiques des profils étudiés

Dans cette partie nous allons présentés les résultats de la description morphologique et des analyses physico-chimiques des 06 profils étudiés dans la région de Touggourt.

III.1.1. Caractérisation morphologique et analytique de la coupe Tm1

III.1.1.1. Description morphologique

Localisation : À l'Est du lac de Temacine

Coordonné géographique :

- Latitude : 33°0'56.57'' N
- Longitude : 6°1'31.84'' E
- Altitude : 74 m

Temps : ensoleillé

Végétation : végétation herbacée

Topographie : plane

Etat de surface : cailloux, gravier

Date : 21/12/2016



Photo 3 : Le profil Tm1.

Tm1H1 (0 -40 cm)

Horizon à texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 7,5 YR 6/6 (Reddish yellow), sec, à structure polyédrique sub- anguleuse, avec une moyenne effervescence à l'HCl, c'est un horizon meuble, peu de fissuration et limite nette.

Tm1H2 (40- 87 cm)

Horizon à texture limoneuse, de couleur à l'état humide 10 YR 5/4 (Yellowish brown), sec, à structure polyédrique, avec une moyenne effervescence à l'HCl, c'est un horizon meuble, avec une micro porosité, limite ondulé.

Tm1H3 (87 -114 cm)

Horizon à texture limoneuse, de couleur à l'état humide 10 YR 6/4 (Light yellowish brown), sec, à structure lamellaire, avec une moyenne effervescence à l'HCl, un horizon peu compacte, avec une présence de micro porosité, limite régulière.

Tm1H4 (114 -126 cm)

Horizon a texture limoneuse, de couleur à l'état humide est 10 YR 5/3 (brown), sec, à structure lamellaire, avec une moyenne effervescence à l'HCl, c'est un horizon compacte, avec une présence de micro porosité, limite nette.

Tm1H5 (>126 cm)

Horizon a texture limono-argileuse, de couleur à l'état humide 10 YR 5/4 (yellowish brown), sec, à structure polyédrique, présentant une moyenne effervescence à l'HCl, avec des tâches blanchâtres, un horizon compacte, avec la présence de micro porosité, limite nette.

Tm1H6 (>155 cm)

Horizon a texture limono-argileuse, de couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brown), sec, à structure polyédrique sub- anguleuse, avec une moyenne effervescence à l'HCl, c'est un horizon très compacte.

III.1.1.2. Données analytiques

Les tableaux 2 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil Tm1.

Tableau 2: Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm1.

La coupe Tm1												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A%	Lf%	Lg%	Sf%	Sg%	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
Tm1H1	0 – 40	9,31	24,16	3,2	52,93	10,4	Loam sableux	16,58	7,5	17,25	2,07	2,24
Tm1H2	40 – 87	15,7	37,81	6,12	34,51	5,86	Loam	17,99	7	17,25	3,39	0,85
Tm1H3	87 – 114	18,25	36,6	7,02	26,78	11,35	Loam sableux	8,50	6,9	16,75	1,78	0,92
Tm1H4	114 -126	12,33	25,2	9,07	7,17	46,23	Loam sableux	23,93	7,1	15,74	0,15	1,63
Tm1H5	126- 155	13,1	42,01	12,32	25,52	7,05	Loam sableux	31,47	7,5	14,72	1,25	1,98
Tm1H6	>155	14,2	34,66	9,12	6,22	35,8	Loam sableux	34,89	7,4	16,24	4,57	1,59

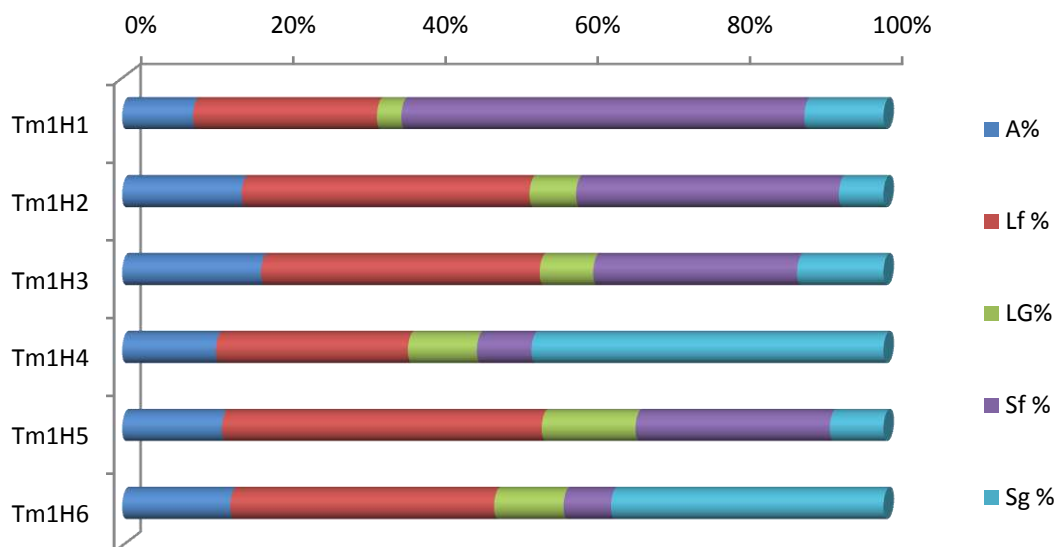


Figure 8 : Granulométrie du profile Tm1.

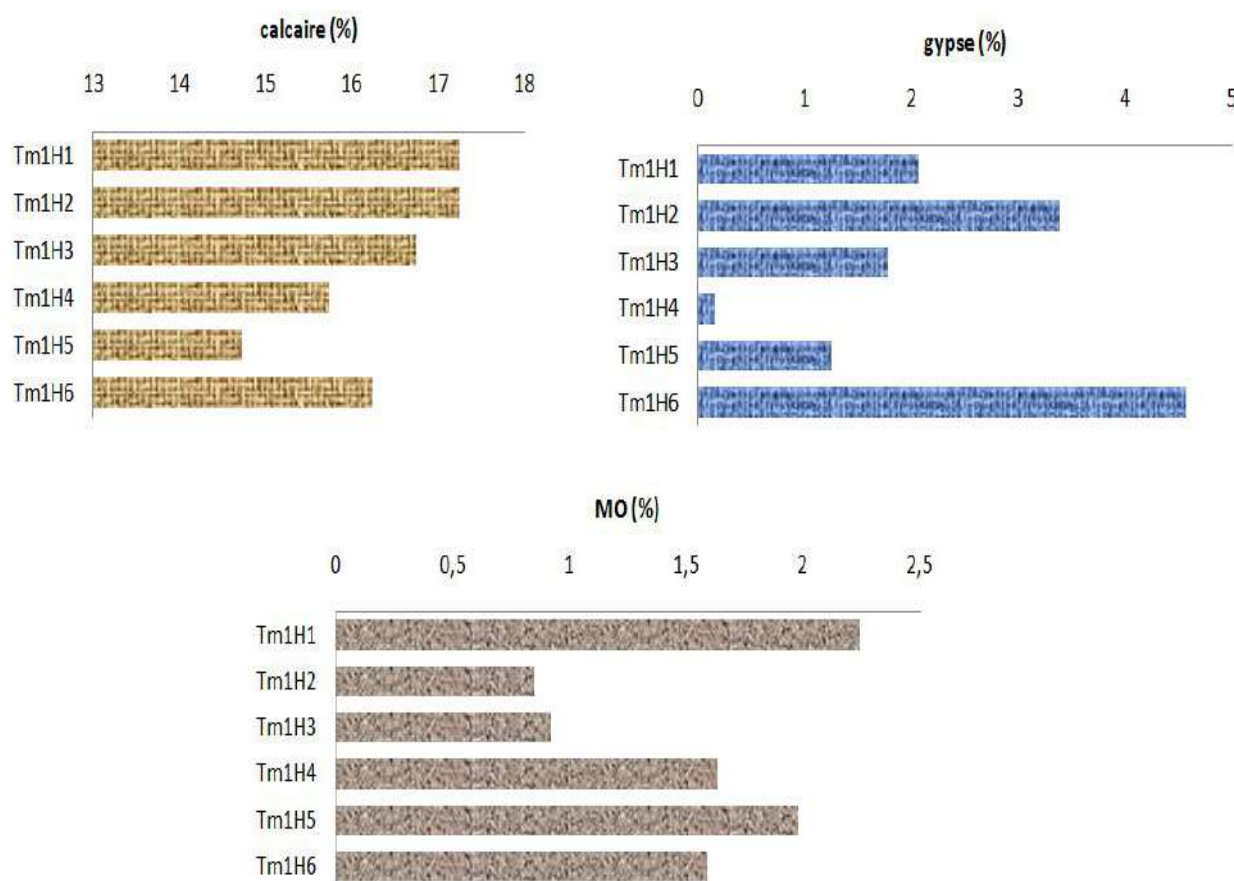


Figure 9 : Variation du calcaire total, du gypse et de la MO en fonction de la profondeur (Profil Tm1).

III.1.1.3. Interprétation

Les résultats obtenus (tableaux 2 et figure 8) pour ce profil montrent que la texture est limoneuse (figure 1 annexe).

En ce qui concerne le pH du sol, il varie entre 6,9 et 7,5 (Tableau 2). Selon (le tableau 1 Annexe), au milieu du profil l'horizon (Tm1H3) est neutre, Alors qu'en bas et en haut du profil (Tm1H1, Tm1H2, Tm1H4, Tm1H5 et Tm1H6) il est légèrement alcalin. A partir des résultats obtenus, on remarque que la CE de ce profil (tableau 2) varie de : 8,50 à 34,89 dS/m, selon (le tableau 2 annexe), le sol est donc extrêmement salé.

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total (Tableau 2 et Figure 9) montrent qu'il varie entre 14,72% et 17,25 %. À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 annexe), on peut dire que tous les niveaux de ce profil sont classer en une seul catégorie : modérément calcaire.

Concernant le taux de gypse, les résultats des analyses effectués sur cette coupe (Tableau 2 et Figure 9) révèlent un taux de gypse qui varie entre 0,15 et 4,57 %. À partir de ces résultats et

selon (le tableau 4 Annexe), on remarque que les niveaux Tm1H1, Tm1H2, Tm1H3, Tm1H5 et Tm1H6 ont des valeurs qui varient entre 1,25 et 4,57% donc ils sont légèrement gypseux, la valeur maximale de 4,57% est en profondeur au niveau de Tm1H6 et la valeur minimale de 0,15% du taux de gypse est au milieu du profil Tm1H4 indiquant ainsi qu'il est non gypseux.

L'analyse du taux de matière organique permet d'estimer un qu'elle varie entre 0.85 dans Tm1H2 et 2,24% dans Tm1H1 (Tableau 2 et Figure 9). Selon (le tableau 5 Annexe), le taux est très faible dans le niveau : Tm1H2, et il est faible dans les niveaux : Tm1H1, Tm1H3, Tm1H4, Tm1H5 et Tm1H6.

III.1.2. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm2

III.1.2.1. Description morphologique

Localisation : À l'Est du lac de Temacine

Coordonnées géographiques

- Latitude : 33°0'56,2'' N
- Longitude : 6°1'31,6'' E
- Altitude : 76 m

Végétation : végétation herbacée.

Topographie : plane.

Etat de surface : cailloux, gravier

Date : 21/12/2016

Tm2H1 (0- 20 cm)

Horizon a texture sablo-limoneuse, de couleur à l'état humide 10 YR 6/6 (brownish yellow), sec, à structure polyédrique, avec une moyenne effervescence à l'HCl, il contient des éléments grossiers supérieurs à 2 mm de forme arrondie, avec des tâches blanchâtres de nature calcaire, c'est un horizon peu compacte, avec une présence peu de fissuration, limite nette.

Tm2H2 (20- 60cm)

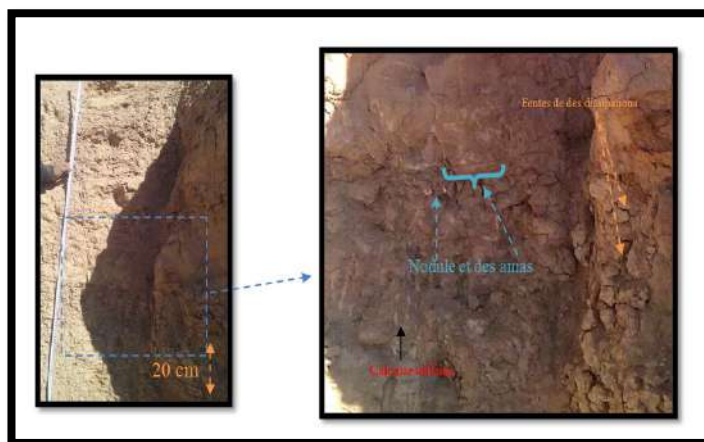


Photo 4 : la coupe de Tm2

Horizon a texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 10 YR 6/4 (Ling yellow brown), sec, à structure grumeleuse, avec une moyenne effervescence à HCl. C'est un horizon peu compacte, avec une présence peu de fissuration, de limite ondulé.

Tm2H3 (60 -81cm)

Horizon a texture limoneuse, de couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (strong brown), sec, à structure polyédrique sub-anguleuse, avec une faible effervescence à HCl, nous avons notés là aussi des tâches blanchâtres. C'est un horizon moyennement compact, de limite irrégulière.

Tm2H4 (81- 105 cm)

Horizon a texture limono-argileuse, de couleur à l'état humide 7,5YR 6/4 (light brown), sec, à structure polyédrique sub-anguleuse, avec une faible effervescence à HCl, présence de tâches blanchâtres. C'est un horizon compact, avec la présence de peu de fissuration. La limite est ondulée.

Tm2H5 (>105 cm)

Horizon a texture argilo-limoneuse, de couleur à l'état humide 7,5YR 7/3(pink), sec, à structure grumeleuse, avec une moyenne effervescence à l'HCl, présence des tâches blanchâtres de nature calcaire et des fontes de dessiccation un horizon très compacte, avec une micro-porosité et une limite nette.

III.1.2.2. Données analytiques

Les tableaux 3 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil Tm2.

Tableau 3: Caractérisation granulométrie et physico–chimique du la coupe Tm2.

La coupe Tm2												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
Tm2H1	0 -20	3,02	14,01	2,36	10,11	70,5	sable	3,42	7,9	14,72	1,85	1,24
Tm2H2	20 – 60	8,69	22,39	3,16	12,67	53,09	Loam sableux	12,42	7,5	20,30	2,66	0,79
Tm2H3	60 -81	15,6	35,45	9,26	33,89	5,8	Loam	9,29	8	18,52	4,73	1,37
Tm2H4	81 – 105	12,8	57,18	9,16	4,76	16,1	Loam limoneux	6,76	8,2	17,76	1,48	0,3
Tm2H5	>105	17,24	21,32	44,09	15,02	2,33	Loam limoneux	13,23	6,8	20,30	1,55	0,44

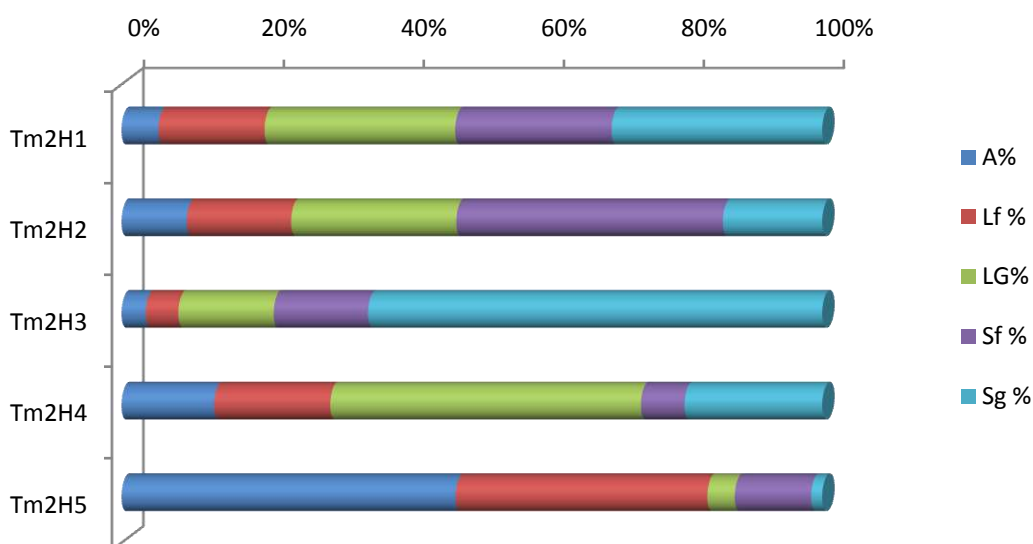


Figure 10: Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil Tm2).

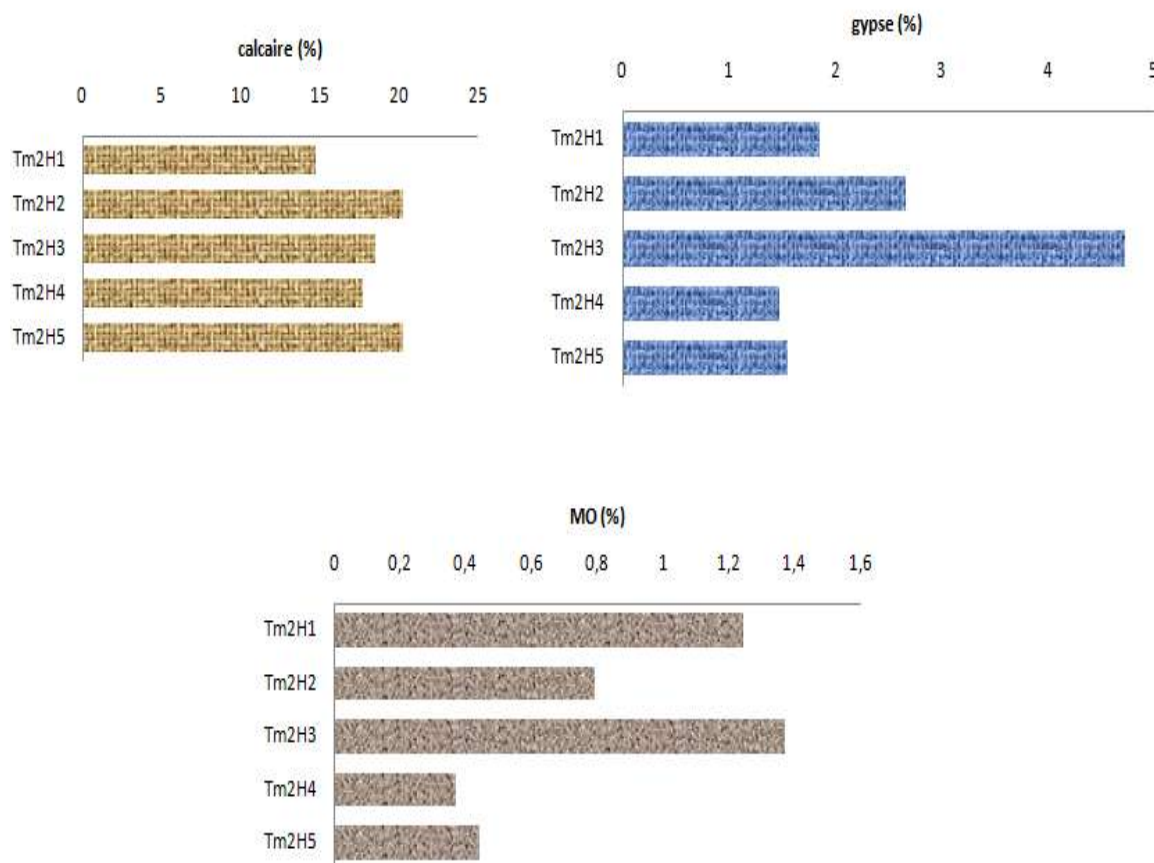


Figure 11: Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm2).

III.1.2.3. Interprétation

D'après les résultats obtenus pour la granulométrie (Tableau 3 et figure 10), la texture est sablo-limoneuse. Mais en profondeur on trouve qu'elle est argilo-limoneuse (figure 01 annexe).

Les résultats de mesure du pH (Tableau 3), montrent qu'il varie entre 6,8 et 8,2. Selon (le tableau 1 Annexe), ce profil est neutre en profondeur et légèrement alcalin au niveau des autre niveaux. La CE de ce profil varie de : 3,42 à 13,23 dS/m, selon (le tableau 2 annexe), le sol est très salé à extrêmement salé.

Le taux de calcaire total varie entre 14,72% dans le niveau Tm2H1 et 20,30 % dans le niveau Tm2H5 (Tableau 3 et Figure 11). À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 Annexe), on remarque que tous les horizons de ce profil sont modérément calcaires.

Les résultats d'analyse du taux de gypse effectué sur la coupe révèlent un taux variant entre 1,55% au niveau de Tm2H5 et 4,73 % au niveau de Tm2H2 (Tableau 3 et Figure 11).

Selon (le tableau 4 Annexe), on remarque que tous les niveaux du profil Tm2 sont légèrement gypseux.

D'après le tableau 3 et la figure 11, les résultats d'analyse de la matière organique varient entre 0,3% au niveau de Tm2H4 et 1,37% au niveau de l'horizon Tm2H3, révélant un taux très faible pour les niveaux Tm2H2, Tm2H4 et Tm2H5, et un taux faible pour les horizons Tm2H1, Tm2H3.

III.1.3. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm3

III.1.3.1. Description morphologique

Localisation: Au Sud-Ouest de Temacine

Coordonnées géographiques :

- Latitude : 33°0'52,32'' N
- Longitude : 6°1'5,05'' E
- Altitude : 74 m

Temps : ensoleillé

Végétation : des palmiers dattiers

Topographie : plane

Etat de surface : graviers

Date : 21/12/2016

Tm3H1 (0- 30 cm)

Horizon a texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 6/6 (olive yellow), sec, à structure grumeleuse, ne présentant pas d'effervescence à l'HCl, moins de 5% des éléments grossiers de dimension 2 à 3 cm de forme anguleuse, avec des cristaux de gypses, un horizon meuble, avec une macro-porosité, limite irrégulière.

Tm3H2 (30 -60 cm)

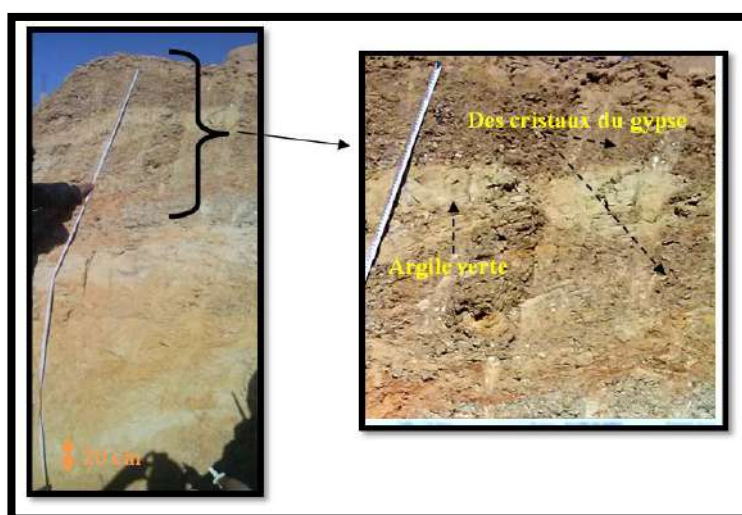


Photo 5 : La coupe Tm3.

Horizon a texture limono-argileuse, de couleur à l'état humide 2,5Y 6/6 (olive yellow), sec, à structure lamellaire, l'effervescence à l'HCl est nulle. C'est un horizon peu compact, avec l'existence de micro-porosités. La limite est nette.

Tm3H3 (60 -80 cm)

Horizon a texture limono-argileuse, de couleur à l'état humide est 10 YR 6/4 (light yellowish brown) sec, à structure grumeleuse, présentant une moyenne effervescence à l'HCl, moins de 5% des éléments grossiers de dimension 2 à 3 cm de forme anguleuse, avec des cristaux de gypse et nodule de calcaire moyennement effervescent à l'HCl, un horizon peu compact, structure grumeleuse, avec la présence de peu de fissuration, la limite est ondulée.

Tm3H4 (80 -100 cm)

Horizon a texture limoneuse, de couleur à l'état humide 10 YR 6/6 (brownish yellow), sec, à structure lamellaire, avec une moyenne effervescence à l'HCl, moins de 3% des éléments grossiers de dimension 1 à 2 cm de forme anguleuse, avec la présence de peu de tâches de couleur rougeâtre, un horizon compact, pas de fissuration et à une limite lobée.

Tm3H5 (100 -120 cm)

Horizon a texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 5/2 (grayish brown), sec, à structure grumeleuse, avec une moyenne effervescence à l'HCl, moins de 3% des éléments grossiers de dimension 1 à 2 cm de forme anguleuse, présence de peu de tâches blanchâtres et rougeâtres,. C'est un horizon très compact, pas de fissuration et limite régulière.

Tm3H6 (120 -150 cm)

Horizon a texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 5/2 (grayish brown), sec, à structure lamellaire, avec une faible effervescence à l'HCl. C'est un horizon très compact, pas de fissuration et limite nette.

Tm3H7 (>150 cm)

Horizon a texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 6/8 (olive yellow), sec, à structure lamellaire, avec une moyenne effervescence à l'HCl, c'est un horizon très compact, structure lamellaire, pas de fissuration.

III.1.3.2. Données analytiques

Les tableaux 4 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil Tm3.

Tableau 4 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm3.

La coupe Tm3												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
Tm3H1	0 -30	73,5			24,8	1,7	Loam limoneux	9,15	6,7	0,81	6,86	0,58
Tm3H2	30 – 60	8,32	32,68	10,55	7,5	32,68	Loam sableux	2,16	7,6	0	1,25	0,77
Tm3H3	60 -80	13,36	45,18	9,14	8	45,18	Loam limoneux	6,11	7,7	8,62	4,43	2,43
Tm3H4	80 – 100	10,37	29,1	12,35	8,2	29,1	Loam	5,08	8,3	11,67	0,66	2,54
Tm3H5	100 - 120	16,78	24,9	8,62	6,8	24,9	Loam	1,84	8,9	14,97	0,37	1,48
Tm3H6	120 -150	8,59	21,08	5,47	62,3	21,08	Loam sableux	1,44	8,4	6,09	0,89	2,54
Tm3H7	>150	6,35	26,5	5,25	59,22	26,5	Loam sableux	1,54	8,4	16,24	0,30	1,59

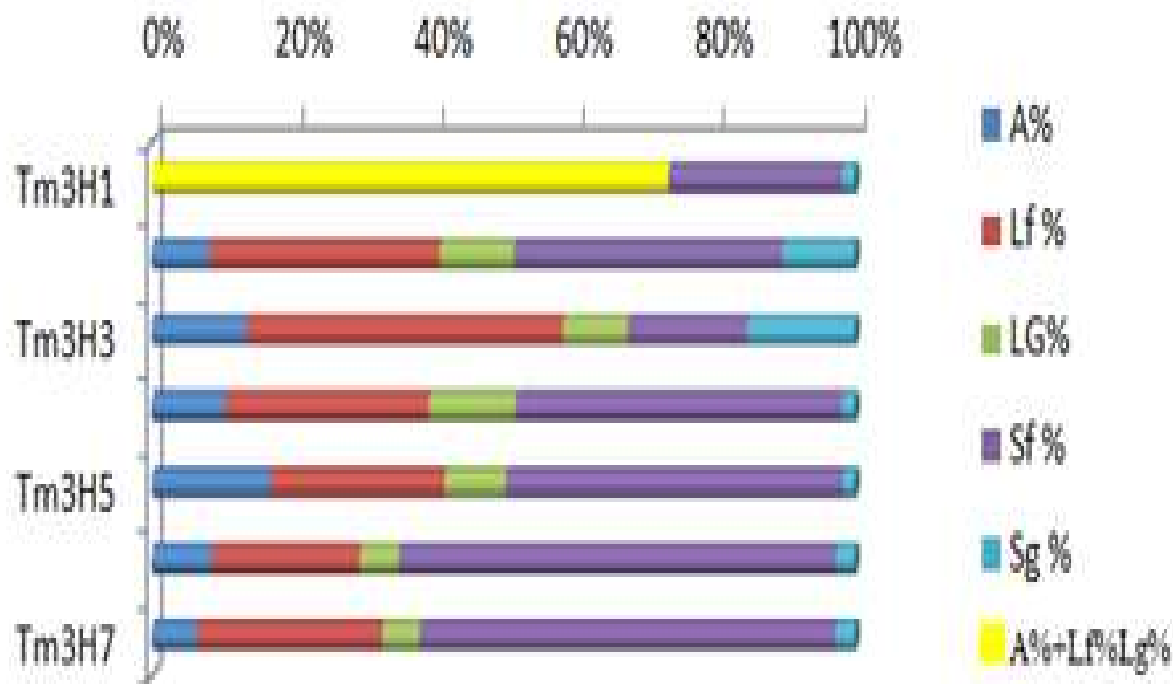


Figure 12: Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Tm3).

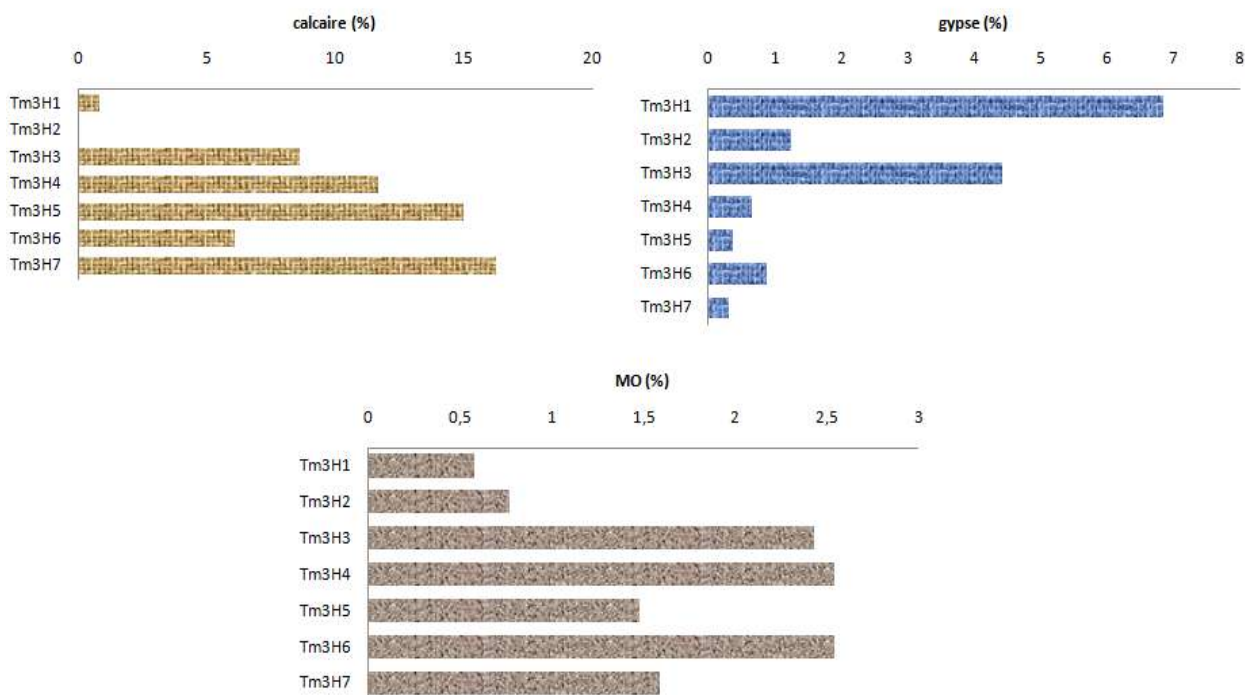


Figure 13 : Variation du calcaire total, du gypse, et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm3).

III.1.3.3. Interprétation

L'étude morphologique et analytique effectuée sur la coupe révèle une stratification bien marquée des horizons qui se traduit surtout par la différence dans la couleur et l'existence de cristaux de gypse au niveau de certains horizons (photo 05).

L'analyse granulométrique de ce profil (Tableau 4 et figure 12) montre que la fraction dominante est le limon fin. Les valeurs de la conductivité électrique (Tableau 4) varient entre 1,44 ds/m et 9,15 ds/m, Selon (le tableau 2 Annexe), le sol est salé au niveau de Tm3H2, Tm3H5, Tm3H6 et Tm3H7, peu salé au niveau de Tm3H4 et extrêmement salé au niveau de Tm3H1 et Tm3H2. Alors que les résultats de pH (Tableau 4) varient entre 6,7 et 8,9. Selon (le tableau 1 Annexe), le pH est donc neutre à fortement alcalin.

Le taux de calcaire total varie entre 0 % dans le niveau Tm3H2 et 16,24 % dans le niveau Tm3H7 (Tableau 4 et Figure 13), À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 Annexe), on remarque au niveau de cette coupe que le taux de calcaire augmente du haut (Tm3H2) vers le bas jusqu'à l'horizon Tm3H5, mais à partir de ce dernier il y a une diminution de 14,97 % à 6,09 % (Tm3H6) et on remarque de nouveau une augmentation avec un taux de 16,24 % au niveau de Tm3H7, donc la teneur du calcaire dans cette coupe est non calcaire au niveau de Tm3H1 et Tm3H2 et modérément calcaire au niveau de Tm3H3, Tm3H4, Tm3H2, Tm3H5, Tm3H6 et Tm3H7 (Tableau 4,annexe), Pour les résultats d'analyses du taux de gypse, ils révèlent un taux variant entre 0,33% dans le niveau Tm3H7 (non gypseux) et 6,86 % dans le niveau Tm3H1 (légèrement gypseux) (Tableau 4 et Figure 13).

D'après les résultats d'analyses (Tableau 4 et figure 13) la matière organique varie entre 0,58% au niveau de Tm3H1 et 2,54 % au niveau de Tm3H3. Selon (le tableau 5 Annexe) elle est très faible au niveau de Tm3H1 et Tm3H2, faible au niveau de Tm3H1, Tm3H2 Tm3H1, Tm3H5 et Tm3H7 et moyenne au niveau de Tm3H3, Tm3H4 et Tm3H6,

III.1.4. Caractérisation morphologique et analytique du profil Tm4

III.1.4.1. Description morphologique

Localisation : Au Sud-ouest de Temacine

Coordonnées géographiques :

- Latitude : 33°0'52,88" N
- Longitude : 6°1'5,05" E
- Altitude : 70 m

Temps : ensoleillé

Végétation : palmiers dattiers

Topographie : plane

Etat de surface : graviers

Date : 21/12/2016

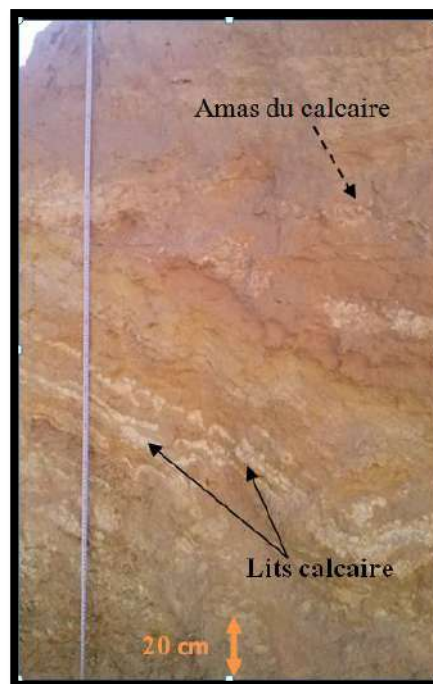


Photo 6 : Le profil Tm4

Tm4H1 (0- 60 cm)

Horizon a texture sableuse, de couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (yellowish red), sec, à structure grumeleuse, avec une très faible effervescence à l'HCl, moins de 3% des éléments grossiers de dimension 1 à 2 cm de forme arrondie, c'est un horizon très compact, limite régulière.

Tm4H2 (60 – 80 cm)

Horizon a texture sablo- lumineuse de couleur à l'état humide 5YR 7/4 (pink), sec, à structure polyédriques sub-anguleuse, présentant une forte effervescence à l'HCl, présence de tâches blanchâtres. C'est un horizon très compact, pas de fissuration, et de la limite est nette.

Tm4H3 (80 – 122 cm)

Horizon a texture sablo-limoneuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 6/6 (olive yellow), sec, à structure polyédrique, avec une très faible effervescence à l'HCl, présence de taches blanchâtres de nature gypseuse, c'est un horizon très compact, la limite est nette.

Tm4H4 (122 -145 cm)

Horizon a texture limono- argileuse, de couleur 2,5Y 5/6 (light olive brown) , sec, à structure lamellaire, avec une moyenne effervescence à l'HCl, existence de taches blanchâtres de nature gypseuse. C'est un horizon très compact de limite nette.

Tm4H5 (145 - 185 cm)

Horizon à texture limoneuse, de couleur à l'état humide 2,5Y 6/3(light yellowish brown), sec, à structure lamellaire, avec une forte effervescence à l'HCl, et des taches blanchâtres de nature gypseuse. C'est un horizon très compact, de limite nette.

Tm4H6 (>185 cm)

Horizon a texture limono- argileuse, de couleur à l'état humide 2,5 Y 5/4 (light olive brown), sec, à structure lamellaire, avec une très faible effervescence à l'HCl, moins de 3% des éléments grossiers de dimension 1 à 2 cm de forme anguleuse, avec des taches blanchâtres de nature gypseuse et des tache verdâtres. C'est un horizon très compact avec peu de fissuration.

III.1.4.2. Données analytiques

Les tableaux 5 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil Tm4.

Tableau 5 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe Tm4.

La coupe Tm4												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A%	Lf%	Lg%	Sf%	Sg%	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
Tm4H1	0 – 40	18,35			60	21,65	Sable loameux	2,84	7,2	2,28	5,02	0,05
Tm4H2	40 – 87	14,05			58,45	27,5	Sable	3,99	7,8	21,31	4,13	1,05
Tm4H3	87 – 114	7,91	16,94	8,94	60,11	6,1	Loam sableux	8,95	8	3,05	1,55	0,37
Tm4H4	114 -126	11,8	24,3	10,19	45,12	8,59	Loam sableux	10,27	7,5	10,15	3,83	1,32
Tm4H5	126- 155	13,56	18,12	21,53	37,46	9,33	Loam	6,95	7,3	29,44	5,31	0,90
Tm4H6	>155	25,02	35,16	9,16	24,61	6,05	Loam	7,73	7,7	2,03	3,09	1,08

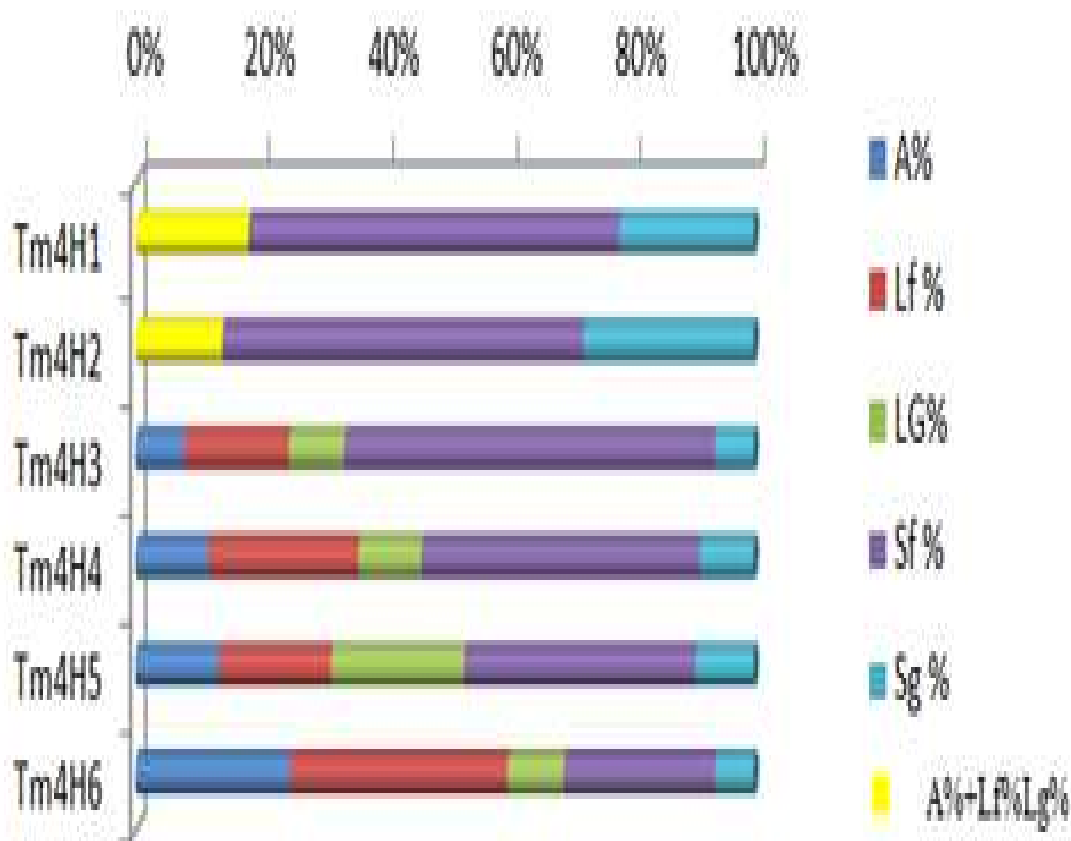


Figure 14 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil Tm4).

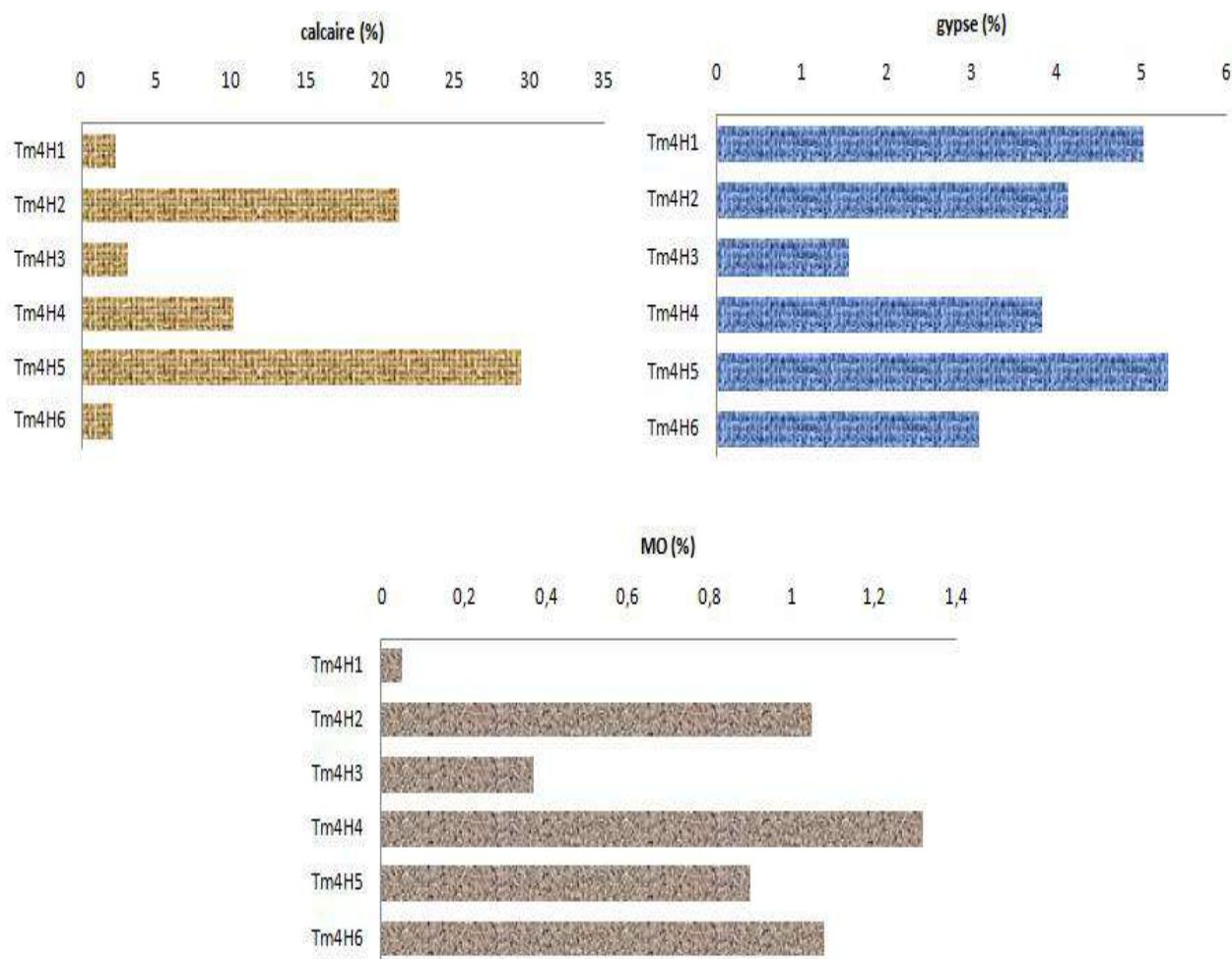


Figure 15 : Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil Tm3).

III.1.4.3. Interprétation

D'après les résultats de la granulométrie (tableau 5 et figure14), la texture des trois premiers niveaux de cette coupe présente une dominance du sable fin par contre les horizons en profondeur ont une tendance limoneuse.

L'étude morphologique et analytique effectuée sur la coupe Tm4 révèle une stratification bien marquée des horizons qui se traduit surtout par la différence dans la couleur (Photo 06).

On se basant sur l'échelle de salure (Aubert, 1978), le sol est très salé à extrêmement salé, puisque la conductivité électrique (tableau 5) varie de 2,84 à 10,27 dS/m. Quant au pH de ce sol, il est neutre, légèrement à moyennement alcalin, avec des valeurs variant entre 7,2 et 8 (Tableau 5).

Le taux de calcaire total varie entre 2,03 % dans le niveau Tm4H2 et 29,44 % dans le niveau Tm4H5 (Tableau 5 et Figure 15). À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 Annexe), on remarque pour cette coupe que le taux de calcaire est variable en trois catégories : les niveaux Tm4H1, Tm4H3 et Tm4H6, sont peu calcaire, les niveaux Tm4H2 et Tm4H4 sont modérément calcaire et le niveau Tm4H5 est fortement calcaire.

Les résultats d'analyse du taux de gypse effectué sur la coupe révèlent un taux variant entre 1,55 % dans le niveau Tm4H3 et 5,31 % dans le niveau Tm4H5 (Tableau 5 et Figure 15), Selon (le tableau 4 Annexe), les horizons de ce profil sont légèrement gypseux.

D'après le tableau 5 et la figure 15 et selon (le tableau 5 Annexe), la matière organique varie entre 0,05% au niveau de Tm4H1 et 1,32 % au niveau de Tm4H4, donc les niveaux Tm4H1, Tm4H3 et Tm4H5 sont très faibles en M.O. et les niveaux Tm4H2, Tm4H4 et Tm4H6 sont faibles en M.O.

III.1.5. Caractérisation morphologique et analytique du profil BL1

III.1.5.1. Caractérisation morphologique

Localisation : le nord-ouest de Blidet Amour

Coordonné géographique :

- Latitude : 32°58'44,71'' N
- Longitude : 5°59'8,96'' E
- Altitude : 70 m

Temps : ensoleillé

Végétation : aucune

Topographie : plane

Etat de surface : sol nu

Date : 21/12/2016

BL1H1 (0- 44cm)

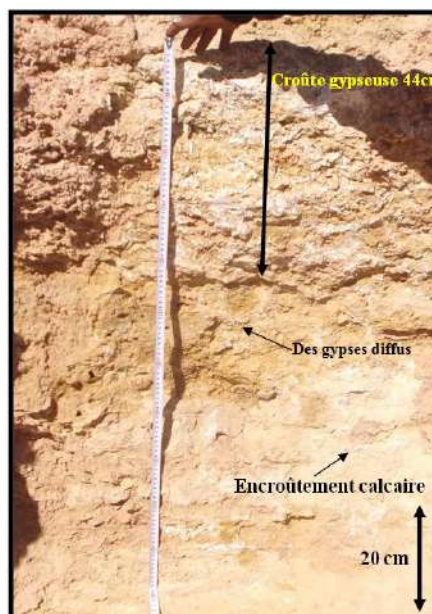


Photo 7 : Profil BL1

Croûte gypseuse, de couleur à l'état humide 2,5Y 6/8 (Olive yellow), sec, à structure grenue, avec une nulle effervescence à l'HCl. Présence de tâches blanches. C'est un horizon compact. La limite est régulière

BL1H2 (44- 70 cm)

Horizon à texture sablo-limoneuse, de couleur 2,5Y 5/6 (light olive brown), sec, à structure, polyédrique, avec une très faible effervescence à l'HCl, présence des tâches noirâtres et d'autres blanchâtres. C'est un horizon très compact, la limite est ondulée.

BL1H3 (70- 91 cm)

Horizon à texture sableuse, de couleur 10YR 5/8 (yellowish brown), sec, à structure grenu, avec une moyen effervescence à l'HCl, avec des tâches blanchâtres de nature calcaire. C'est un horizon peu compact, la limite est lobée.

BL1H4 (91-101cm)

Horizon à texture limoneuse, de couleur à l'état humide 10YR 5/6 (yellowish brown), sec, à structure grumeleuse, avec une nulle effervescence à l'HCl, peu d'éléments grossiers, avec l'existence de tâches blanchâtres de nature gypseuse. C'est un horizon compact, la limite est régulière.

BL1H5 (>101 cm)

Horizon à texture limono-sableuse, de couleur à l'état humide 10YR 6/6 (Brownish yellow), sec, à structure polyédrique, avec une très faible effervescence à l'HCl. Présence de tâches blanchâtres de nature gypseuse. C'est un horizon très compact. La limite est nette.

III.1.5.2. Données analytiques

Les tableaux 6 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil BL1.

Tableau 6 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe BL1.

La coupe Tm2												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
BL1H1	0 – 44	27,45			44,7	27,85	Sable loameux	27,17	8,5	0	10,55	1,75
BL1H2	44 – 70	27,95			56,05	16	Sable loameux	28,11	7,7	1,59	3,91	2,14
BL1H3	77 – 91	37,2			40,25	22,55	Loam argileux	12,42	7,6	12,74	4,87	1,71
BL1H4	91 – 101	27,25			53,55	19,2	Sable loameux	37,50	7,2	0	6,42	1,00
BL1H5	>101	5,64	12,57	10,4	66,06	5,33	Loam sableux	30,16	7,3	1,59	2,50	0,50

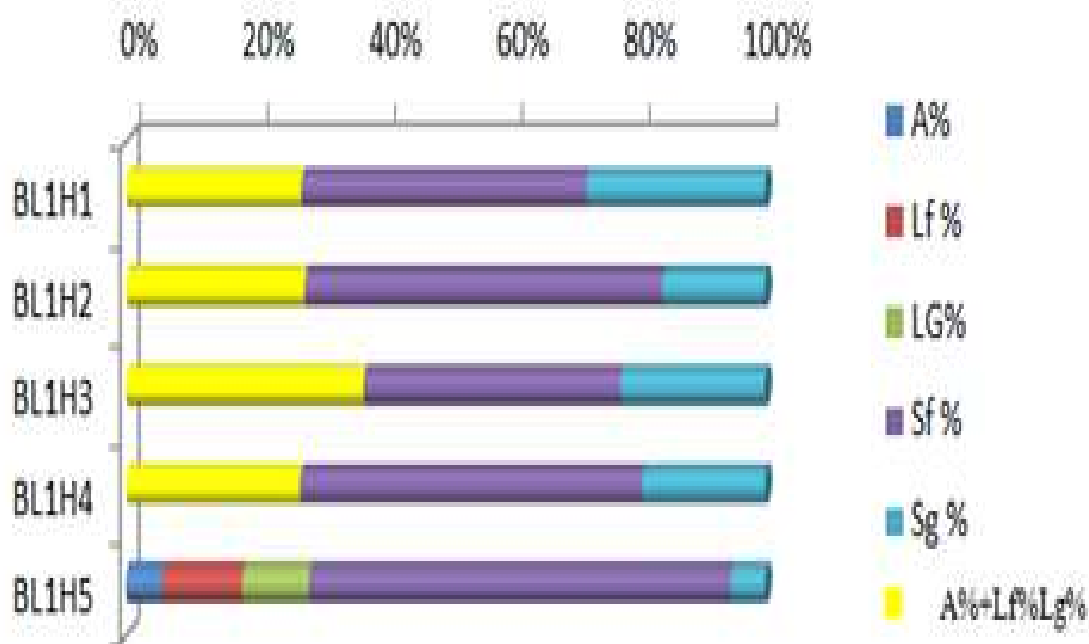


Figure 16 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil BL1).

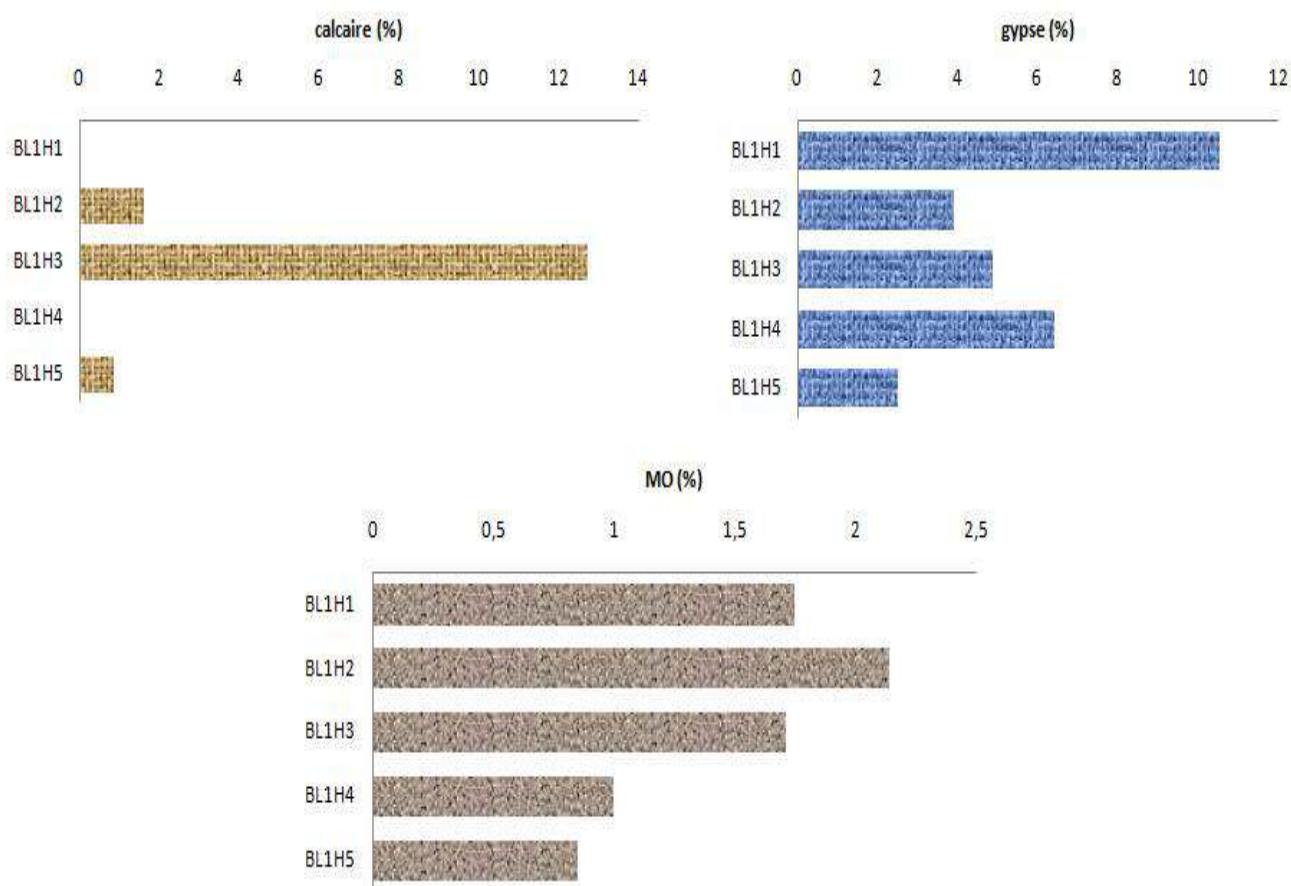


Figure 17 : Variation du calcaire total, du gypse et de la MO, en fonction de la profondeur (Profil BL1).

III.1.5.3. Interprétation

D'après L'analyse granulométrique de cette coupe (Tableau 6 et Figure 16), la texture de tous les horizons est sablo-limoneuse avec la dominance de la fraction sable fin (figure 01 annexe).

Selon l'échelle de la salure (Aubert, 1978), ce sol est extrêmement salé, car il varie entre 12,42 et 37,50 dS/m. D'après (le tableau 2 Annexe), le pH de cette coupe est neutre, légèrement à moyennement alcalin, il varie entre 7,2 et 8,5 (tableau 6).

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total (Tableau 6 et Figure 17) montrent qu'il varie entre 0 % et 12,74 %. À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 Annexe), on peut classer les niveaux de cette coupe en trois catégories : des horizons non calcaires (BL1H1 et BL1H4), des horizons peu calcaires (BL1H2 et BL1H5) et des horizons modérément calcaires (BL1H3).

Concernant le taux de gypse les résultats des analyses effectués sur cette coupe (Tableau 6 et Figure 17) révèlent un taux de gypse qui varie entre 2,50 % et 10,55 % avec une diminution remarquable du taux en allant vers la profondeur et montrent selon (le tableau 4 annexe) que tous les horizons sont légèrement gypseux. L'analyse du taux de matière organique permet d'estimer un taux compris entre 0,85 % et 2,14 % (Tableau 6 et Figure 17), selon (le tableau 5 Annexe), le taux est très faible dans les horizons BL1H4 et BL1H5, faible dans les horizons BL1H1 et BL1H3, moyen au niveau de BL1H2.

III.1.6. Caractérisation morphologique et analytique du profil BL2

III.1.6.1. Description morphologique

Localisation : le nord-ouest de Blidet
Amour

Coordonné géographique :

- Latitude : 32°58'45,37'' N
- Longitude : 5°59'10,06'' E
- Altitude : 86 m

Temps : ensoleillé

Végétation : aucune

Topographie : plane

Etat de surface : sol nu

Date : 21/12/2016

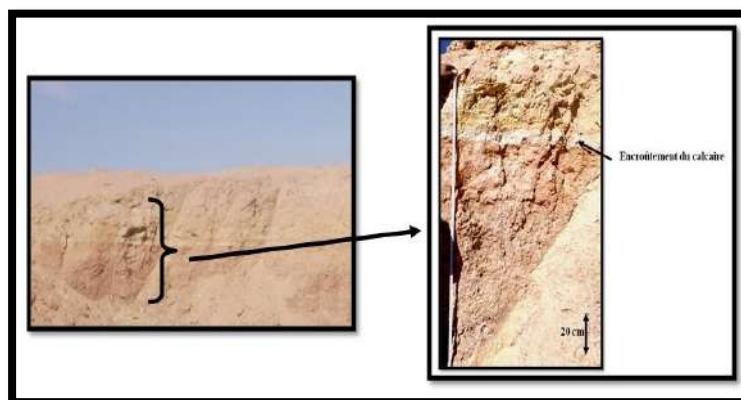


Photo 8 : Le profil BL2

BL2H1 (0 -12cm)

Horizon à texture limoneuse, de couleur à l'état humide 2,5YR 6/6 (light red), sec, à structure polyédrique, avec une forte effervescence à l'HCl. Il présente moins de 3% des éléments grossiers de dimension 1 à 2 cm. Présence de tâches blanchâtres. C'est un horizon compact, la limite est régulière.

BL2H2 (12 -20cm)

Horizon à texture sablo-limoneuse, de couleur 2,5 Y 6/6 (light yellowish brown), sec, à structure grumeleuse. Cet horizon présente une faible effervescence à l' HCl. La limite est régulière.

BL2H3 (20 -27cm)

Horizon à texture limono-argileuse, de couleur 5 Y 6/3 (Pale olive), sec, à structure grenue, avec une forte effervescence à 'HCl. Il représente un encroûtement calcaire, la limite est régulière.

BL2H4 (> 27 cm)

Horizon à texture limono- argileuse, de couleur 5YR 5/6 (reddish brown), sec, à structure polyédrique sub-anguleuse, avec une forte effervescence à l'HCl. Présence de tâches blanchâtres. Cet horizon est très compact.

III.1.6.2. Données analytiques

Les tableaux 12 et 13 présentent les résultats de la granulométrie et des analyses physico-chimiques pour le profil BL2.

Tableau 7 : Caractérisation granulométrie et physico-chimique du la coupe BL2.

La coupe Tm2												
Echa	Prof (cm)	Granulométries						Les résultats analytiques				
		A %	Lf %	Lg %	Sf %	Sg %	Texture	CE ds/m à 25°C	pH	Calc T (%)	Gypse %	M.O %
BL2H1	0 – 12	3,3			72,5	24,2	Sable	5,07	7,3	36,10	2,14	0,37
BL2H2	12 - 20	12,4			55,8	31,8	Sable loameux	10,67	6,9	1,06	5,24	0,26
BL2H3	20 - 27	1,2	12,5	2,2	81,21	2,89	Limon	52,55	6,5	25,22	3,17	0,58
BL2H4	>27	3,22	13,31	0,2	76,16	7,11	Limon	11,26	6,83	22,83	1,92	0,74

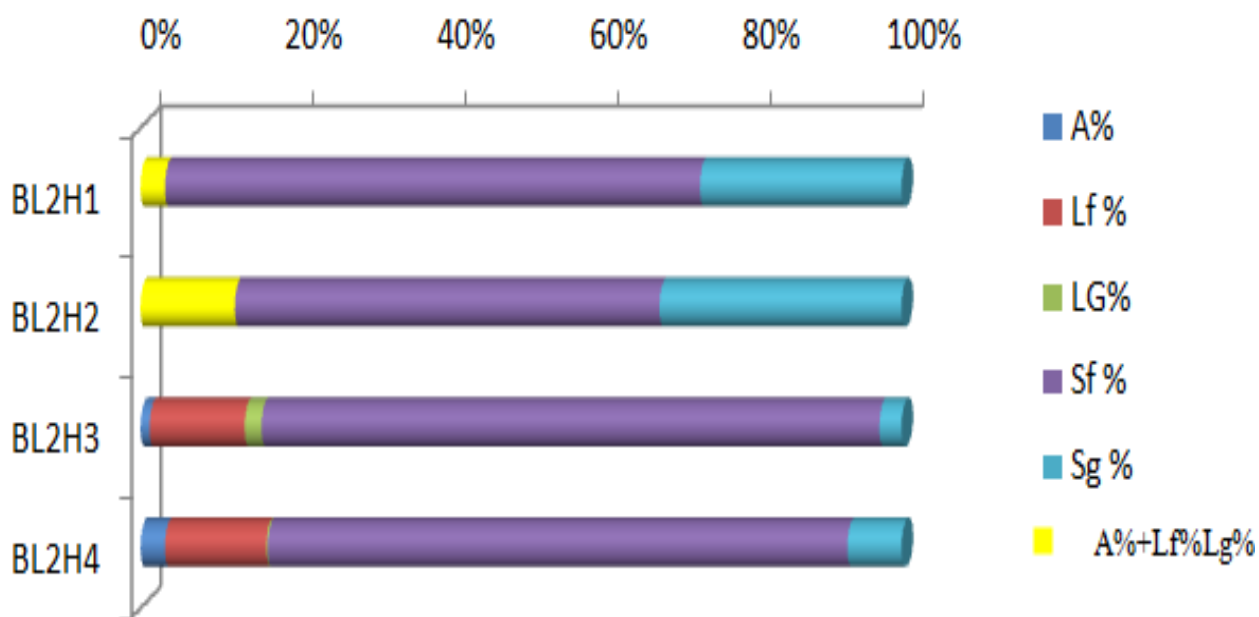


Figure 18 : Variation des fractions granulométriques en fonction de la profondeur (Profil BL2).

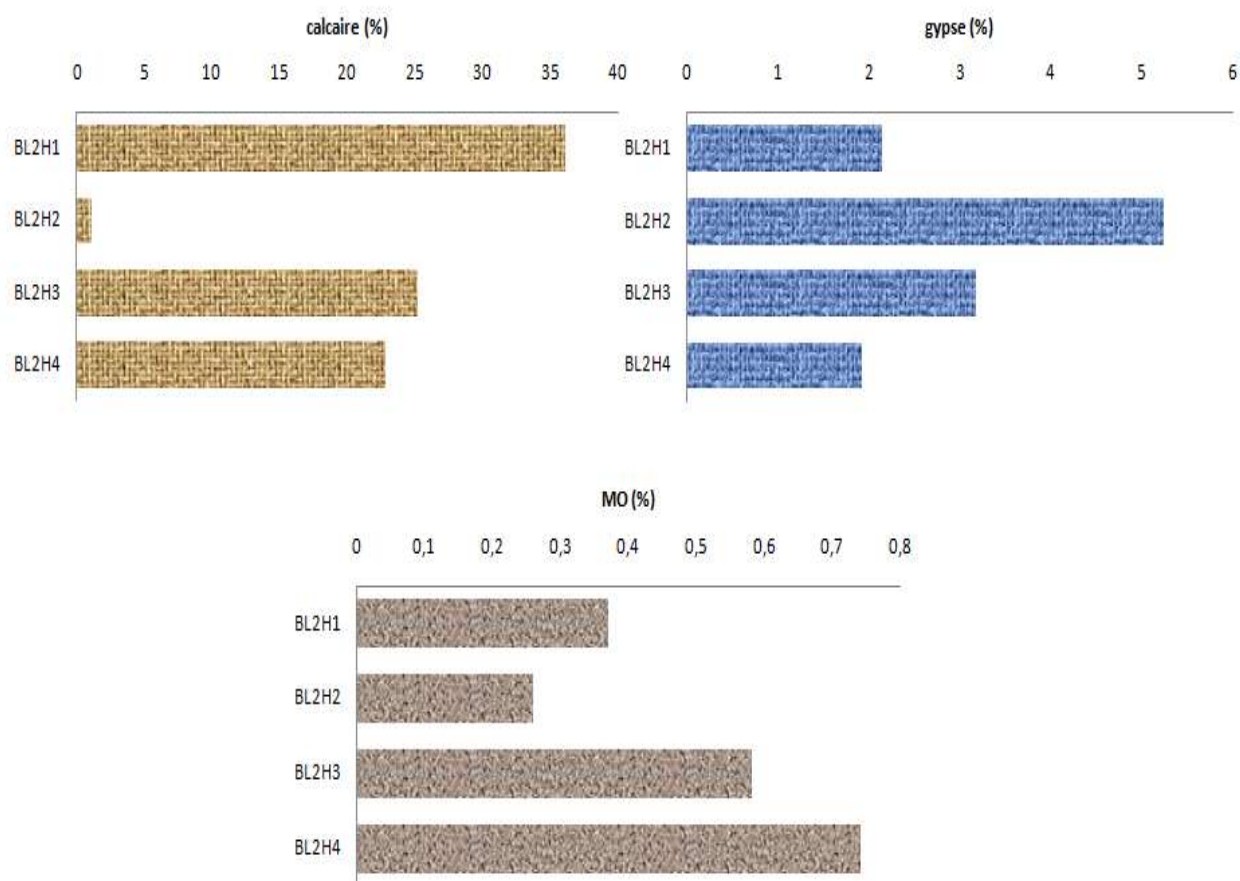


Figure 19 : Variation du calcaire total, du gypse et de la M.O. en fonction de la profondeur (Profil BL2).

III.1.6.3. Interprétation

L'analyse granulométrique de cette coupe (Tableau 7 Figure 19), montre que la texture dans tous les horizons est sableuse avec la dominance de la fraction sable fin.

Selon (le tableau 2 annexe), les valeurs de la conductivité électrique (Tableau 7) de cette coupe montrent que c'est un sol très salé à extrêmement salé, car la CE varie de 2,5 jusqu'à 6 (dS/m). Alors que le pH de sol (tableau 7) est légèrement acide à neutre, et varie entre 6,5 et 7,3 (Tableau 1, annexe) (AUBERT, 1978).

Les résultats obtenus pour le taux de calcaire total (Tableau 7 et Figure 20) montrent qu'il varie entre 1,06 % et 36,10 %, À partir de ces résultats et selon (le tableau 3 annexe), on peut classer les niveaux de cette coupe en trois catégories : des horizons peu calcaire (BL2H2), modérément calcaire (BL2H4) et des horizons fortement calcaire (BL2H1, BL2H3). Par contre le taux de gypse dans cette coupe varie inversement que le taux de calcaire. On remarque que les

résultats des analyses effectués sur cette coupe (Tableau 7 et Figure 20) révèlent un taux de gypse qui varie entre 1,92 % et 5,24 %, Selon (le tableau 4 annexe) tous les horizons sont légèrement gypseux, L'analyse du taux de matière organique permet d'estimer un taux compris entre 0,26 % et 0,74 % (Tableau 7 et Figure 20), selon (le tableau 5 Annexe) le taux est très faible dans tous les horizons de la coupe.

III.2. Résultats de l'étude minéralogique des argiles par spectroscopie IRTF

Les spectres obtenus de l'étude minéralogique de la fraction argileuse ($< 2\mu\text{m}$) par spectroscopie IRTF sont présentés au niveau des figures 20 à 25.

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 (MADEJOVA, 2003).

Les spectres obtenus montrent la présence d'une bande intense aux alentours de 3625 cm^{-1} dans le domaine d'élongation des liaisons hydroxyles (OH stretching). Selon FARMER (1974), Al_2OH stretching d'une montmorillonite dioctaédrique se situe aux alentours de 3630 cm^{-1} . Et selon NAYK et SINGH (2007), cette bande peut être aussi attribuée à la Kaolinite.

On note aussi la présence des bandes aux alentours de $3645, 3687, 3625$ et cm^{-1} attribuées à la kaolinite (FARMER et RUSSELL, 1964; FARMER, 1968; NAYAK et SINGH, 2007). Selon FARMER (1968), une kaolinite bien cristallisée présente quatre liaisons distinctes dans le domaine des OH stretching entre 3700 et 3620 cm^{-1} .

Au niveau du deuxième et du troisième horizon de la coupe Tm2, on observe un épaulement à 3618 cm^{-1} , qui indique selon BOUNA (2012) la présence de la palygorskite.

Une bande d'absorption à $3417,6\text{ cm}^{-1}$ dans les trois premiers horizons Tm2H1, Tm2H2 et Tm2H3 peut aussi indiquer selon MADEJOVA et KOMADEL (2001), la présence de la palygorskite.

Une bande d'absorption à $3402,2\text{ cm}^{-1}$, peut indiquer la présence de la montmorillonite (ROUSSET, 2011).

Une bande aux alentours de 470 cm^{-1} indique la présence de l'illite (SRASRA et al., 1994). On note aussi dans les horizons de la coupe Tm1 un pic intense à $1033,8\text{ cm}^{-1}$ qui peut indiquer la présence de la Kaolinite et/ou l'illite (NAYAK et SINGH, 2007).

Un doublet à $798,5\text{ cm}^{-1}$ et 779 cm^{-1} est aussi observé. Il est attribué selon BOUNA (2012) et TRUCHE (2010) à la présence du quartz.

Dans le domaine des Si-O stretching, on note l'apparition d'une bande d'absorption aux alentours de 916 cm^{-1} indiquant la présence de la kaolinite et/ou de l'illite (NAYAK et SINGH, 2007).

Une bande d'absorption de 524 cm^{-1} indique la présence de l'illite (DAVARCIOGLU, 2011).

Des bandes d'absorption à $458,2$ et $424,3\text{ cm}^{-1}$ observées dans les horizons de la coupe Tm2 sont attribuables selon MADEJOVA et KOMADEL (2001), à la présence de la Palygorskite.

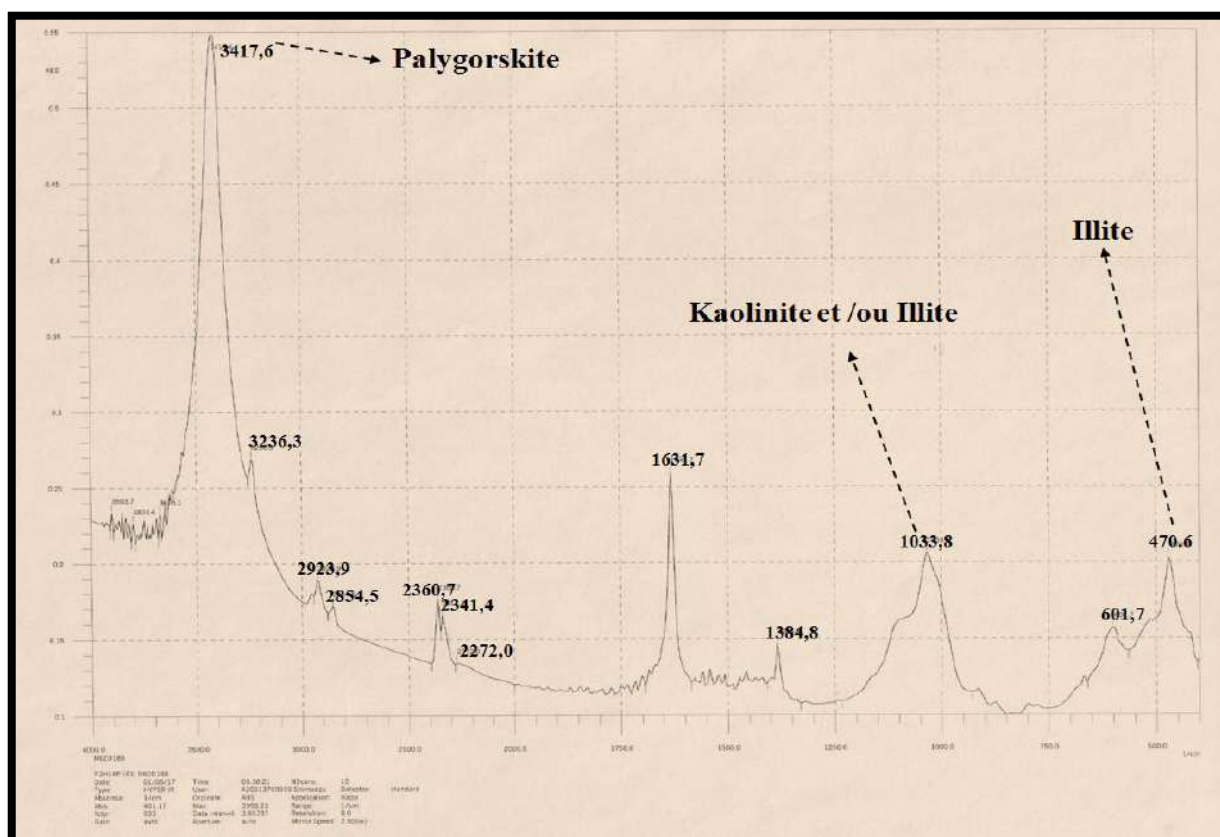


Figure 20 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H1.

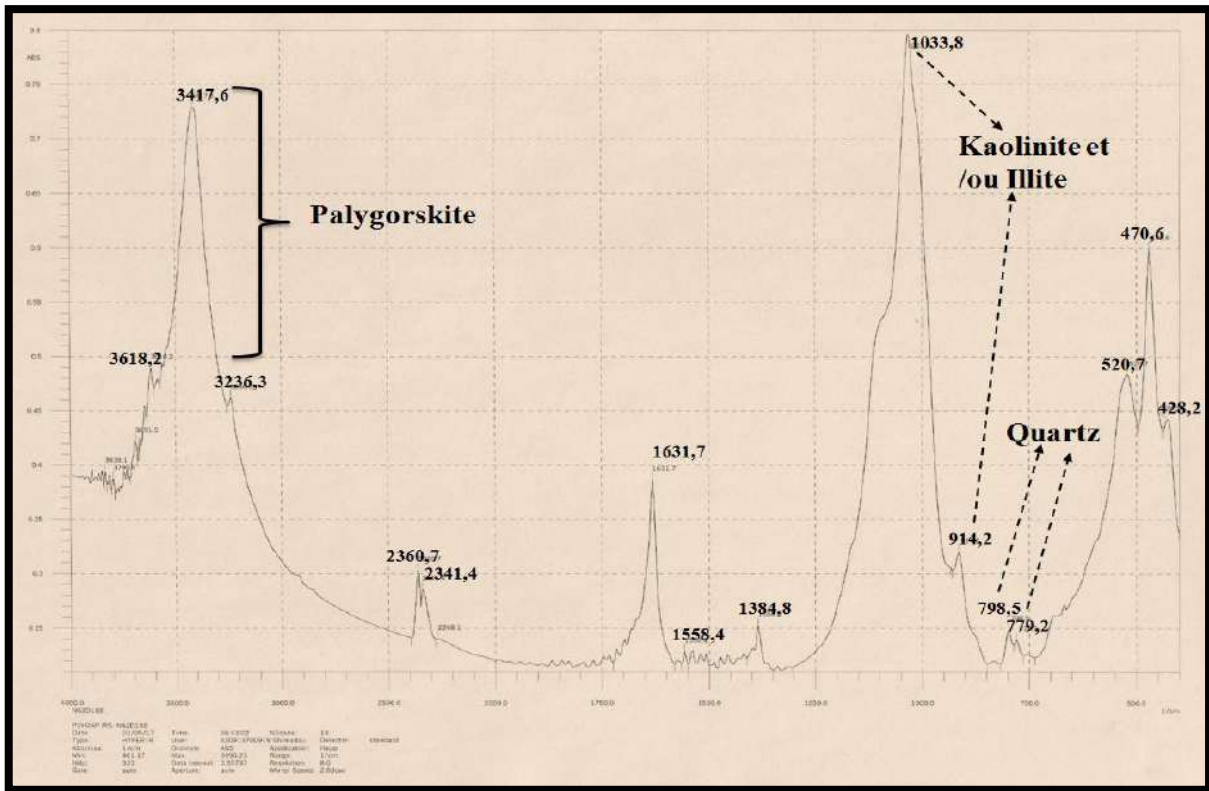


Figure 21 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H2.

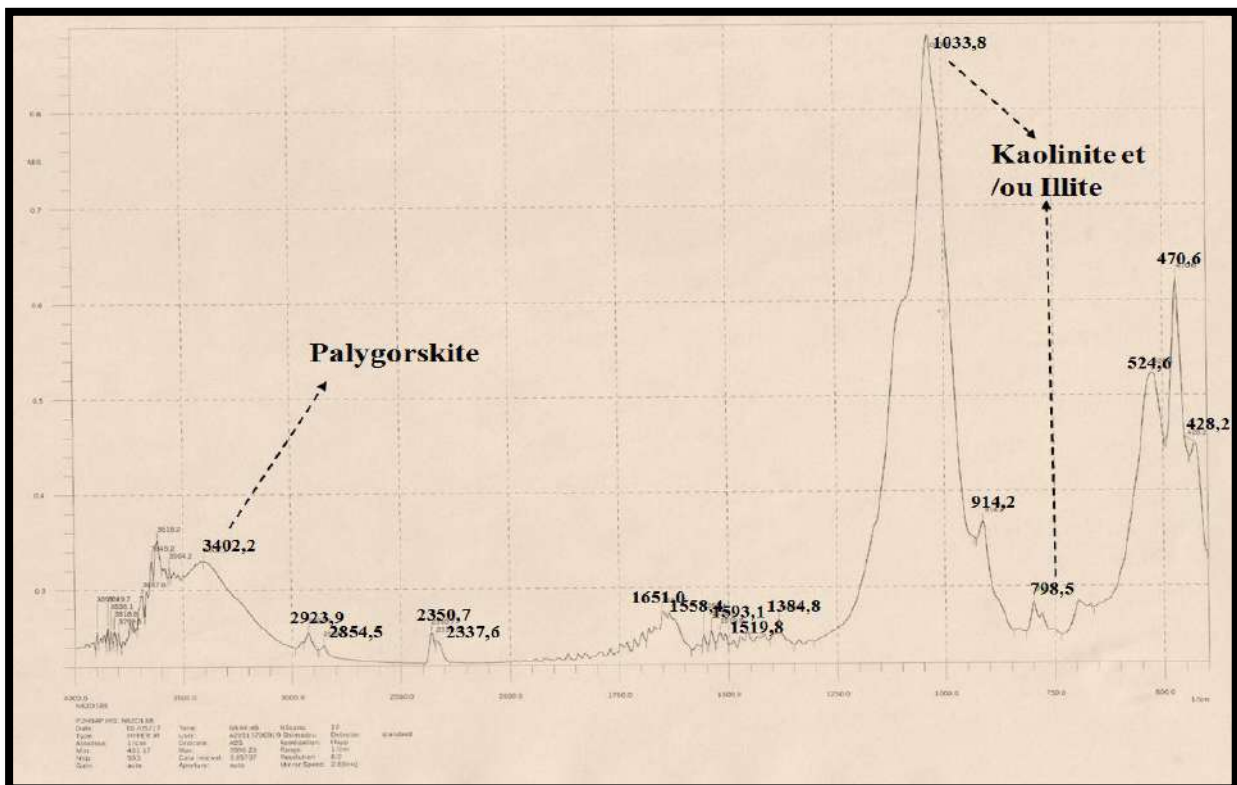


Figure 22 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H3.

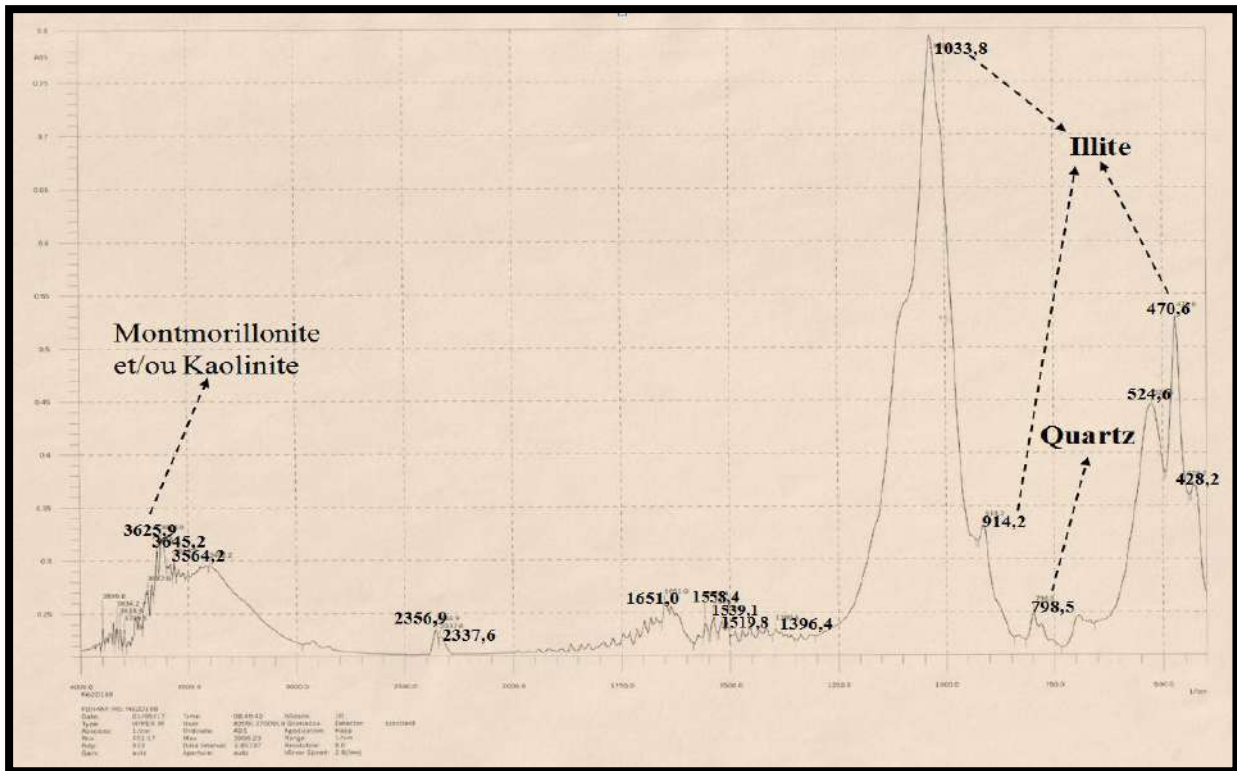


Figure 23 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H4

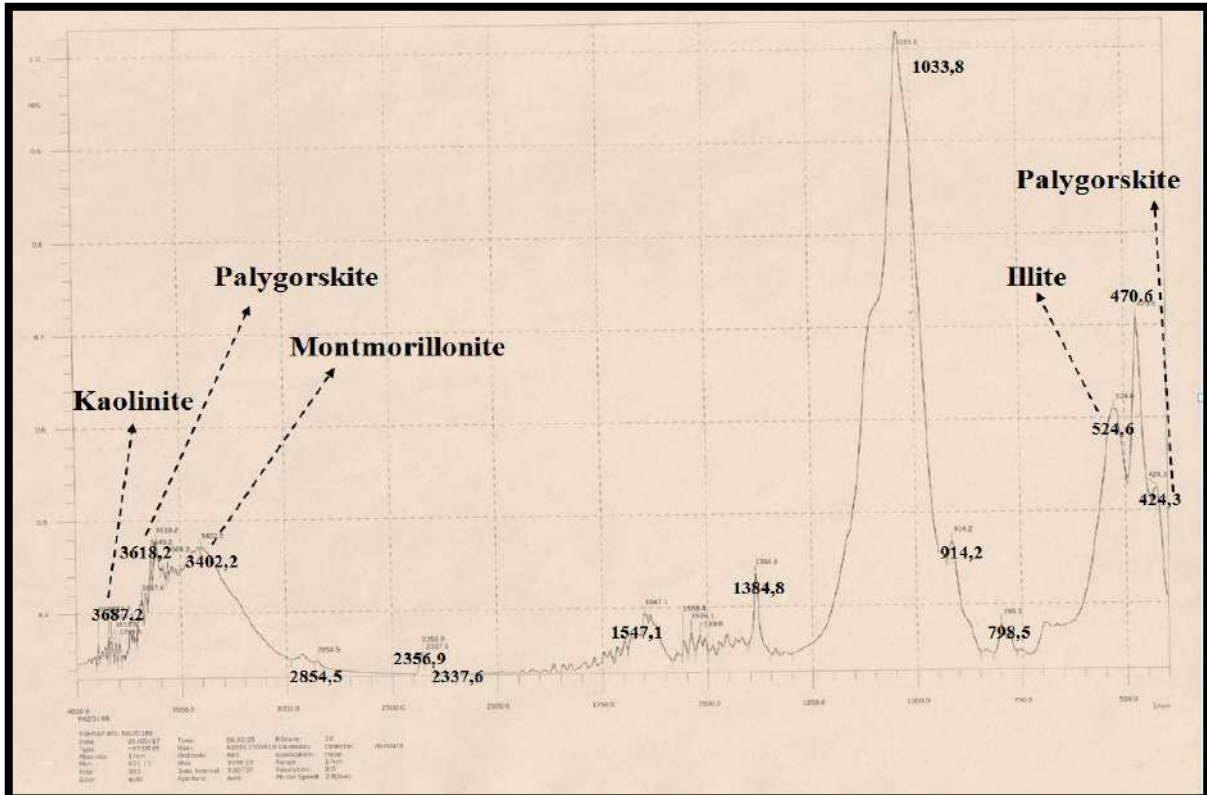


Figure 24 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon Tm2H5

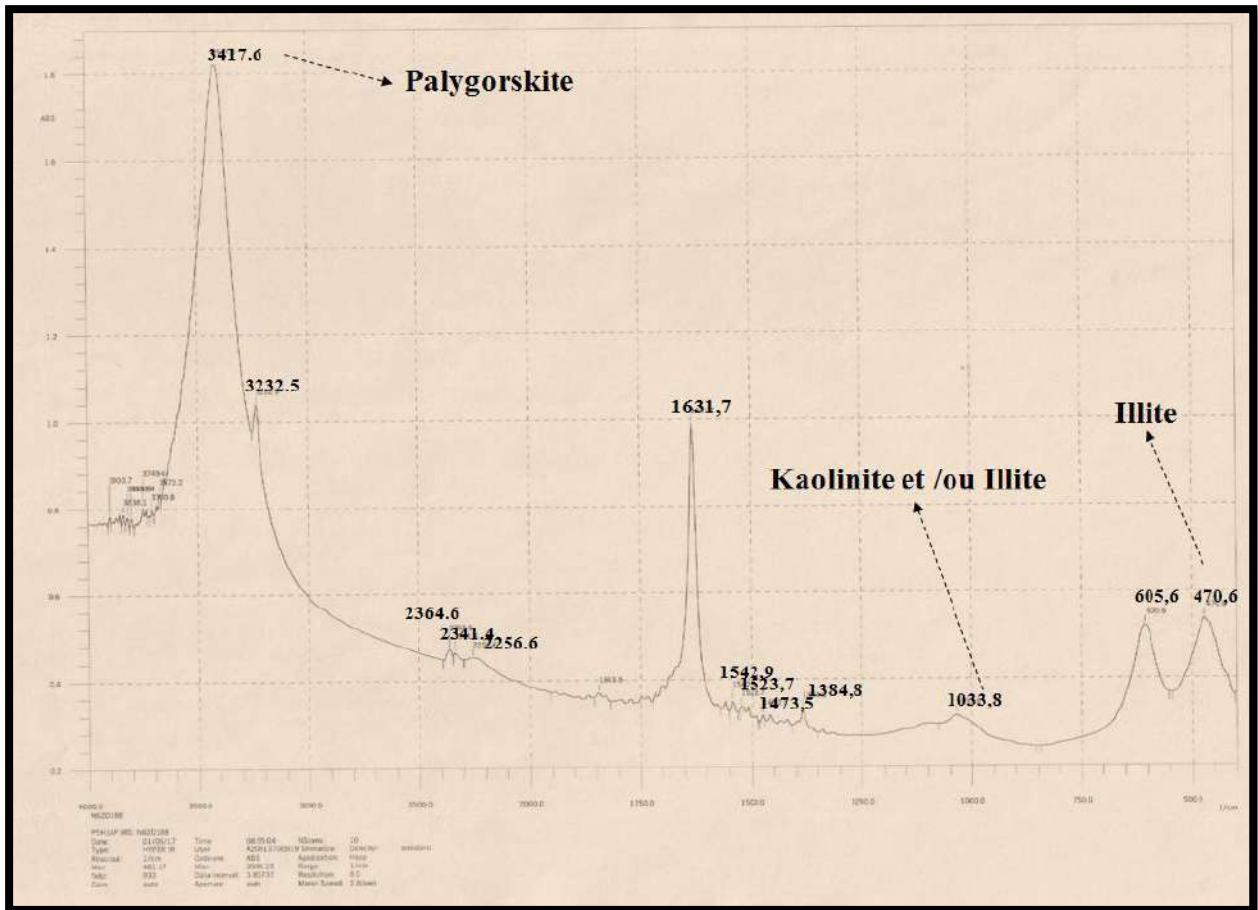


Figure 25 : Spectre FTIR d'absorbance de l'horizon BL1H1.

Chapitre IV : Discussion

Chapitre IV : Discussion

IV.1. Les coupes de Temacine : Tm1 et Tm2

D'après les résultats obtenus, les deux profils présentent une texture sablo-limoneuse, limoneuse et limono-argileux, avec des fentes de dessiccation trouvées au niveau de Tm2, une faible teneur en matière organique, avec un pH légèrement alcalin, et sont extrêmement salées. Ces sols sont extrêmement calcaires et présentent des tâches blanchâtres de forme diffuse et des nodules bien marqués dans la coupe Tm2. Alors que nous constatons que ces sols sont légèrement gypseux ; les valeurs du gypse dans les deux coupes sont variables du bas vers le haut présentant un maximum de 4,73 %.

IV.2. La coupe Tm3

D'après les analyses morphologiques et analytiques obtenus, cette coupe présente une nette stratification montrant des couleurs différentes. C'est une coupe, avec des teneurs relativement importantes en éléments fins, une faible teneur en matière organique, avec un pH neutre à moyennement alcalin. C'est un sol très salé à extrêmement salé. La teneur du calcaire au niveau de Tm3H1 et Tm3H2 est presque néant (non calcaire), alors qu'à ces niveaux ces sols sont légèrement gypseux, il a été noté des cristaux de gypse et des argiles vertes. En profondeur du profil et au contraire de ces deux derniers horizons nous avons trouvés que les teneurs du calcaire sont plus importantes et celles du gypse sont plus faibles.

IV.3. La coupe Tm4

Ce profil est caractérisé par des stratifications et des lits de couleurs blanchâtres et de nature calcaire, clairement marqués en forme de plissement au niveau de Tm4H4, Tm4H5 et Tm4H6, avec une texture sable fin, une faible teneur en matière organique, un pH neutre, légèrement à moyennement alcalin. C'est un sol très salé à extrêmement salé, légèrement gypseux. La teneur du calcaire total dans ce profil est variable entre : peu calcaire, modérément calcaire et fortement calcaire, il est due aux formes des accumulations de calcaire qui existent au niveau de ce profil à savoir : les amas et les lits calcaire bien claire (Photo 06).

IV.4. La coupe de Blidet Amour : BL1

Ce profil est caractérisé par une texture sablo-limoneuse avec la dominance de la fraction sable fin et une faible teneur en matière organique. Il est légèrement gypseux présentant un pH neutre, légèrement à moyennement alcalin. C'est un sol peu à extrêmement salé. Le taux de calcaire et celui du gypse ont une relation inverse, on note que le sol au niveau de BL1H3 est modérément calcaire. C'est un sol légèrement gypseux avec l'existence du gypse sous la forme diffuse et la croûte gypseuse.

IV.5. La coupe de Blidet Amour: BL2

Ce profil est caractérisé par une stratification marquée par l'existence d'horizons de couleurs différentes, une texture à dominance du sable fin et une faible teneur en matière organique. Il est légèrement gypseux, ayant un pH légèrement acide à neutre, c'est un sol très salé à extrêmement salé, la teneur du calcaire est forte au niveau de BL2H1 et BL2H3 ; ce dernier horizon représente un encroustement calcaire.

IV.6. Les fentes de dessiccation et la stratification des couches

Les fentes de dessiccation observées au niveau du profil Tm2H5, signifie la présence du phénomène de gonflement -retrait.

D'après AUTHOR (2016), ce phénomène est en relation avec des facteurs internes (liés à la nature des sols : lithologie, la composition minéralogique, la profondeur et l'épaisseur de l'horizon argileux) et de facteurs dit d'environnement (en relation avec le site)

Les phénomènes climatiques exceptionnels sont le principal facteur de déclenchement du phénomène. Les variations de teneur en eau du sol sont liées à des variations climatiques saisonnières. Les désordres seront plus importants dans le cas d'une sécheresse particulièrement marquée, intervenant à la suite d'une période fortement arrosée (par sa durée et par les cumuls de pluie observés). Deux paramètres primordiaux entrent en jeu : l'évapotranspiration et les précipitations.

Les coupes Tm3, Tm4 et BL2 montrent une stratification bien visible. Il s'agit de lits subhorizontaux de couleurs différentes. D'après BENSaad (2011), cette stratification est indicatrice d'un dépôt de faible énergie.

IV.7. Les accumulations du calcaire dans le sol

A partir de l'étude réalisée, dans la région de Touggourt nous avons déterminés les formes des accumulations de calcaire suivantes: la forme diffuse, l'encroûtement, les amas et les nodules.

Le calcaire se caractérise par sa teneur, mais aussi par sa forme dans le sol. Dans beaucoup de cas c'est la forme qui détermine le trait essentiel du profil, surtout, quand le calcaire s'individualise sous forme continue (DJILI, 2000).

Un sol calcaire est un sol qui contient surtout ou une partie de son épaisseur, du carbonate de calcium libre dans la terre fine ou pour le moins dans la fraction grossière, le calcaire (CaCO_3) doit être en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible, sous l'action de l'acide chlorhydrique à froid (LOZET et MATHIEU, 1990).

Selon DUTIL (1971), les quantités de précipitations actuelles sont encore relativement faibles pour expliquer le phénomène de l'accumulation diffuse du calcaire. Cette forme a été observée au niveau des sols étudiés dans la région de Touggourt. Selon RUELLAN (1967), l'accumulation du calcaire commence toujours par une accumulation diffuse.

Les nodules calcaires sont les témoins d'une variation rapide et importante d'une hydromorphie relativement poussée par des eaux qui apportent beaucoup de calcaire (RUELLAN, 1967). Elles indiquent donc une formation sous des conditions plus humides que celle de la région d'étude.

D'après RUELLAN (1967), l'existence des amas calcaires dans les régions sahariennes indique qu'ils sont fossiles et témoignent d'un milieu humide qui a aujourd'hui disparu.

En terme de bilan géochimique, l'existence de croûtes et d'encroûtements signifie que des eaux suffisamment abondantes et agressives étaient capables de mettre en solution une quantité importante de carbonates de provenances diverses (roches en place, dépôts détritiques, apports de poussières éoliennes), mais aussi que les conditions bioclimatiques étaient telles que la totalité de ces solutions n'était pas exportée à l'extérieur des « paysages » et qu'au contraire une partie d'entre elles précipitait à une relative proximité de leur source (BEAUDET, 1986). Il convient donc d'éliminer de la gamme des climats Quaternaires responsables de ces accumulations les

climats trop arides ou trop humides, les premiers ne permettant pas une mise en solution suffisante, les seconds provoquant l'exportation lointaine des solutions (BEAUDET, 1986).

De ce fait, les formes d'accumulation calcaires que nous avons observée lors de notre étude des profils de sol de la région de Touggourt indiquent que leur formation était possible sous des conditions plus humides que celles qui caractérisent la région d'étude actuellement. En effet, selon DJILI et *al.* (1999), pour les zones avec une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 350 mm, le climat actuel semble peu affecter la distribution des formes et des taux de calcaire dans les sols, c'est l'héritage des climats passés qui est conservé.

IV.8. Les accumulations du gypse dans le sol

A travers notre étude dans la région de Touggourt, nous avons trouvé différentes formes d'accumulation du gypse : la forme diffuse, la croûte, et les cristaux de gypse.

Le gypse est un minéral très fréquent dans les sols des régions arides et semi-arides, ce qui est liée à sa solubilité (PORTA, 1998). En effet, c'est l'équilibre du lessivage par rapport à l'évaporation qui favorise l'accumulation et la persistance de gypse dans les sols ayant des régimes d'humidité arides ou xériques (CASBY-HORTON et *al.*, 2015).

Dans la vallée de l'oued Righ, l'origine du gypse est due essentiellement à l'influence de la nappe sub-affleurante trop chargée en sels solubles et à l'intensité de l'évaporation qui peut atteindre dans la région de chott Mérouane 2712,64mm/an (MRABET, 2011). Un autre facteur non négligeable est aussi responsable de cette distribution, c'est le vent, caractéristique climatique actuelle des régions sahariennes (BOULAINÉ, 1954; COQUE, 1962; BELKHODJA, 1971; BENNADJI, 1996).

De ce fait les accumulations observées peuvent avoir deux origines l'une est l'origine éolienne et l'autre est l'origine de la nappe.

Concernant, les croûtes gypseuses plusieurs études (POUGET, 1968; DUTIL, 1971; YUCEF et *al.*, 2014; YUCEF, 2016) ont confirmées qu'elles résultent d'une formation à partir d'une nappe phréatique proche de la surface.

La croûte étudiée ressemble aux croûtes étudiées par YUCEF (2016), qui a attribuée leur origine à un niveau plus élevé de la nappe phréatique, vu leur épaisseur très importante qui a

nécessité surement des quantités importantes d'eau et une nappe d'eau proche de la surface pour véhiculer cette quantité énorme de gypse, puis une évaporation très intense pour permettre la consolidation de ces croûtes gypseuses.

Les conditions hyperarides de la région d'étude sont favorables pour la préservation des croûtes gypseuses et des accumulations gypseuses en général. Dans le site de la coupe BL1 où nous avons observé la croûte gypseuse, la nappe phréatique n'est pas proche de la surface ce qui signifie que cette accumulation de gypse d'une épaisseur de 44 cm est expliquée par une formation sous des conditions plus humides quand le niveau de la nappe phréatique était plus élevé.

Cependant, pour les cristaux de gypse visibles à l'œil nu dans les sols étudiés, il est probable que leur origine est éolienne indiquant ainsi des conditions d'aridité.

IV.9. Interaction gypse- calcaire

Cette relation est représentée par la courbe de régression linéaire (Figure 26), qui montre une faible corrélation négative entre ces deux éléments ($r = -0,31$).

Plusieurs travaux (BOYADGIEV, 1974 ; BACI, 1984 ; F.A.O, 1990 ; FLOREA et AL-JOUMAA, 1998) ont montré que l'augmentation du taux de gypse entraîne la diminution de la teneur en calcaire et vis versa et selon VIELLEFON (1976), le gypse et le calcaire dans le sol ne sont pas indépendants l'un de l'autre. Quand la quantité de calcaire diminue, celle du gypse augmente. HALITIM et *al.* (1987) montrent que le gypse envahit, détruit et bloque l'évolution des accumulations calcaires.

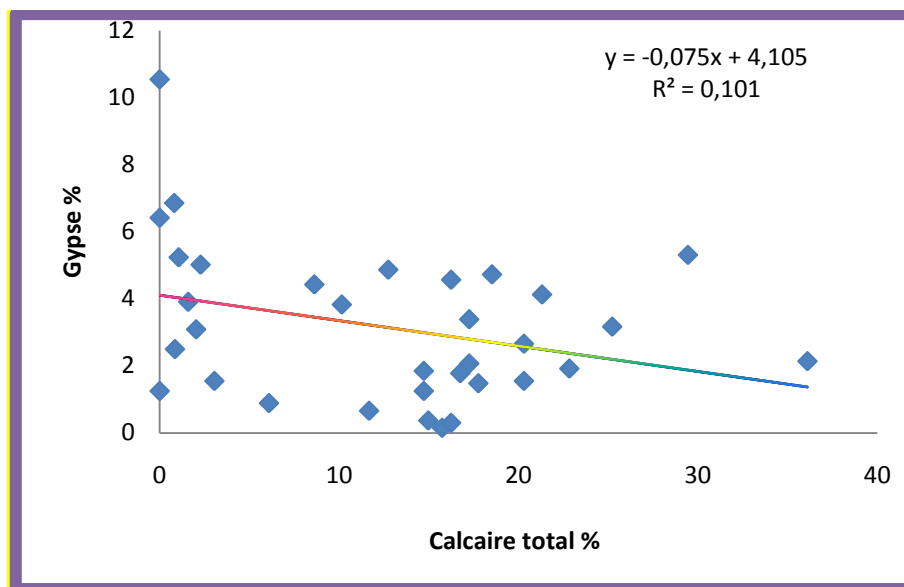


Figure 26 : Relation entre le calcaire et le gypse dans la région de Touggourt.

IV.10. Minéralogie des argiles

La présence de la kaolinite dans les profils étudiés soit en surface soit en profondeur au côté de la montmorillonite et de l'illite reflète un héritage dû à l'altération différentielle de la roche mère. Il ne s'agit pas d'une néoformation de la kaolinite car on ne peut pas atteindre le simple stade de transformation de l'illite à la montmorillonite (PAQUET, 1969).

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 (SINGER, 1980).

La néogenèse de la palygorskite requiert des circulations d'eaux, soit de nappe phréatique, soit de drainage et il est donc exclu qu'elle puisse se former dans des conditions hyperarides telles que celles existants actuellement au Sahara. Cette néogenèse requiert des nappes phréatiques de préférence captives dans les quelles une forte évaporation concentre les ions (MILLOT et *al.*, 1969; ESWARAN et BARZANJI, 1974; SINGER, 1980, 1995; KHADEMI et MERMUT, 1999). Au Sahara la palygorskite se formerait pendant les périodes humides, préférentiellement pendant la phase d'assèchement dans les sols en bordures des paléolacs tandis que sur les marges sahariennes, se sont au contraire les périodes d'aridification qui paraissent être plus favorables à sa formation (FEDDOROF et COURTY, 1989).

Les minéraux argileux détectés dans les sols de la région de Touggourt sont les mêmes que ceux cités par BOUMAARAF (2013) dans la même région, qui les a considérés comme des minéraux hérités de la roche mère. Ces résultats sont conformes aussi avec ceux de HAMDI-AISSA (2001) et YOUCEF (2016) dans la région d'Ouargla.

Conclusion

Conclusion

Ce travail constitue une contribution à la connaissance des sols sahariens en général et de l'étude des événements passés enregistrés dans ces archives naturels. La région de Touggourt est une région saharienne caractérisée par des conditions climatiques hyperarides avec de très faibles précipitations et des températures élevée procurant aux sols de la région la particularité d'une bonne conservation des indicateurs de fonctionnement passé.

A travers l'étude morphologique des profils de sol sur terrain, nous avons pu constater des propriétés ayant une utilité pour la reconstitution des changements anciens. Les accumulations calcaires observées sont: la forme diffuse, l'encroûtement, les amas et les nodules. Ces formes ne peuvent évoluées sous le climat de la région et leur formation a exigé certainement des conditions climatiques plus humides. Quant aux accumulations du gypse, nous avons observé: la forme diffuse, les cristaux de gypse et la croûte. Cette dernière indique un niveau de nappe phréatique plus élevé. Ce dernier coïncide avec les conditions humides du Sahara durant le Quaternaire. Les cristaux de gypse observé au niveau des sols de la région ont par contre une origine éolienne.

A travers les analyses de caractérisation des sols de la région, nous avons constaté que le taux d'argile est relativement plus important par rapport aux sols sahariens. L'étude de la fraction argileuse de quelques échantillons de sol par la Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier nous a révélé que les minéraux argileux contenus dans ces sols sont: la palygorskite, la kaolinite, l'illite et la montmorillonite. Ces derniers sont hérités et ne peuvent évolués dans les sols actuels.

La corrélation entre le gypse et le calcaire est négative ($r = -0,31$), du fait que ces deux sels nécessitent des conditions de formations différentes.

Enfin ce travail, nous a permis de mieux comprendre les conditions de formation de quelques propriétés des sols de la région de Touggourt. Cette dernière a été caractérisée par un passage par des conditions humides permettant surtout la formation des accumulations calcaires et des dépôts d'argile.

Cependant, pour une meilleure compréhension des changements paléoenvironnementaux qui ont touché la région, la combinaison des autres disciplines est plus que nécessaire.

Parmi ces dernières on peut surtout citer l'étude des argiles par diffractométrie à rayons X (DRX) pour confirmer le cortège argileux des sols de la région. Les études micromorphologiques ont aussi montré leur grande utilité dans le cas des études paléopédologiques. Ces études permettent de caractériser le sol sur une échelle microscopique et d'étudier par exemple l'exoscopie des grains de quartz ce qui nous permettra d'avoir une idée sur le mode de transport de ces grains.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABID F., 1995.** : *Caractérisation des sels des sols de l'Oued Righ*. Mém. Ing .Agro. Université de Batna, 47 p.
- ABID M. DERDOURI Y., 2014.** Réutilisation des eaux usées en irrigation : STEP de TOUGGOURT. Mém Ingé. Option : Géologie de l'Ingénieur. Univ Ouargla. P 5.
- ACHOUR A.F., 2003** : Etude bio-écologique de : *Apaté monachus* Fab 1775 (Coleoptera, Bostrychidae) dans la région de l'Oued-Righ Touggourt. Thèse de magister Sc. Agro. , Inst. nat. agro. , El-Harrach, 156 p.
- AUBERT G., 1978.** *Méthodes d'analyses des sols*. Ed. C.R.D.P., Marseille, 191p.
- AUTHOR B., 2016.** Le retrait –gonflement des argiles. Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel. Ministère de l'Ecologie du développement et de l'aménagement. DURABLES.32 P.
- BACI L., 1982.** *Contribution à l'étude de la salinisation des sols du Hodna (M'sila)*. Mem. Ing. INA, El Harrach, 110p.
- BAIZE D., 2000.** *Guide des analyses en pédologie .2ème édition*. INRA, France. 257p.
- BAIZE D. JABIOL B., 2011.** *Guide pour la description des sols*. Ed. Quæ, Versailles, 429 p.
- BARZANJI A-F., 1973.** Gypsiferoussoil of Irak. Thèse de doctorat. Univ. Ghent, 199p.
- BEAUDET G., 1986.** *A propos des croûtes et encroûtements calcaires*. Annales de Géographie: 531: 617-627.
- BELKHODJA K., 1971.** *Origine / Évolution et caractères des salinités dans les sols de la plaine de Kairouan (Tunisie), contribution à leur mise en valeur*. Thèse. Doct . Univ de Toulouse 103 p.
- BELKSIER M-S., 2009.** Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité. Mémoire magistère. Option : Hydrogéologie environnemental et modélisation. Univ ANNABA. P6.
- BENABDELKADER F., 1991:** Contribution à l'étude de la fertilisation phosphatée sur le processus de la fixation biologique de l'azote moléculaire par quatre variétés locales de luzerne à la station INRAA de Touggourt. Mémoire d'Ing. agr., ITAS d'Ouargla, 106 p.

- BENNADJI A., 1998.** Creation d'Oasis dans le Sahara Algerien :*Le projet de Gassi-Touil . Sécheresse* N°4, pp289-298.
- BOULAIN J., 1961.** Géographie des sols, PUF.
- BOUMARAF B., 2013.** caractéristiques et fonctionnement des sols dans la vallée d'oued righ, sahara nord oriental, algerie. Thèse doct. obtenir le grade de docteur de l'université de reimschampagne-ardenne discipline : pedologie . 108p
- BOUNA L., 2012.** Fonctionnalisation des minéraux d'origine Marocaine par TiO_2 en vue de l'élimination par photocatalyse de micropolluants organiques des milieux aqueux.
- BOYADGIEV G., 1974 :** *Les sols du Hodna*. PNUD/FAO. Rome rapport technique N°5. 141 p.
- CAMUZARD J-P., 2001.** La différenciation des sols : facteurs de la pédogenèse. *Engref Paris. 23p*
- CASBY-HORTON S. HERRERO J. ROLONG N-A., 2015.** *Gypsum Soils-Their Morphology, Classification, Function, and Landscapes*. In: *Advances in Agronomy* 130. (Ed. D.L. Sparks,), pp. 231-290. Elsevier.
- DAOUD Y. HALITIM A., 1994 :** Irrigation et salinisation du Sahara algérien, Vol 5, N°3, Pp. 151-160.
- DAVARCIOGLU B., 2011.** Spectral characterization of non-clay minerals found in the clays (Central Anatolian-Turkey). *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(3), pp. 511-522, 4 February, 2011, p 514.
- DJERBI M., 1994.** Précise de phoeniculture, FAO, Rome ,191p.
- DJILI K. DAOUD Y. AYACHE N., 1999.** Analyse de la distribution du calcaire dans les sols de l'Algérie septentrionale. *Etude et Gestion des Sols*, vol. 6, n° 3, pp. 201-213.
- DJILI K., 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Création d'une banque de données informatisées et utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et valorisation des données pédologiques. Thèse Doct d'état. INA (El Harrach). 243p.
- DUBOST D., 1991.** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis Algérienne. Thèse Doc. Uni Ouargla p 547.
- DUBOST D., 2002.** Ecologie, Aménagement et développement Agricole des oasis Algériennes. Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides. 423p.
- DUTIL P., 1971.** *Contribution à l'étude des sols et des paléosols de Sahara*. Thèse doc.D'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg. 346p
- ESWARAN H. BARZANJI A-F., 1974.** Evidence for the neof ormation of attapulgitite in some soils of Iraq. 10th Int. Congr. Soil. Sci., Moscow, VII, 154-161.

- F.A.O., 1990.** Management of gypsiferous soils. FA.O Bull N° 62 Rom- 81p.
- FAO, 2006.** *Profil de projet d'investissement bancable.* Programme détaillé pour le développement de l'agriculture africaine (PDDAA), Italie.
- FARMER V.C. RUSSELL J-D., 1964.** The infra-red spectra of layer silicates. *Spectrochimica Acta* 20: 1149-1173.
- FARMER V-C., 1968.** Infrared spectroscopy in clay mineral studies. *Clay Minerals* 7: 373-387.
- FARMER V-C., 1974.** The layers silicates. In: *The Infrared Spectra of Minerals.* (Ed. V.C. Farmer), pp. 331-363. Mineralogical Society, London.
- FEDOROFF N. COURTY M-A., 1989.** Indicateurs pédologiques d'aridification: *exemple du Sahara.* *Bul. Soc. Géol. Fr.*, 5 : 43-53.
- FEDOROFF N. COURTY M-A., 2002.** Paléosols et sols reliques. In ; *Géologie de la préhistoire : Méthodes, Techniques, Applications.* Ed. Miskovsky J.C. Maison de la géologie, Paris, pp : 277-316.
- GUZZEOUN O., 2009.** Contribution à l'étude spatiale du phénomène de la remontée de la nappe phréatique: problème posé et conséquences sur l'écosystème oasien à Touggourt. *Memo. Inge. Bio. Univ. Ouargla.* 108 p.
- HALILAT M-T., 1998.** Etude expérimentale de sable additionnée d'argile. Comportement physique et organisation en condition saline et sodique. Thèse doctorat., I.N.A.P.G Paris. 250p
- HALITIM A et ROBERT M., 1987.** Interaction du gypse avec les autres constituants du sol, analyse microscopique de sols gypseux en zone aride. (Algérie).
- HALITIM A., 1988.** *Les sols des régions arides d'Algérie.* Ed. O.P.U. Alger. 385p.
- HAMDI-AÏSSA B., 2001.** Le fonctionnement actuel et passé de sol du sud Sahara (cuvette d'Ouargla) approche micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse doct. I.N.A Paris Grignon. 281 p.
- HATHAT., 1990.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de Djamaa. *Memo. Inge. Hyd. Inv. HOUARI BOMMEDIENE.* 95 p
- KHADEMI H. MERMUT A-R., 1999.** Submicroscopy and stable isotope geochemistry of carbonates and associated palygorskite in Iranian Aridisols. *European Journal of Soil Science* 50: 207-216.
- KHADRAOUI A., 2005.** Eau et sols en Algérie ; *Gestion et impact sur l'environnement,* pp 29-32.
- LAKHDARI F., 1980:** Influence de l'Irrigation goutte à goutte et par rigole sur l'évolution de la salinité dans le sol, le rendement et la qualité des dattes « Deglet-Nour ». *Mémoire d'ing. agr., Inst. nat. agro. , El-Harrach,* 63 p.
- LOTFI M., 2010.** Cours de spectroscopie infrarouge. Laboratoire de recherche LGVRNAQ. P1

- LOZET J. MATHIEU C., 1990.** *Dictionnaire de science du sol*. Ed technique de document. Lavoisier. 384p.
- LUCIE P., 2008.** Guide du sol « Largile et Lamotte » ENESAD - Unité Informatique Pédagogique p 34- 73.
- MADEJOVA, J. KOMADEL P., 2001.** Baseline studies of the clayminerals society source clays:infraredmethods. *Clays and Clay Minerals*49 (5): 410-432.
- MADJOVA J., 2003.** FTIR techniques in *claymineralstudie*, 10 p.
- MATHIEU C. et PEITAIN F, 2009.** *Analyse chimique des sols : méthodes choisies* .2^{ème} édition. Edition Tec et Lavoisier. 317p
- MILLOT M-G. PAQUET H. RUELLAN A., 1969.** *Néof ormation de l'attapulгите dans les sols à carapaces calcaires de la basse Moulouya (Maroc oriental)*. Comptes Rendus del'Académie des Sciences de Paris 268: 2771-2774.
- MORAND D-T., 2001.** *Soillandscape of the woodburn1 :100000 sheets*. Department of land and water conservation, Sydney. Pp 271-273.
- MRABET S., 2011.** *Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara sol : analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentales*. In Fedoroff et all. (ED) : *soil micromorphology*, AFES.pp 179-186p.
- NAYAK P-S. SINGH B-K., 2007.** *Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR*. Bulletin of Materials Science 30(3) : 235-238p.
- NESSON C., 1978.** *L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du bas saharien Algérien*. p291.
- O. N. M., 2016.** Données climatiques de la station de Touggourt. Ed. O.N.M.Touggourt, 6 p.
- OULD BABA Sy-M. 2005.** *Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional*. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, 261p.
- OZENDA P., 1977.** *Flore du Sahara*. Ed. C.N.R.S., 622p.
- PAQUET H. MILLOTRUELLAN A., 1969.** *Neof ormation de l'attapulгите dans les sols à carapaces calcaires de la basse Moulouya (Maroc oriental)*. CR. Acad. Sce. Paris n°268 pp2771-2774.
- PORTA J., 1998.** Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils: A review. *Geoderma* 87: 31–46p.
- POUGET M., 1968.** Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le Sud tunisien. *Cahier de l'ORSTOM, série Pédologie* 6: 309-365. Quaternaires du Maroc. *Cahier O.R.S.T.O.M. série Pédologie* 5(4): 421-462p.

- RAGHDA A., 1994.** Contribution à l'étude de la croissance végétative de la fructification et de la relation entre les deux paramètres chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). L) à l'INRAA de Sidi-Mehdi Touggourt. Mémoire d'ing. agr., INESA, Batna, 46 p.
- RISER J., 1999.** *La quaternaire : géologie et milieux naturels*. Ed. Dunod, 328p
- ROBERT P., 2013.** Course outline. *Analytical Chemistry*. College of Business Administration pp 22.
- ROBRET M. TESSIER D., 1974.** *Méthodes de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques*, Paris. Pp 859-882p.
- ROUSSET, D., 2009.** Etude de la fraction argileuse de séquences sédimentaires de la Meuse et du Gard. Reconstitution de l'histoire diagénétique et des caractéristiques physico-chimiques des cibles. Aspects minéralogiques, géochimiques et isotopiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur de Strasbourg. 270 p.
- RUELLAN A., 1967.** Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts
- RUHE R-V., 1956.** *Geomorphic surface and the nature of soils*. Soil science 82, P. 441-445.
- SINGER A., 1980.** *The paleoclimatic interpretation of clayminerals in soils and weathering profiles*. Earth Science Reviews 15: 303-326p.
- SOGREAH P-R., 1971.** Participation à la mise en valeur de l'Oued Righ. Etude agropédologique , Doc. Poly .MTPC.Alger pp7-36p.
- SRASRA E. BERGAYA F. FRIPIAT J., 1994.** Infrared spectroscopy study of tetrahedral and octahedral substitutions in an interstratified illite-smectite clay. *Clays and Clay Minerals* 42 (3) : 237-241p.
- TRUCHE C., 2010.** Caractérisation et quantification des minéraux argileux dans les sols expansifs par spectroscopie infrarouge aux échelles du laboratoire et du terrain. Thèse Doc Minéralogie. Univ Toulous, pp 41-48.
- VIEILLEFON J., 1978b.** *Note sur la description des horizons du profil pédologique* (page2).
- VIEILLEFON J., 1976a.** Inventaire critique des sols gypseux en Tunisie : étude préliminaire. Tunis : DRES ; ORSTOM, (98), 80 p.
- YOUCEF F. HAMDI-AÏSSA B., 2014.** Paleoenvironmental reconstruction from palaeolake sediments in the area of Ouargla (Northern Sahara of Algeria). *Arid Land Research and Management* 28: 129-146.
- YOUCEF F., 2006.** Indicateurs paléo-écologiques dans les sols des bassins endoréïques (Sebkhayet Daya) du Sahara septentrional. Exemple des Sebkhayet d'Ouargla et Mellala et de Dayas d'El-Amied. Mém., Mag, univ Ouargla, 84.

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., doc, univ Ouargla. P35.

Annexes



Photo 01 : différentes fraction du sol



Photo 02: La pipette de

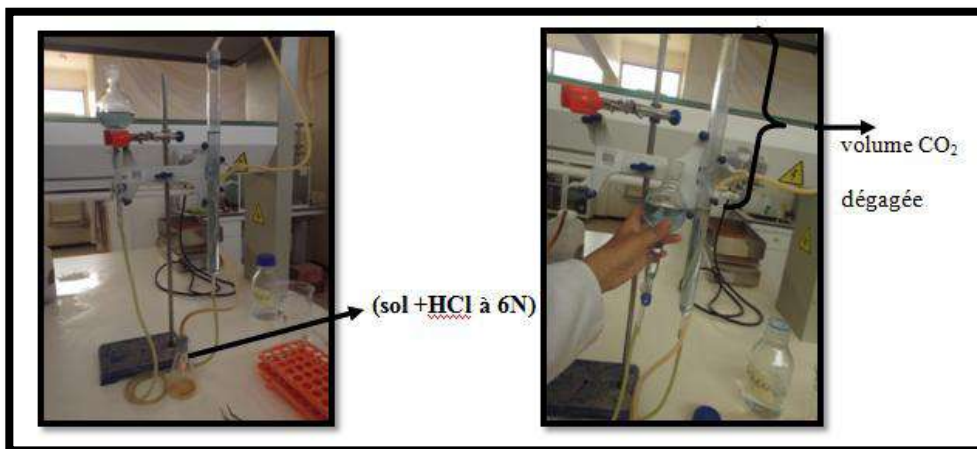


Photo 03: dosage du calcaire par le calcimètre de Bernard.

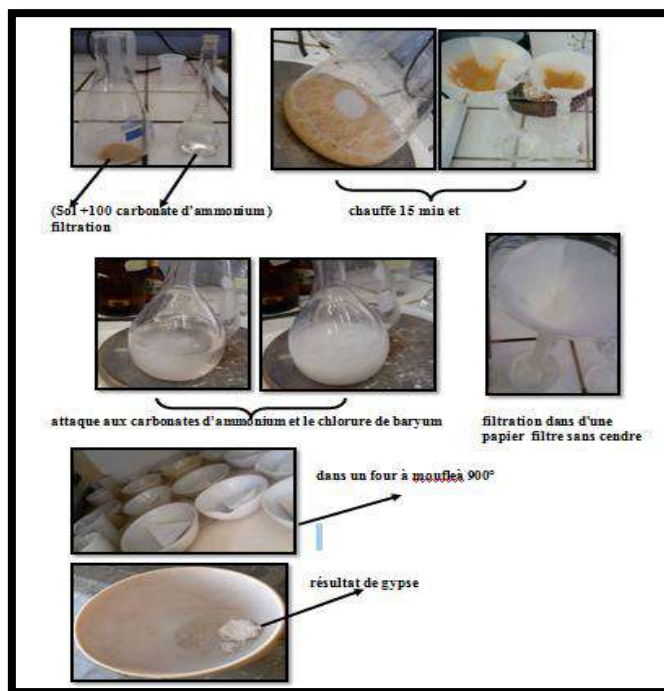


Photo 04: les principales étapes du dosage du gypse.

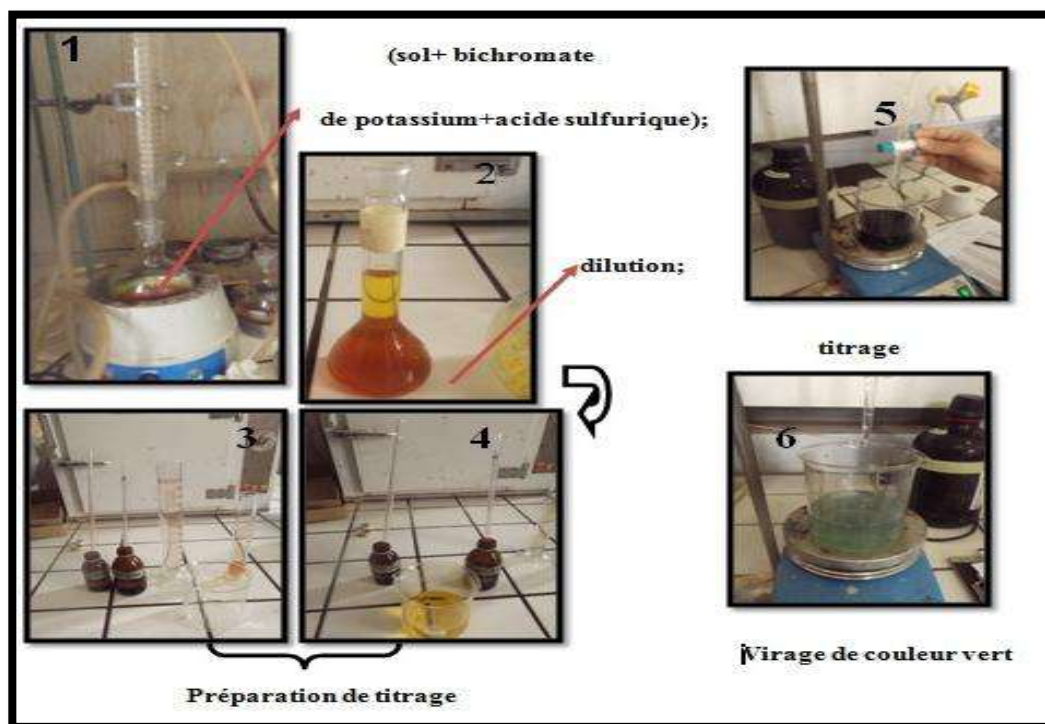


Photo 05: les étapes du dosage de la matière organique.



Photo 06: Spectromètre Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).

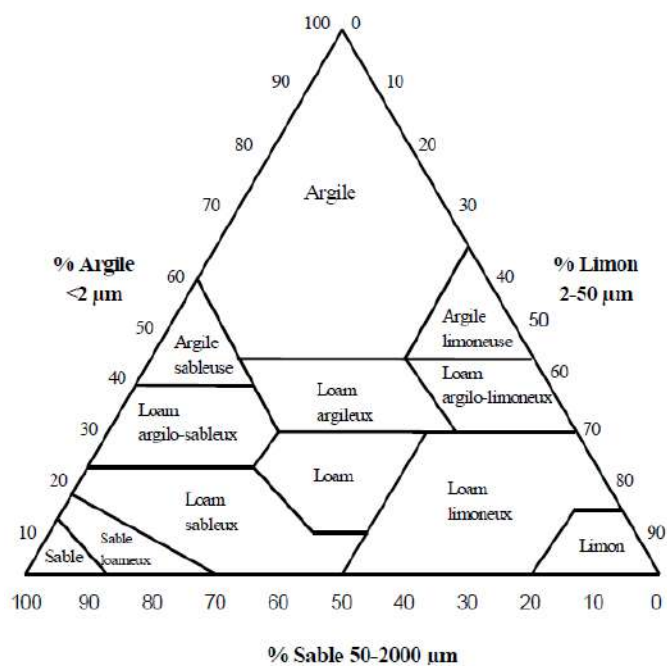


Figure 01 : Diagramme de classification détaillée des textures (US Taxonomy 1976 et clés de la Taxonomie des sols, 1986) (in MATHIEU C, et PIELTAIN F., 1998).

Tableau 1 : Echelle d'interprétation de pH -extrait 1/2,5- (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 2 : Echelle de salinité -extrait 1/5- (Aubert, 1978)

CE (ds/m) à 25 °C	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < CE \leq 1,2$	Sol peu salé
$1,2 < CE \leq 2,4$	Sol salé
$2,4 < CE \leq 6$	Sol très salé
$CE \geq 6$	Sol extrêmement salé

Tableau 3 : Echelle de calcaire totale (Baize, 2000).

CaCO3 total	Horizon
CaCO3 < 1	Horizon non calcaire
1 < CaCO3 <5	Horizon peu calcaire
5 <CaCO3 < 25	Horizon modérément calcaire
25 < CaCO3 <50	Horizon fortement calcaire
50 < CaCO3 <80	Horizon très calcaire
80 >CaCO3	Horizon excessivement calcaire

Tableau 4 : 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 5 : Echelle d'interprétation de la matière organique % (Morand, 2001).

M O %	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 à5 %	Elevée en M O
> 5 %	Très élevée en M O

Résumés

Étude paléopédologique de quelques sols de la région de Touggourt (Sahara septentrional algérien)

Résumé

Ce travail est réalisé dans le but de contribuer à la reconstitution des changements environnementaux passés dans la région de Touggourt à partir de l'étude de certaines propriétés du sol (approche paléopédologique).

La caractérisation morphologique des profils sur le terrain, les analyses physicochimiques et minéralogiques au laboratoire des échantillons prélevés révèlent que les sols de la région possèdent des caractéristiques qui témoignent d'un fonctionnement sous un climat différent de l'actuel. Ce qui montre que la région de Touggourt a connu des changements paléoenvironnementaux représentés par le passage par des périodes humides responsables de l'apparition : des accumulations du calcaire et du gypse.

La fraction argileuse de ces sols est relativement importante par rapport aux sols sahariens. Les minéraux argileux des sols de la région (Palygorskite, kaolinite, illite et montmorillonite) détectés par spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier sont hérités.

Mots clés : Paléopédologie; Touggourt; Sol; Sahara; Argile; Gypse; Calcaire; Aridité

Paleopedological study of some soils of the region of Touggourt (Northern Sahara of Algeria)

Abstract

The aim of this work is a contribution to the reconstruction of past environmental changes in the region of Touggourt from the study of certain soil properties (paleopedological approach).

The morphological characterization of the profiles in the field, the physicochemical and mineralogical analyzes in the laboratory of the soil samples, reveal that the soils of the region possess characteristics which testify of a functioning in a different climate. This shows that the region of Touggourt has undergone paleoenvironmental changes represented by a passage of wet periods responsible for the appearance of: limestone and gypsum accumulations.

The clay fraction of these soils is relatively important compared to the Saharan soils. The clay minerals of the soils of the region (Palygorskite, kaolinite, illite, and montmorillonite) detected by Fourier Transform Infrared spectroscopy are inherited.

Key words: Paleopaedology; Touggourt; Soil; Sahara; Clay; Gypsum; Limestone; Aridity

دراسة باليوبيدولوجية لبعض مقاطع التربة في منطقة تقرت (شمال الصحراء - الجزائر)

ملخص

يتم هذا العمل من أجل المساهمة في إعادة سيناريو التغيرات البيئية القديمة في منطقة تقرت من خلال دراسة بعض خواص التربة (Paléopédologie).

التوصيف المورفولوجي لبعض مقاطع التربة في الميدان، والتحليل الفيزيائية، الكيميائية و المعدنية للعينات المأخوذة تبين أن التربة في المنطقة لها خصائص تشير إلى دلائل مناخ مختلف عن الوقت الحاضر. مما يدل على أن منطقة تقرت شهدت تغيرات للبيئة القديمة ممثلة في المرور عبر فترات أكثر رطوبة مسؤولة عن ظهور: تراكمات من الحجر الجيري والجبس.

التوزيع الحبيبي للتربة يظهر أن نسبة الطين كبيرة نسبيا مقارنة مع التربة الصحراوية. المعادن الطينية الموجودة في تربة المنطقة هي Palygorskite, kaolinite, illite, montmorillonite. الكشف عنها تم بواسطة مطياف الأشعة تحت الحمراء.

كلمات البحث: paléopédologie, تقرت, تربة, الصحراء, الطين, الجبس, الحجر الجيري, الجفاف