



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE: SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Molinari Rima Abir

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

**OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX ET
D'ENVIRONNEMENT**

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'APTITUDE A LA
MISE EN CULTURE DE QUELQUES SOLS DANS LA
WILAYA DE LAGHOUAT**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Qualité
AIT SALAH B.	Président
BENCHATOUH A.	Examineur
HOUYOU Z.	Encadreur

Promotion : Juin-2017

∞ Remerciements ∞

Avant tout, Je remercie DIEU qui a illuminé notre chemin et qui nous a donnés la force pour mener à bien ce modeste travail.

Toute ma gratitude et une grande reconnaissance à Mlle HOUYOU .Zohra, maitre de conférence à l'université de Laghouat, d'avoir proposé ce thème et accepté d'encadrer ce travail par ses précieux conseils et orientations.

Nos vifs remerciements aux membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Je tiens remercie vivement et particulièrement :

- Le corps d'enseignants qui ont assuré notre formation en Agronomie

-A tous les personnels du laboratoire du département d'Agronomie,

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui ont participé de près

Ou de loin à l'élaboration de ce travail.

∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mes frères et sœurs

Mes très chères amies et collègues.

L'ensemble de la promotion de 2017

« Agronomie ».

Résumé

Ce travail vise à déterminer l'aptitude à la mise en culture de quelques sols dans la wilaya de Laghouat à travers quelques uns de leurs paramètres : pH, matières organiques, teneur en calcaire, leur composition granulométrique et leur conductivité électrique. Pour cela, 174 profils répartis entre huit communes de la wilaya de Laghouat ont été étudiés. Les résultats ont montré que la profondeur des sols est variable entre un minimum de 3cm et un maximum de 117 cm, plus de 51% des sols sont superficiels constitués d'un seul horizon H1, 35 % des profils sont formés de deux horizons H1 et H2 et le reste des sols sont formés de trois horizons H1, H2 et H3. L'épaisseur maximale de 80 cm a été observée pour l'horizon H2, l'horizon le moins épais est un horizon superficiel H1 de 5 cm. La teneur maximale en carbonates de calcium a dépassée les 45% et a été mesurée pour un horizon profond H3, la teneur minimale d'environ 2% a été observée sur les horizons superficiels de sol. La composition granulométrique des horizons des sols réalisée selon l'échelle Atterberg était aussi variable, la teneur maximale en Argiles est 27% observée dans l'horizon H2 d'une surface plane, le maximum de sables fins a été mesuré dans l'horizon H1 et de même le maximum de sables grossiers a atteint 70% dans l'horizon H2. Les analyses du pH ont montré que les sols à Laghouat ont une tendance alcaline dans la majorité des horizons de leurs profils. A travers nos résultats nous pouvons avancer qu'il est possible de pratiquer de l'arboriculture fruitière et on éviterait plutôt les cultures maraichères.

Mots clé : Profil, horizon, Epaisseur, CaCO_3 , pH, granulométrie.

ABSTRACT

This work aims to determining at Laghouat wilaya the ability to cultivate of some soils through their parameters: pH, organic matter, limestone content, their particles size distribution composition and their electrical conductivity. For this, 174 profiles distributed among eight communes of Laghouat wilaya were studied. The results showed that the soil depth varies between a minimum of 3 cm and a maximum of 117 cm, more than 51% of the soils are superficial consisting of a single layer H1, 35% of the profiles are formed by two layers H1 and H2 and the rest of the soils are formed by three layers H1, H2 and H3. The maximum thickness of 80 cm was observed for the H2 layer, the shallowest horizon is a 5 cm H1 superficial layer. The maximum CaCO_3 content exceeded 45% and was measured for a deep H3 layer, the minimum content of about 2% was observed on the superficial soil layer. The particle size distribution carried out according to the Atterberg scale was also variable, the maximum clay content was 27% observed in the H2 horizon of a flat surface, the maximum fine sands were measured in the H1 horizon And similarly the maximum of coarse sands reached 70% in the H2 horizon. pH analyzes showed that soils at Laghouat having most soils layers of their profiles an alkaline tendency. Through our results we can argue that it is possible to practice fruit tree cultivation and we would rather avoid vegetable crops.

Keywords: Profile, soil layer, thickness, CaCO_3 , pH, particles size distribution.

ملخص

هذا العمل يهدف إلى تحديد القدرة على الزراعة لبعض مقاطع الأرضية في ولاية الأغواط من خلال بعض العوامل الخاصة بهم : درجة الحموضة، المادة العضوية، محتوى الجير، تركيبة قوام التربة و سعة التبادل الكاتيوني . و لهذا، تم دراسة 174 من التربة الموزعة على ثمانية بلديات لولاية الأغواط. كما أن النتائج توضح أن عمق الأراضي يتراوح ما بين حد أدنى يساوي 3 سم و اكبر حد يعادل 117 سم، أكثر من 51% من الأراضي تتكون من أفق واحد و 35 % تتكون من أفقين و الباقي من الأراضي تتكون من ثلاثة أفق. تعتبر 80 سم كأكبر سمك لوحظ في الأفق الثاني ، و الأفق السطحي صنف انه الأفق الأقل سماكة حيث يبلغ 5 سم. الحد الأقصى لمحتوى كربونات الكالسيوم تخطى 45 % و ذلك تم قياسه في أعماق أفق , و أدنى محتوى حوالي 2 % شوهدت على مستوى الأفق السطحي للأرض. تركيبة قوام التربة لأفاق الأراضي المحققة تبع سلم اتريبيغ كانت أيضا متغيرة، المحتوى الأقصى للطين يساوي 27 % لوحظ على مستوى الأفق الثاني لمساحة مسطحة، الحد الأقصى للرمال الناعمة قيس في الأفق السطحي و مثله الحد الأقصى للرمال الخشنة بلغت 70% في الأفق الثاني. معاينات درجة الحموضة اظهروا بان الأراضي في الأغواط لديهم ميول ألكيلي في أغلبية أفاق المقاطع . و من خلال نتائجنا القول أنه من الممكن تطبيق زراعة الفاكهة وأننا بدلا من ذلك تجنب محاصيل الخضر.

كلمات المفتاحية : مقطع، أفق، سمك ، كربونات الكالسيوم، حموضة، قوام التربة

Table des matières

Table des matières	Page
Remerciement	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Table des matières.....	VI
Liste des figures.....	IX
Liste des abréviations.....	X
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I.1. La situation géographique de la région de Laghouat.....	4
I.2.Climatologie de la région de Laghouat.....	4
I.2.1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Guassen.....	4
I.2.2. Climagramme d'EMBERGER.....	5
I.2.2.1. Humidité relative de l'aire.....	7
I.2.2.2. Le vent.....	8
I.3. Cadre pédologique de la région de Laghouat.....	9
I.3.1. Types de sols dans la région de Laghouat.....	10
I.3.1.1. Sols minéraux bruts.....	10
I.3.1.1.1. Sols minéraux bruts d'érosion lithique.....	10
I.3.1.1.2. Sols minéraux bruts d'apport éolien.....	10
I.3.1.1.3. Sols minéraux bruts d'apport alluvial.....	10
I.3.1.1.4. Sols minéraux bruts d'apport colluvial.....	11
I.3.1.2. Sols peu évolués.....	11
I.3.1.2.1. Sols peu évolués d'apport éolien.....	12
I.3.1.2.2. Sols peu évolués d'apport alluvial.....	12
I.3.1.2.3. Sols peu évolués d'apport colluvial.....	13
I.3.1.2.4. Sols peu évolués d'érosion lithique.....	13
I.3.1.3. Sols calcimagnésiques	13
I.3.1.3.1. Sols bruns calcaires.....	14
I.3.1.3.2. Sols à croûtes calcaires.....	14

I.3.1.3.3. Rendzines.....	14
I.3.1.4. Sols isohumiques.....	14
I.3.1.4.1. Sols bruns et châtaîns méditerranéens.....	14
I.3.1.5. Sols des dayas.....	15
I.4. Le secteur de l'agriculture dans la région de Laghouat.....	15
Chapitre II : Matériels et méthodes d'étude	
II.1. Choix de la zone d'étude.....	17
II.2. Travail sur le terrain	17
II.2.1. Localisation des parcelles.....	17
II.2.2. Creusé des profils.....	18
II.3. Observations des horizons du profil et prélèvements de la terre sur le terrain.....	18
II.3.1 Observations des profils et paramètres d'identification des horizons	18
II.4. Prélèvements de la terre sur les horizons du profil	18
II.5. Mise en sac et étiquetage.....	18
II.6. Analyses des échantillons de terre aux laboratoires	19
II.6.1. Méthodes d'analyses physiques et chimiques.....	19
II.6.1.1. Analyses physiques.....	19
II.6.1.1.1. Méthodes des analyses granulométriques.....	19
II.6.1.2. Analyses chimiques.....	19
II.6.1.2.1 Détermination de la teneur en matières organiques (MO) par calcination.	19
II.6.1.2.2. Dosage du calcaire total.....	20
II.6.1.2.2.1. Préparation de la mesure.....	20
II.6.1.2.2.2. La mesure.....	21
II.6.1.2.2.3. Calcul de la teneur en CaCO_3	22
II.6.1.3. Mesure du pH.....	22
II.6.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE).....	22
II.7. Analyses statistiques des données.....	22
Chapitre III : Résultats	
III.1. Stratification des profils.....	24
III.2. Analyses aux laboratoires.....	26
III.2.1. Analyses physiques (granulométriques) des profils.....	26
III.2.1.1. Evolution de l'épaisseur des profils.....	26
III.2.1.2. Evolution de la teneur en sables grossiers des profils.....	27
III.2.1.3. Evolution de la teneur en sables fins des profils.....	28
III.2.1.4. Evolution de la teneur en limons grossiers des profils.....	29

III.2.1.5. Evolution de la teneur en limons fins des profils.....	30
III.2.1.6. Evolution de la teneur en argiles dans les profils.....	31
III.2.2. Analyses chimiques des profils.....	32
III.2.2.1. Evolution du calcaire des profils.....	32
III.2.2.2. Evolution du pH des profils.....	33
III.2.2.3. Evolution de la conductivité électrique des profils.....	34
III.2.2.4. Evolution de carbone organique des profils.....	35
III.3. L'analyse en composante principale.....	36
Chapitre IV : Discussion	
IV.1.Granulométrie du profil.....	38
IV.2.Calcaire.....	39
IV.3.pH.....	40
IV.4.Matières Organiques.....	40
IV.5.Conductivité électrique.....	41
Conclusion.....	43
Références bibliographiques.....	46
Annexe.....	50

Liste des figure

	Page
Figure 1: Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 1996-2016.....	5
Figure 2: Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger.	6
Figure 3: Dynamique de l'humidité à Laghouat entre Janvier 2005 et Décembre 2015.....	7
Figure 4 : Dynamique du vent à Laghouat entre Janvier 2006 et Décembre 2015.....	8
Figure 5: Le vent à Laghouat, fréquence des directions dynamique.	9
Figure 6: Carte des sols de la wilaya de Laghouat.....	12
Figure 7 : Localisation de quelques points étudiés dans la wilaya de Laghouat..	17
Figure 8: Représentation d'un profil de sol sur une surface plane à ElHouiat..	25
Figure 9: Evolution de l'épaisseur dans les trois horizons des profils.....	26
Figure 10: Evolution de la teneur en sables grossiers dans les trois horizons des profils.....	27
Figure 11: Evolution de la teneur en sables fins dans les trois horizons des profils....	28
Figure 12: Evolution de la teneur en limons grossiers dans les trois horizons des profils.	29
Figure 13: Evolution de la teneur en limons fins dans les trois horizons des profils. .	30
Figure 14: Evolution de la teneur en argiles dans les trois horizons des profils.....	31
Figure 15: Evolution du calcaire dans les trois horizons des profils.	32
Figure 16: Evolution du pH dans les trois horizons des profils.	33
Figure 17: Evolution de la conductivité électrique dans les trois horizons des profils.....	34
Figure 18: Evolution de carbone organique dans les trois horizons des profils.	35
Figure 19: Analyse en composante principale (ACP), représentant les épaisseurs et les pourcentages des fractions granulométriques et la teneur en calcaire, pH, conductivité électrique, carbone organique, dans les trois horizons des profils.....	36

Liste des abréviations

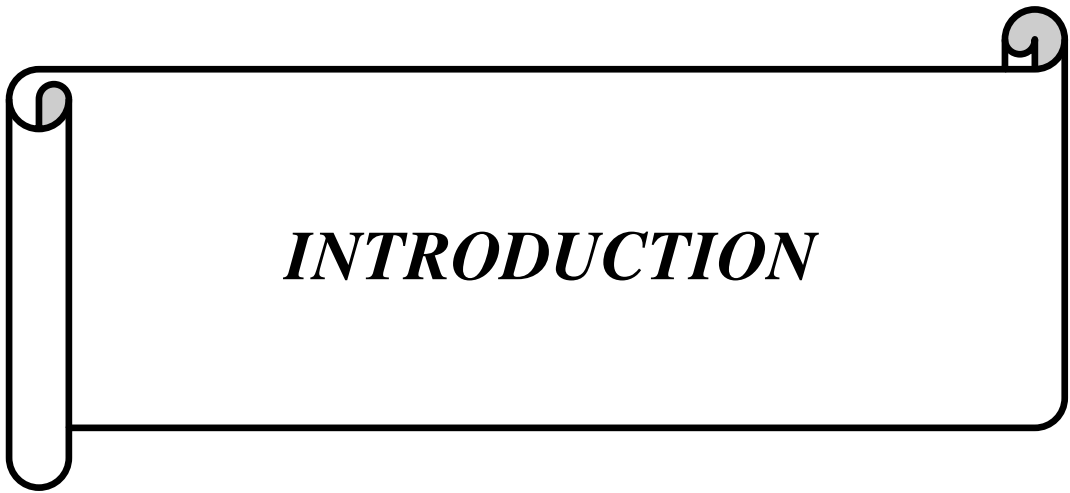
BNEDER: *Bureau National d'Etude pour le développement Rural.*

PNDA: *Programme National de Developpement Agricole.*

SAU : *Surface Agricole Utile.*

FAO: *FOOD AND AGRICULTAR ORGANIZATION.*

APFA : *Association pour la formation professionnelle des adultes*



Introduction

Face aux besoins incessants d'une population en croissance démographique rapide, la mise en valeur des terres est une des politiques de l'Etat Algérien pour maintenir l'équilibre socio-économique du pays. A l'idée que cela peut constituer des gisements d'emplois et des sources de subsistances pour de nombreux ménages. Mais dans les régions arides de l'Algérie, la mise en culture des terres rencontre des difficultés liées souvent à l'inadéquation des pratiques utilisées par rapport aux caractéristiques du milieu.

Dans beaucoup de cas, l'absence de prise en compte des contraintes physiques, chimiques et microbiologiques des sols reste préjudiciable à leur exploitation. Pourtant, il est depuis très longtemps connu que certains paramètres des sols jouent un rôle capital dans la gestion de la nutrition végétale (Troeh et *al*, 2005).

La caractérisation physico-chimique des sols des régions aride de l'Algérie est rarement abordée de façon détaillée (Halitim, 1998). Les principales études disponibles traitent d'une façon générale les encroûtements calcaires (Pouget, 1980) et la dynamique du calcaire (Halitim, 1988 ; Djili et Daoud, 1990) dans les sols des régions arides. Les études des sols de ces régions restent jusqu'à actuellement incomplètes, par exemple leur classification est discutée depuis les années 1950, du fait qu'elle ne peut obéir aux schémas classiques des classifications Russe ou françaises en raison de nombreuses discordances dont la principale est leur climatologie (Durand, 1955 ; Benchetrit, 1957).

Mettre en culture des terres, c'est avant tout tenir compte de tous les facteurs édapho-climatiques afin d'apprécier les potentialités actuelles et réunir le maximum des conditions nécessaires à l'augmentation de la qualité intrinsèque de cette terre et assurer, de façon pérenne, une production qualitative et quantitative (BENNADJI, 1998).

Dans le cadre des politiques agricoles de l'Algérie, nombreux périmètres agricoles furent implantés sur le territoire de la wilaya (DSA, 2010), mais les agriculteurs ou les bénéficiaires sont confrontés à nombreuses contraintes qui les poussent parfois à l'abandon de leurs terres et même de l'activité agricole (Houasnia, 2008 ; Snouci, 2011). Aussi les lieux des implantations des zones agricoles et le mécontentement de nombreux bénéficiaires de l'APFA dans la région de Laghouat, les agriculteurs ont évoqué que les terres attribuées sont parfois inaptes à la mise en culture leur structure légère et leur composition chimique entravent les activités des bénéficiaires (Laadjal, 2014).

Dans cette alternative la présente étude est menée dans 174 parcelles agricoles attribuées à des bénéficiaires de la wilaya de Laghouat dans le cadre des programmes agricoles de l'Etat et a pour objectifs une simple prospection pédologique à travers laquelle nous tenterons de :

- Relever la stratification du sol de ces parcelles ;
- Mesurer quelques paramètres physico-chimiques des différents Horizons identifiés;
- Relever les principales contraintes à la productivité de ces sols, liées aux paramètres mesurés.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Dans un chapitre premier sont présentées une synthèse bibliographique relative à notre travail notamment le cadre physique de notre étude ;
- Un deuxième est consacré, au matériel et aux méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail ;
- Dans un troisième chapitre nous présenterons nos résultats ;
- Dans un quatrième chapitre nous discuterons les résultats ;

Et enfin nous terminerons avec une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I :

Synthèse bibliographique

I.1. La situation géographique de la région de Laghouat

La région de Laghouat issue du découpage administratif de 1974 occupe une position centrale en Algérie reliant les hauts plateaux avec le Sahara, elle est aussi l'un des passages obligés pour les caravanes qui vont de l'Afrique noire vers la Méditerranée. La wilaya couvre une superficie totale de 25.052 km² et fait partie du groupe des 12 wilayas steppiques du pays ainsi que des wilayas du Sud. Elle est limitée au Nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Nord Ouest et à l'Ouest par les wilayas de Tiaret et d'El Bayadh et au Sud par la wilaya de Ghardaïa.

La wilaya compte 24 communes parmi lesquelles 09 sont considérées comme communes urbaines. La région de Laghouat est située (33°48'N, 02°53'E) à 370 km au Sud d'Alger sur la route nationale N°1 en direction du grand Sud, par cette position elle constitue la porte centrale du Sahara. La région de Laghouat est localisée dans une région de transition sur plusieurs plans. Physique, avec le passage entre les structures plissées de la chaîne Atlasique et les hamadas et le socle saharien. Climatique ensuite entre les hautes steppes arides et les espaces sahariens. Transition humaine entre une zone Nord peuplée et une zone Sud à faible densité de population.

I.2. Climatologie de la région de Laghouat

I.2.1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Guassen:

D'après GAUSSEN (1953) un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($P \leq 2T$).

À partir du diagramme Ombro-thermique de Gaussen (Figure 01), on remarque que la région Laghouat, durant de 21 ans, est marquée par une saison sèche, qui s'étale entre le mois de Janvier jusqu'à Décembre d'une durée de 11 mois.

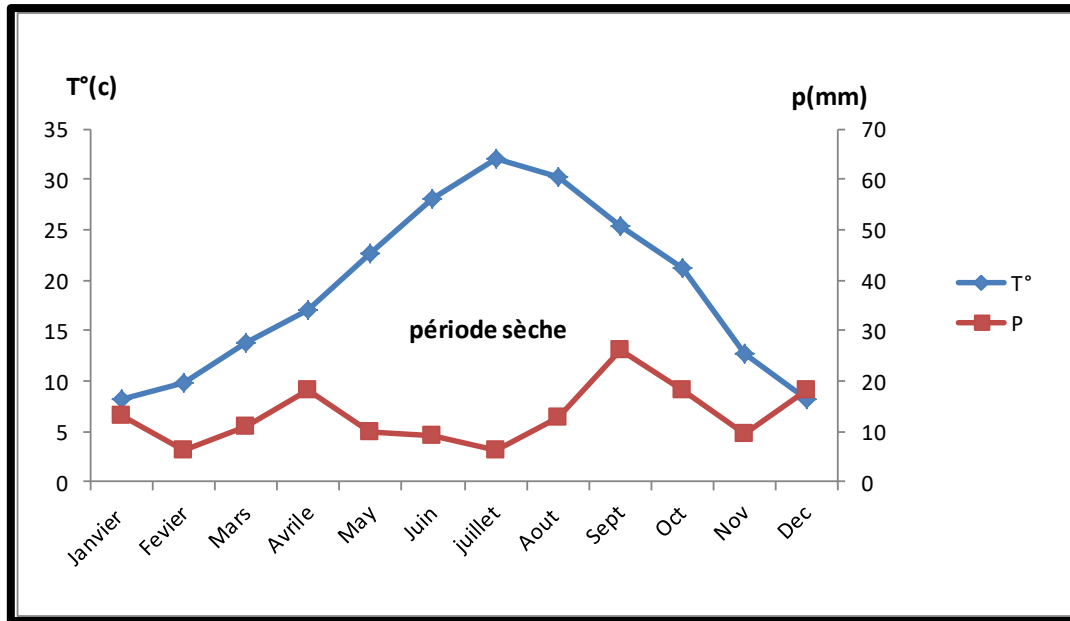


Figure N°01: Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 1996-2016.

I .2.2. Climagramme d'EMBERGER

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 2003) Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minima du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) :

$$Q2=3.43 \cdot P/M-m$$

P : pluviométrie annuelle en mm ;

M : température moyenne des maxima de mois le plus chaud en °C.

m : température moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, le quotient pluvio-thermique a été calculé pour la station (Q2) avec les données climatiques calculées sur une période de 21 ans **Q2 (1996-2016)**.

$$Q2 = 3.43 * 153.9 / 32.08 - 8.3$$

La station de Laghouat présente un **Q2 de 22.19**.

La température moyenne minimale du mois le plus froid est enregistré pour le mois de décembre et vaut 8,9 (°C).

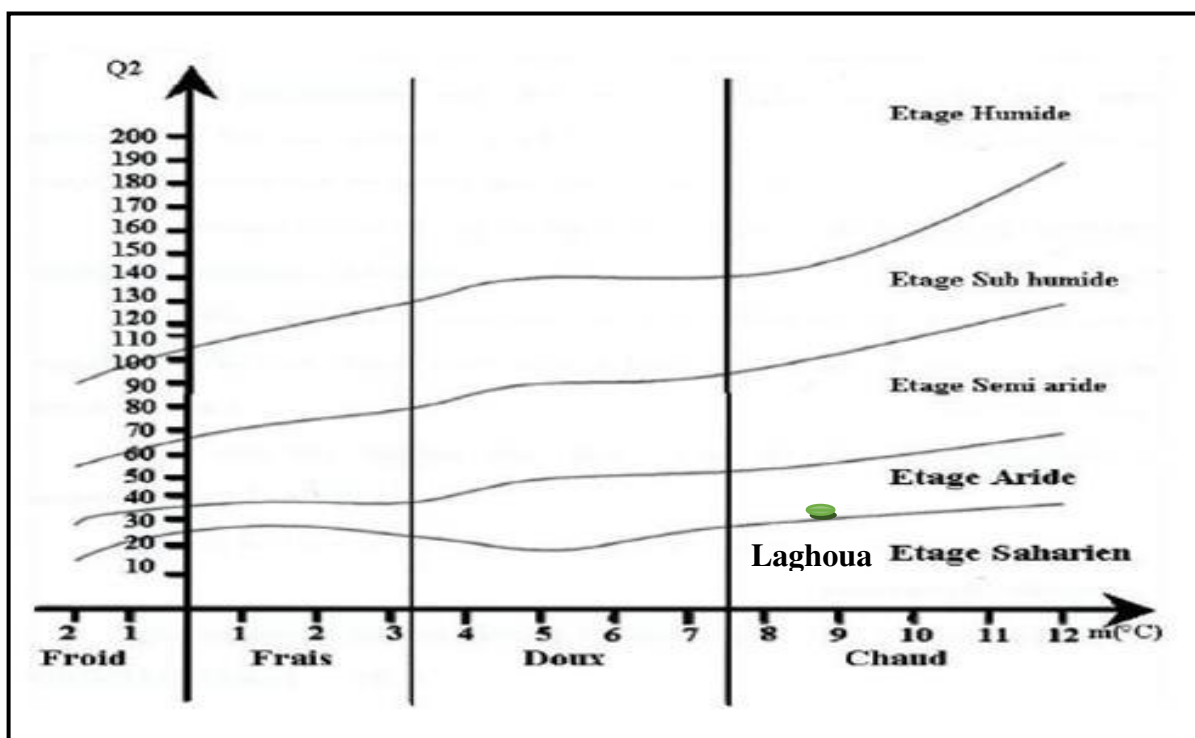


Figure N°02: Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger.(1996-2016).

La figure 02 montre que la station de Laghouat se situe sous un étage bioclimatique saharien à hiver chaud (Figure 02).

I.2.2.1. Humidité relative de l'aire:

Selon DREUX (1980), l'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (FAURIE et *al*, 1980).

L'humidité moyenne annuelle de la région de Laghouat est d'environ 46.13% avec d'énormes fluctuations, les écarts ont atteints 50% entre Mars et Avril 2007. Les valeurs maximales sont aux alentours de 80% atteintes en Janvier et Décembre de l'année 2006 (Figure 03).

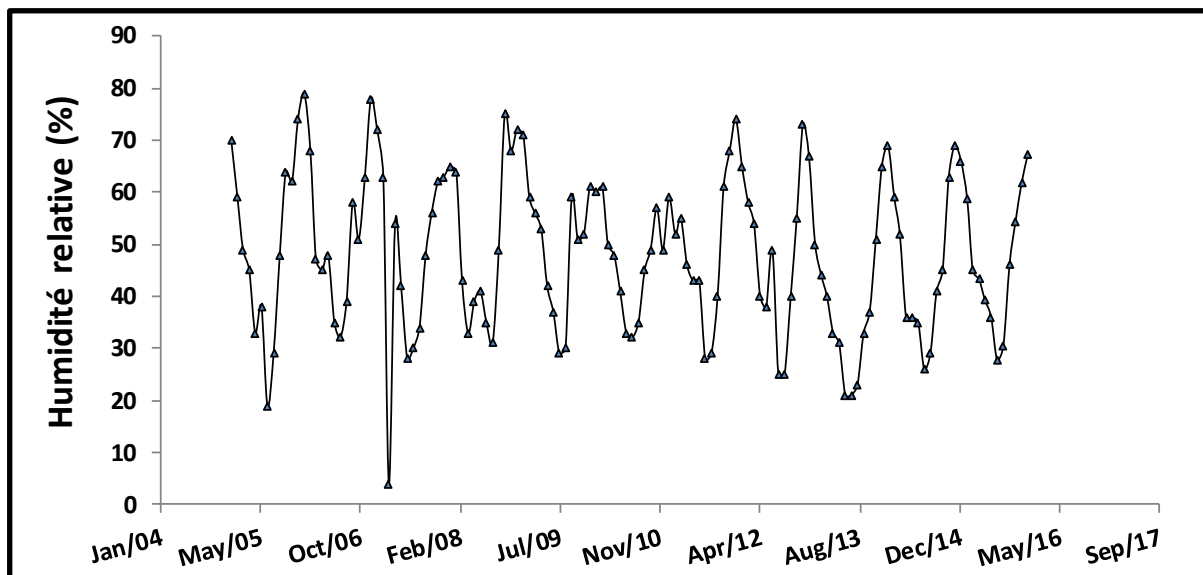


Figure N°03: La dynamique de l'humidité relative de l'aire à Laghouat.

I.2.2.2. Le vent

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Il a une action très marquée sur la répartition de certaines espèces et sur leurs activités qui peuvent être gênées (RAMADE, 1984). La dynamique des vents (Figure 04), montre que le vent peut souffler très fort pendant toutes les saisons de l'année, nous observons des pics dépassant les (4m/s) durant Janvier, Mars, Avril, Juillet, Octobre.

Dans notre région les vents dominants sont généralement orientés Sud ouest-Nord-ouest (Figure 05).

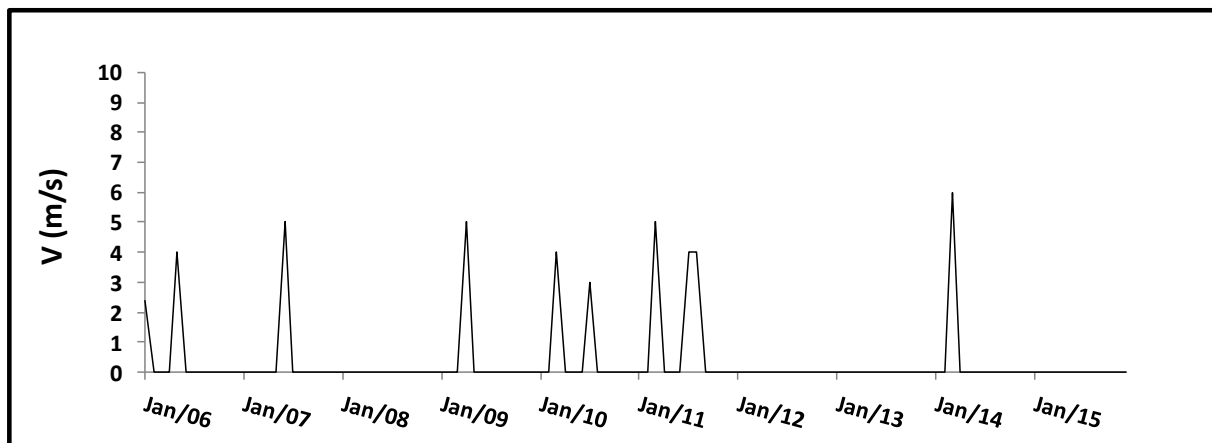


Figure N°04: La dynamique de vent à Laghouat entre 2005 et 2015.

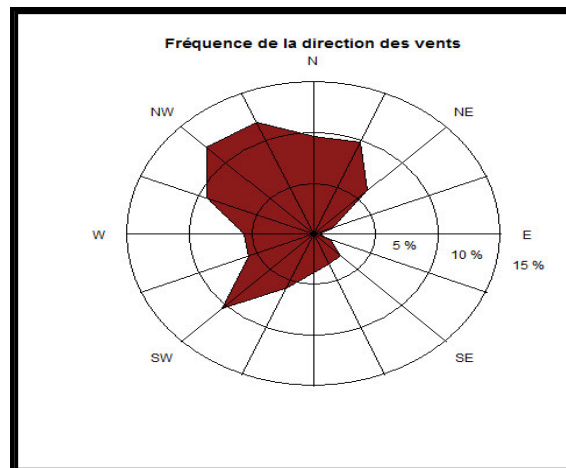


Figure N°05: Le vent à Laghouat, fréquence des directions dynamique.

I.3. Cadre pédologique de la région de Laghouat

Il est assez difficile de présenter de façon claire les domaines pédologiques de la région de Laghouat. Ce ci tient d'abord de l'importance de la taille de sa superficie globale. En outre les données pédologiques qui existent sur la région de Laghouat sont relativement maigres et résultent en grande majorité d'un travail sous forme d'une prospection pédologique réalisé dans la wilaya sur 202 profils par BNEDER (2014), et d'une carte des sols de l'Afrique et élaborée en 1963 par l'institut géographique militaire de Bruxelles (Commission de Coopération technique en Afrique, 1963). La partie de cette carte qui traite les sols de l'Algérie repose essentiellement sur les travaux de (Durand, 1954 ; Boulaine, 1957 et Duthil, 1962), basés sur la classification française des sols ou le facteur climatique joue un rôle essentiel dans la pédogenèse (vent, pluie, température) ensuite sur le degré de évolution du sol (nombres d'horizons différenciés), enfin accessoirement, sur le degré des lessivages (roche mère).

I.3.1. Types des sols dans la région de Laghouat

Afin de tenter une approche représentative et descriptive de l'ensemble des sols de la région de Laghouat, la carte élaborée en 1963 par l'institut militaire de Bruxelles a été utilisée pour éliminer l'ensemble de ses grands domaines pédologiques. Dans la partie qui couvre la région de Laghouat (Figure 06), la carte montre une mosaïque dans laquelle cinq classes de sols sont dispersées (sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols isohumiques, et sols des dayas), et dans lesquelles treize types de sols sont identifiés.

I.3.1.1. Sols minéraux bruts

Les sols minéraux bruts se caractérisent par des profils peu développés et peu différenciés, les matières organiques sont présentes sous formes de traces dans les vingt premiers centimètres ; les matières minérales peuvent avoir subi une dégradation et une fragmentation mécanique plus ou moins poussées, mais l'altération chimique reste faible. Ils sont caractérisés par une texture très sableuse et s'observent sur des roches ou des formations superficielles qui n'ont pas encore subi ou ont peu subi l'évolution pédologique. Dans la région de Laghouat on a identifié quatre types.

I.3.1.1.1. Sols minéraux bruts d'érosion lithique

Ces sols sont peu épais 0-5 cm, à texture limono-sableuse, friable, la roche mère calcaire est présente à 5 cm. Ils sont très pauvres en matières organiques (inférieure à 0,2 %). Ils se caractérisent par une forte porosité et la présence de 10% à 15% de cailloux gréseux et la présence de peu de racines (BNEDER, 2014).

I.3.1.1.2. Sols minéraux bruts d'apport éolien

Il s'agit de dunes ou de microdunes de sables mobiles, très peu fixés par la végétation. La teneur en limons et argiles (éléments fins) est toujours faible inférieure à 5%, la texture sableuse demeure la caractéristique majeure de ces sols (Pouget, 1980). La granulométrie de ces formations semble dépendre de la force du vent qui les a déposés. Les formations des dépôts récents présentent des aspects ondulés peu végétalisés tandis que les dépôts plus anciens se montrent stabilisés par une végétation relativement dense (BNEDER, 2014).

I.3.1.1.3. Sols minéraux bruts d'apport alluvial

Il s'agit de sols peu épais, ne contenant que des traces de matières organiques dans les 20 premiers centimètres ou bien moins de 2 % dans les trois premiers centimètres de surface. Le matériel minéral subit une fragmentation mécanique plus ou moins poussée alors qu'il n'y a d'altération chimique. Ils ont diverses roches mères calcaires, gypseuses, salées. Formés sur des surfaces relativement récentes, Quaternaire moyen ou récent occupant des places assez

importantes : glacis de piedmont, glacis de raccordement, terrasses anciennes du Tertiaires et certaines zones d'épandages (BNEDER, 2014).

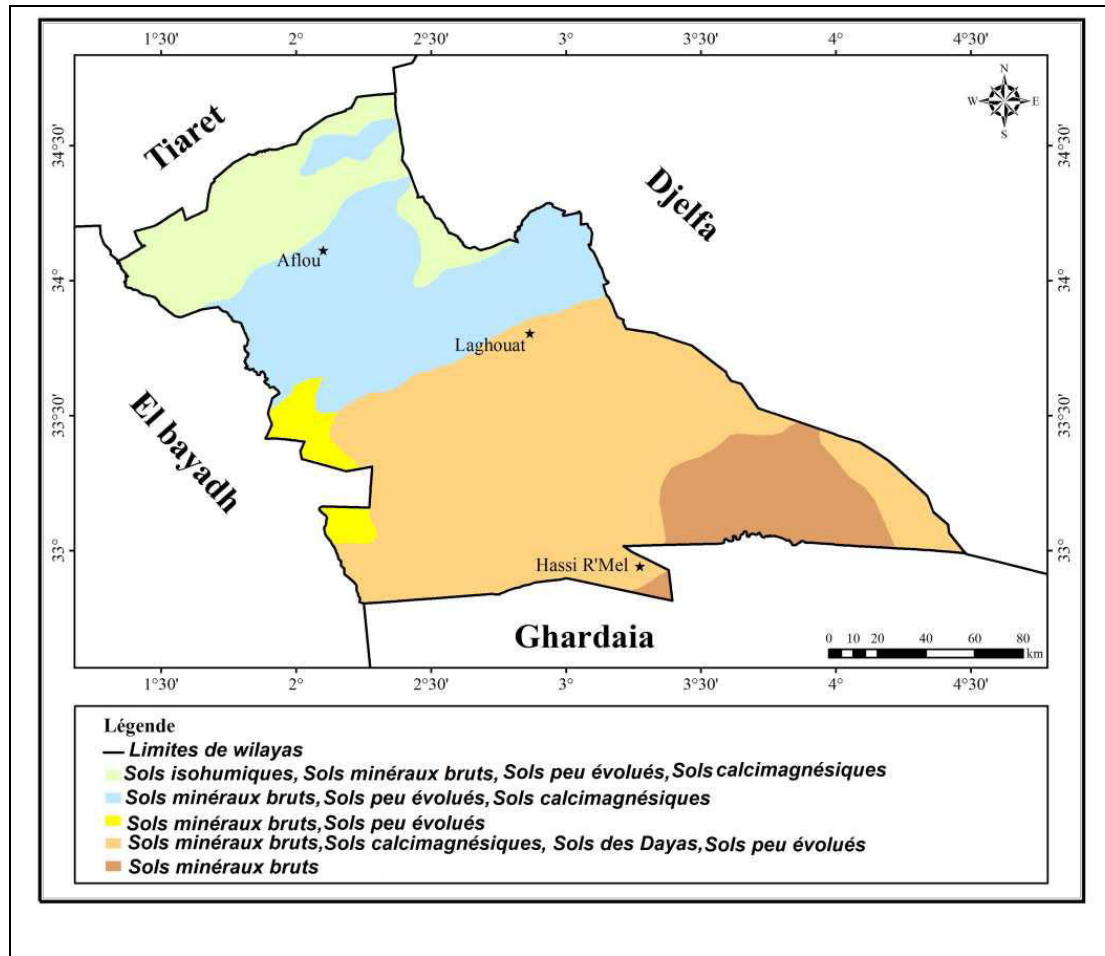
I.3.1.1.4. Sols minéraux bruts d'apport colluvial

Ils occupent des superficies étendues sur les glacis, ils présentent les caractéristiques des sols précédemment décrits, mais avec une différence importante : leurs très faibles teneurs en matières organiques inférieures à 0,2 % le long du profil et une forte charge caillouteuse 30 à 40 %. Leur texture est sableuse sur les dix premiers centimètres et est limono sableuse en dessous. Le profil est d'épaisseur faible, la roche mère calcaire émerge à partir de 17 cm.

Racines peu nombreuses et parfois absentes, faible activité biologique, matières organiques parfois non décelables, une très forte porosité les caractérise aussi (BNEDER, 2014).

I.3.1.2. Sols peu évolués

Les sols peu évolués sont des sols jeunes qui se distinguent par une faible altération des minéraux et une faible teneur en matières organiques. Ces sols ont des origines liées à l'érosion ou aux apports extérieurs. Ils sont non ou peu organisés en horizons, à profil peu différencié, soit parce qu'il y a réception de matériaux frais, soit rajeunissement permanent par suite d'une intense action de l'érosion (Duchaufour, 2001), ils sont très perméables et sensibles à l'érosion. Dans la région de Laghouat quatre types.



FigureN°06. Carte des sols de la wilaya de Laghouat (Dérivée de CCTA ; 1963).

I.3.1.2.1. Sols peu évolués d'apport éolien

Ils se caractérisent par une végétation plus ou moins dense qui a permis une certaine évolution du sol. Le sol est peu épais, il présente une structure lamellaire résultant de dépôts de matériaux récents. La coloration de l'horizon de surface indique la présence de matières organiques. La texture est grossière sans charge caillouteuse, les sables représentent plus de 90% pour un taux de calcaire toujours faible inférieur à 2% et un pH élevé (Pouget, 1980 ; BNEDER, 2014).

I.3.1.2.2. Sols peu évolués d'apport alluvial

Les sols alluviaux sont des dépôts récents apportés par les cours d'eau intermittents à la faveur des crues. Ils occupent les terrasses, les zones d'épandage, les chenaux d'oueds alluvionnés. Ils sont peu épais formés sur pente, à matières organiques parfois évoluées. Leur texture est anisotrope (alternance sans ordre, ni de granulométrie, ni de nature de divers

matériaux, argiles limons graviers). Ces sols sont généralement cultivés (céréales). Le taux de calcaire dans ces sols reste assez élevé (20% à 40%) et la salure devient importante en profondeur (Pouget, 1980 ; Monjauze, 1982 ; BNEDER, 2014).

I.3.1.2.3. Sols peu évolués d'apport colluvial

Très répandu dans le centre et le sud de la wilaya, ils se localisent en bas de pentes et dans de larges zones dépressionnaires, encaissées formées entre les reliefs. Ces sols présentent une granulométrie moyenne à fine et sont parfois couverts de fines couches d'éléments minéraux. Leur profondeur est fonction de la pente et de leur position dans le paysage, ces sols sont pauvres en matières organiques inférieure à 0,5%, ce qui les rend très sensible à l'érosion notamment éolienne (BNEDER, 2014).

I.3.1.2.4. Sols peu évolués d'érosion lithique

Sols jeunes ou rajeunis, sur roches imperméables aux racines mais dont le pédoclimat permet l'évolution. Le sol est peu épais à profil A C, pauvres en matière organique, appelés aussi sols régosoliques (Aubert, 1960). Dans la région de Laghouat ces sols comportent une importante charge caillouteuse calcaire, leur texture est limoneuse à limono-sableuse, très pauvres en matières organiques (inférieure à 0,3 %), ils ne sont pas salins (BNEDER, 2014).

I.3.1.3. Sols calcimagnésiques

La présence d'ions alcalino-terreux dans les horizons supérieurs est le principal caractère de ces sols. L'approvisionnement du sol en Ca^{2+} est assuré par la roche mère calcaire ou bien des apports latéraux. Le calcaire provoque un blocage précoce de l'humification avec la formation de mull carbonaté. L'excès de calcaire actif rend ces sols très difficiles à être exploités en agriculture. Ils sont très collants aussitôt arrosés et très secs en période estivale.

Si la matière organique est rapidement décomposée, l'humus est tout à fait indisponible (Durand, 1954 ; Boulaine, 1957, 1961 ; Duthil, 1962 ; Duchaufour, 2001). Le blocage du fer et du phosphore par le calcaire interdit la pratique de nombreuses cultures. Le pH de ces sols est souvent alcalin, ce qui limite aussi certaines cultures et aussi le développement de certains microorganismes. La présence du calcaire est une caractéristique des sols d'Algérie. Au nord du pays jusqu'aux limites sud des zones steppiques, le calcaire est présent selon la latitude avec une tendance négative du Sud vers le Nord et sa distribution verticale ou spatiale est fonction des pluies, les régions relativement sèches accumulent plus de calcaire dans les horizons de leurs sols (Djiliet al, 1999). Dans la région de Laghouat trois types de sols calcimagnésiques ont été identifiés.

I.3.1.3.1. Sols bruns calcaires

Se rencontrent dans les djebels gréseux de l'Atlas saharien dans un climat aride supérieur sous matorral (BNEDER, 2014). Ces sols se caractérisent essentiellement par la présence de calcaire dans un horizon humifère d'épaisseur variable de 10 à 30 cm, à texture grossière ou moyenne avec la présence de nombreuses racines. Il repose sur du gré plus ou moins diaclasé intercalé par de locales accumulations calcaires (croûte ou encroûtement). Ces sols se distinguent aussi par la présence de minces strates décimétriques de marnes intercalées entre les bancs gréseux expliquant pour une part une décarbonatation incomplète et l'accumulation du calcaire est autant plus nette que le profil se situe en bas de versant. Les sols bruns calcaires se montrent relativement fertiles s'ils sont arrosés (Durand, 1954 ; Pouget, 1980).

I.3.1.3.2. Sols à croûtes calcaire

Les sols à croûtes calcaires appartiennent aussi à la classe des sols calcimagnésiques. Dans les steppes sud algéroises au Nord Est de Laghouat (Pouget, 1980) les a décrit sur les surfaces du Quaternaire ancien et Quaternaire moyen sur du matériau très diversifié : alluvions, colluvions de piedmont, calcaire lacustre, et argile sableuse. En règle générale les croûtes sont d'autant plus épaisses et consolidées qu'elles se trouvent en surfaces plus anciennes et plus arides, la nature du matériau et la situation topographique contribuent fortement à une grande diversité morphologique (Boulaine, 1961 ; Pouget, 1980). Ils peuvent être présents sous végétation forestière ou clairsemée.

I.3.1.3.3. Rendzines

Présentent dans l'Atlas Saharien, il s'agit de rendzines humifères typique sous végétation matorral. De texture moyenne à fine, avec une structure grumeleuse. La teneur en calcaire est généralement inférieure à 10 %. Par ailleurs la présence du calcaire en plaquettes favorise leur formations (Aubert, 1960 ; Pouget, 1980 ; BNEDER, 2014).

I.3.1.4. Sols isohumiques

I.3.1.4.1. Sols bruns et châtaîns méditerranéens

La plus part de ces sols sont formés sur les marnes et calcaires durs, en lits alternés marne calcaire dure, les lits marneux sont importants par rapport aux lits de calcaires durs.

L'abondance des résidus non carbonates favorise la formation d'un sol brun, argileux, calcaire, plus ou moins profond. Du fait de l'imperméabilité du milieu, les solifluxions sont fréquentes et la lixiviation des carbonates ralentie. Ils ont été décrits sur des pentes pouvant être assez élevées (jusqu'à 40 %), ils sont non poreux et cohérents sous matorral dégradée ou végétation graminée. Le taux du calcaire est variables avec une tendance positive vers la base

du profil, il peut s'accumuler en profondeur sous forme de petits amas friables, de nodules, d'encroûtements et de croûtes (Lamouroux, 1968 ; BNEDER, 2014).

I.3.1.5. Sols des dayas

Les dépressions non salées de types dayas offrent des sols diversifiés, généralement profonds et plus ou moins évolués. Le sol est alluvionnaire et bien tassé, l'action de l'Homme et de la végétation façonne son évolution (Capot Rey, 1939, Estorges, 1961 ; Monjauze, 1982). Au nord Est à environ 40 km de Laghouat Pouget (1980) décrit trois ensembles de sols des dayas qui s'individualisent en fonctions de leurs degrés d'évolution, ayant en commun : une texture moyenne à fine, une faible teneur en calcaire, le sol est parfois complètement décarbonaté. Ils présentent une perméabilité d'ensemble faible ne permettant qu'une lente percolation à travers le profil, favorisant ainsi une stagnation plus ou moins prolongée de l'eau et son évaporation en surface. La structure du sol est instable en surface avec un horizon finement lamellaire de quelques millimètres à quelques centimètres, et présente une croûte de battance. Ce sont des sols favorables aux cultures pluviales, les rencontre au sud et au nord de la wilaya.

I.4. Le secteur de l'agriculture dans la wilaya de Laghouat

L'étude de la dynamique des productions agricoles, qui a été menée pendant la période 1987-2012 dans la région de Laghouat, montre que la spéculation de la céréaliculture est prédominante par rapport aux autres spéculations, depuis l'année 1999 elle occupe la surface la plus importante de la SAU 30369 hectares et s'est développé cela peut s'expliquer par la politique de l'Algérie adoptée après 2000 qui a favorisé les attributions des aides agricoles par le biais le Programme Nationale de la Développement Agricole (PNDA).

La superficie des cultures fourragères occupe le second rang et suit une dynamique d'accroissement la superficie égale à 148,25 hectares.

Les superficies des cultures maraîchères ont également augmenté au cours des années et occupent le troisième rang de classification après les deux spéculations précédentes et égalent à 9221 hectares (F.A.O. 2005).

L'arboriculture fruitière se range en dernier en occupant la moins importante de la SAU avec 6874 hectares.

La céréaliculture et l'arboriculture fruitière sont le plus rentable, le rendement de l'arboriculture fruitière a pratiquement quadruplé de 1987 à 2012 à cause de la facilité de semis et d'irrigation et grâce aux aides du (PNDA) qui a fournis les arbres fruitiers gratuitement aux agriculteurs. Ceci est la raison pour laquelle les paysans ont été encouragés à

cultiver des arbres fruitiers. Les cultures fourragères et les cultures maraichères sont celles qui ont le moins évoluées à cause des engrais qui sont très coûteux et de la difficulté d'approvisionnement à suivre et coûteuses.

CHAPITRE II :
MATERIEL ET METHODES

II.1.Choix de la zone d'étude

Notre travail a été réalisé avec la collaboration d'une équipe de la Direction des services agricole de la région de Laghouat. L'échantillon des sols étudiés dans le cadre de ce mémoire a été établi par l'équipe des services agricole. Leur choix était basé sur l'emplacement de nouveaux périmètres agricoles dans la région de Laghouat dans le cadre des politiques agricoles de l'Etat.

La taille de l'échantillon est 174 parcelles agricoles distribuées sur huit (08) Communes de la wilaya de Laghouat (Figure.7) à savoir : El Houiata, Tadjmout, Ben Nacer Benchohra, Sidi Makhoulf, Ain Madhi, El Kheneg, Assafia et la commun de Laghouat.

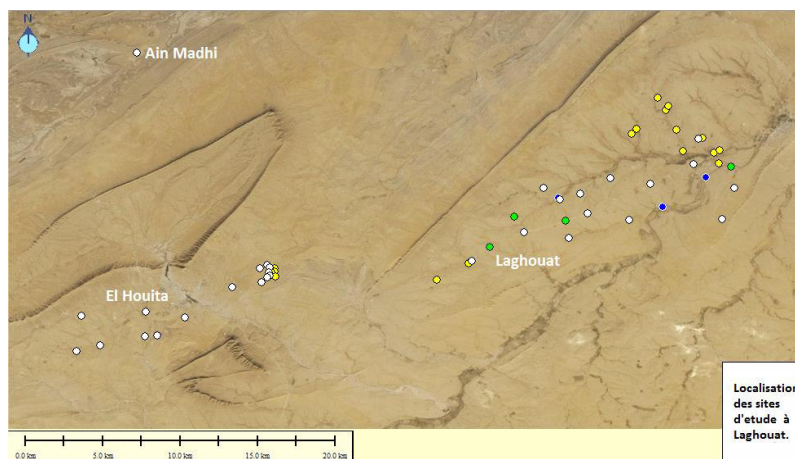


Figure N°07. Localisation de quelques points étudiés dans la région de Laghouat.

II.2. Travail sur le terrain :

II.2.1. Localisation des parcelles

La localisation des profils (Figure 07) est effectuée d'abord à partir des plans parcellaires (Morcellement des périmètres) sur la base des directives de DSA. Les emplacements des profils sont ensuite localisés sur le terrain, un GPS type Garmin st 72 est utilisé pour ça, il permet de trouver les coordonnées des points sélectionnés (exploitation agricole) sur les plans parcellaires, les coordonnées affichées sont notées sur la fiche de prélèvement et sont représentées (Annexe 1).

II.2.2. Creusé des profils

Ayant été avertis par les services Agricoles qu'une prospection pédologique aura lieu, chaque agriculteur a donc lui-même préparé sa fosse pédologique (Figure 7) que nous avons trouvée toute prête lors de notre visite. Nous avons donc noté les références géographiques de chaque profil observé.

II.3. Observations des horizons du profil et prélèvements de la terre sur le terrain :

II.3.1 Observations des profils et paramètres d'identification des horizons :

Chaque profil est observé visuellement et est décrit par la suite. La description est portée sur une fiche spécifique, les paramètres suivis sont tels que décrits dans Baize et Jabiou (1995).

- Les **épaisseurs** des horizons basées surtout sur la présence ou absence des racines ;
- L'**état d'humidité** de l'horizon (humide, frais, sec) ;
- La **texture** évaluée par des tests tactiles ;
- La **couleur** de l'horizon : la couleur est évaluée visuellement par deux paramètres, la teinte ('couleur de base') et sa clarté ('du clair au sombre'). Ce dernier paramètre est difficile à distinguer de la pureté de la teinte ;
- L'**effervescence à l'acide chlorhydrique (1 N)** ;
- La **présence éventuelle et l'abondance d'éléments grossiers** (Cailloux) ;

II.4. Prélèvements de la terre sur les horizons du profil

Pour chaque horizon du profil, nous avons procédé au prélèvement de la terre en utilisant des carottes cylindriques.

II.5. Mise en sac et étiquetage

Les échantillons prélevés sont mis dans des sacs hermétiquement fermés, étiquetés et numérotés en fonction de la fiche de prélèvement et ramenés aux laboratoires afin de subir les analyses granulométriques et les analyses physiques/chimiques.

Toutes ces informations sont notées sur la fiche spécifique qui est numérotée (Duchaufour ; 2001).

II.6. Analyses des échantillons de terre aux laboratoires

II.6.1. Méthodes d'analyses physiques et chimiques

II.6.1.1. Analyses physiques

II.6.1.1.1. Méthodes des analyses granulométriques

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments < 2mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions des particules constituant les agrégats. Nous avons procédé à une analyse granulométrique des sédiments à sec avec des tamis de 2000, 200 et 50 μm , sans prétraitements chimiques, les différentes particules ont été classées selon les limites d'Atterberg dans (Largile et Lamotte, 2016), tel que les diamètres des particules soient dans les classes suivantes :

- Argiles < 2 μm
- 2 μm < Limons fins < 20 μm
- 20 μm < Limons grossiers < 50 μm
- 50 μm < Sables fins (SF) < 200 μm
- 200 μm < Sables grossiers (SG) < 2000 μm

La fraction inférieure à 50 μm (Argiles et Limons) a subi des analyses par sédimentations (Sanglerat, 2001) au niveau des laboratoires de l'INSID (Institut national du sol de l'irrigation et du drainage) de Ksar Chellala.

II.6.1.2. Analyses chimiques

II.6.1.2.1 Détermination de la teneur en matières organiques (MO) par calcination

D'après Giva (2011), c'est une appréciation de la teneur en matières organiques par la méthode de PAF : (perte au feu), c'est une détermination pondérale basée sur la calcination (550°C) de la matière organique en combustion sèche.

La formule suivante permet de déterminer la proportion de matière organique contenue dans le sol :

$$\text{MO \%} = [(\text{Poids sol sec} - \text{poids sol calciné}) / \text{Poids sol sec}]$$

La relation entre la teneur en matières organiques et le taux de carbone organique (C_{org}) est obtenue par la formule suivante :

Donc :

$$\text{MO \%} = C_{\text{org}} \times 1,72$$

$$C_{\text{org}} = \text{MO \%} / 1,72$$

II.6.1.2.2. Dosage du calcaire total

Nous avons dosé le calcaire dans les laboratoires de l'INSID Ksar Chellala, durant les mois de Février et Mars 2017. La méthode utilisée est celle de la gazométrie, à l'aide d'un Calcimètre de Bernard

Principe de dosage :

- Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO_2 dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO_3) de l'échantillon de sol.

II.6.1.2.2.1. Préparation de la mesure :

On prépare une solution saturée de NaCl (environ 1/4 de litre) ; la verser jusqu'à mi hauteur de l'ampoule.

Remarque : si on utilise de l'eau non salée, une partie du CO_2 dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé.

- On tare la balance puis pèse l'échantillon ;
- On place dans l'Erlenmeyer : l'échantillon ;
- On colle une boulette de pâte à modeler sous le petit tube ;
- A l'aide d'une pipette, on verse dans le tube de l'HCl assez concentré.
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'Erlenmeyer.
- On bouche l'Erlenmeyer ;
- On modifie la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué

Le contenu de l'Erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique

- On note le niveau.



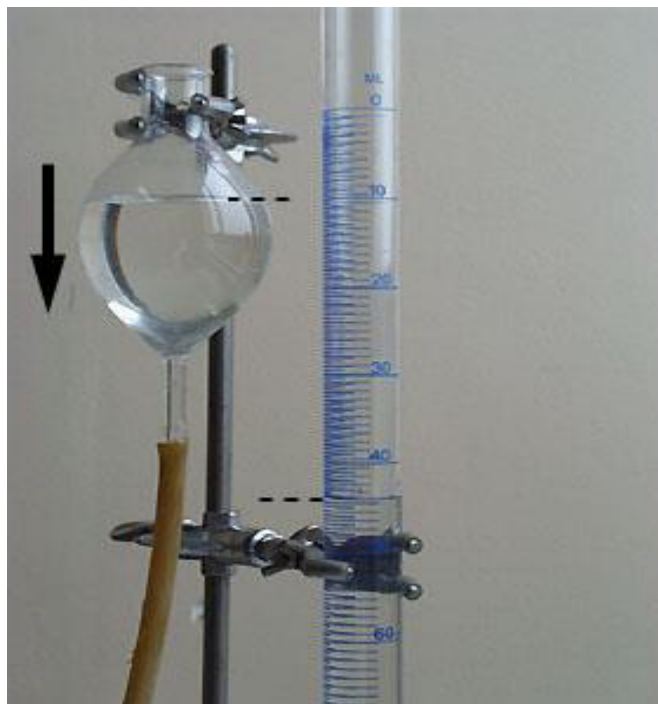
II.6.1.2.2. La mesure :

- On incline l'Erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- On repose l'Erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence.

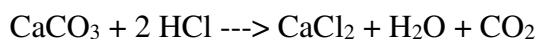
La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique.

Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube.

- Le CO_2 dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure
- On ouvre l'Erlenmeyer ; puis ajoute un peu d'acide sur l'échantillon. On Vérifie que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO_3 a été attaqué.



II.6.1.2.2.3. Calcul de la teneur en CaCO_3 :



- Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO_3 (100g/mol) libère une mole de CO_2 (22,4 l soit 22400 ml).
- Connaissant le volume de CO_2 dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO_3 attaqué.
- Connaissant la masse de CaCO_3 et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO_3 dans l'échantillon.

II.6.1.3. Mesure du pH

La valeur est lue à l'aide d'un pH-mètre, l'électrode est plongée dans une suspension sol/eau avec un rapport de (1/2,5)(Aubert, 1978).

II.6.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE)

La valeur est lue par un conductimètre, l'électrode est plongée dans une suspension sol/eau, avec un rapport de (1/5) (Aubert, 1978).

II.7. Analyses statistiques des données

Des analyses statistiques ont été effectuées sur l'ensemble des paramètres mesurés. Pour cela nous avons utilisé les logiciels Minitab 17 et XL Stat.

CHAPITRE III :

Résultats

III.1. Stratification des profils

Le profil de sol est l'ensemble des horizons d'un sol donné ; chaque horizon étant une couche repérable et distincte de ce sol. On parle aussi de *solum* ou des horizons du sol.

- **Horizon** : est une couche du sol, homogène et parallèle à la surface de la terre (Duchaufour., 2001).

Dans le présent travail nous avons considéré les horizons suivants :

- **Horizon 1** : horizon de surface différent de la roche mère par une simple désagrégation physique et par un début d'accumulation de matière organique humifiée.
- **Horizon 2** : horizon d'accumulation, enrichi par illuviation en éléments fins ou amorphes : argiles, oxydes de fer et d'aluminium, parfois humus (Duchaufour., 2001).
- **Horizon 3** : horizon ou couche, à l'exclusion de la roche dure en place ou on dit que c'est du roche-mère peu altéré.

Sur l'ensemble des profils étudiés 115 sont constitués de deux horizons (H1 et H2) et 25 profils sont constitués de trois horizons (H1, H2 et H3).

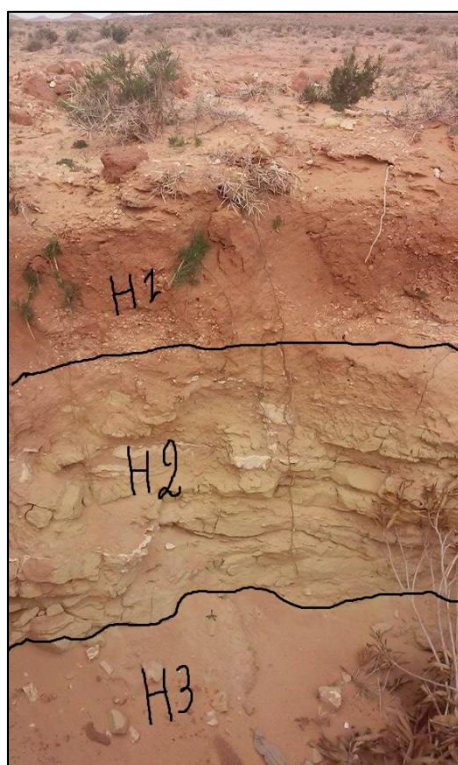


Figure N°08 : Représentation d'un profil de sol sur une surface plane à ElHouiata.

III.2.. Analyses physiques des profils

III.2.1.1. Evolution de l'épaisseur des profils

La figure (09) montre que l'horizon (H2) atteint une épaisseur maximale égale à 85 cm et l'horizon (H1) atteint une épaisseur minimale 5 cm.

Nous avons noté que la moyenne maximale d'épaississement est observée dans l'horizon (H3) de 39 cm et la moyenne minimale égal à 13 cm marquée dans l'horizon (H1).

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence significative pour et les horizons forment différents groupes ($F_{obs}=46,15$; $P=0,000$).

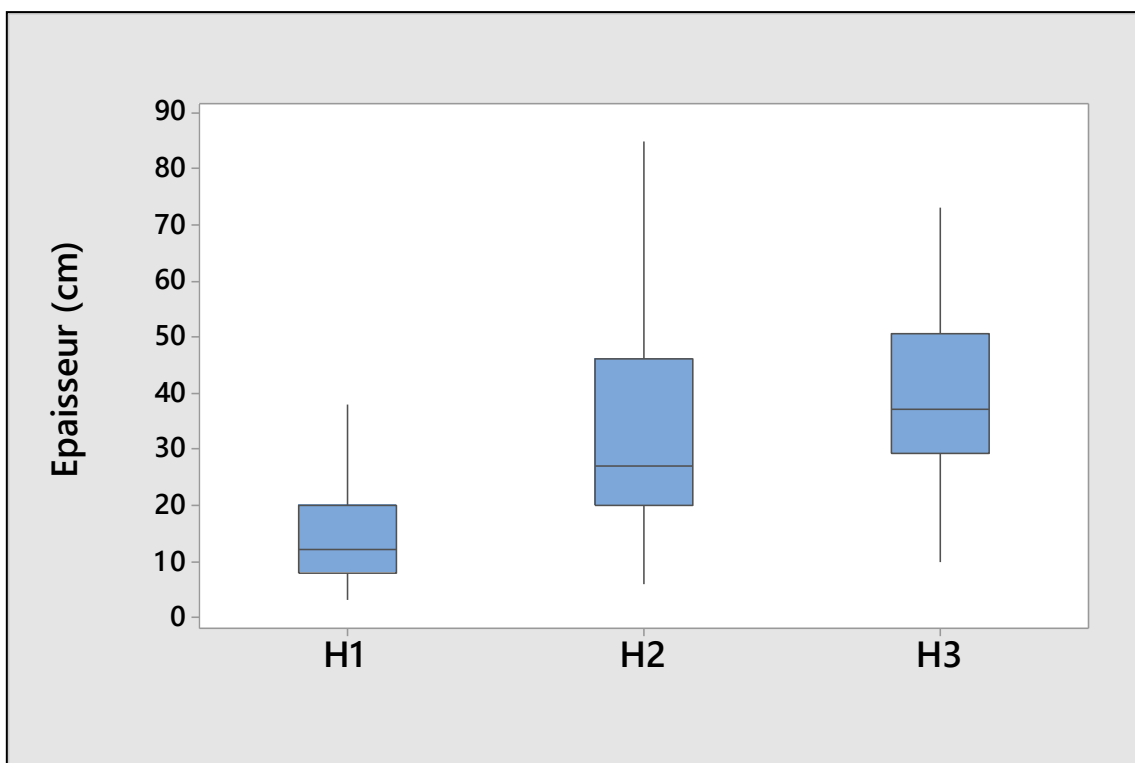


Figure N°9: Evolution de l'épaisseur dans les trois horizons des profils.

III.2.1.2. Evolution de la teneur en sables grossiers des profils

Les résultats montrent (fig.10) que la teneur la plus élevée en sables grossiers est enregistrée dans l'horizon (H2) de 70 %.

Nous remarquons que l'horizon (H3) présente le pourcentage le plus faible de la teneur en sables grossiers qui a atteint 5 %.

L'horizon (H1) présente la teneur moyenne des sables grossiers égale à 33 %.

L'analyse de la variance au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence non significative pour les trois horizons des sols ($F_{\text{obs}}=0,15$; $P=0,863$).

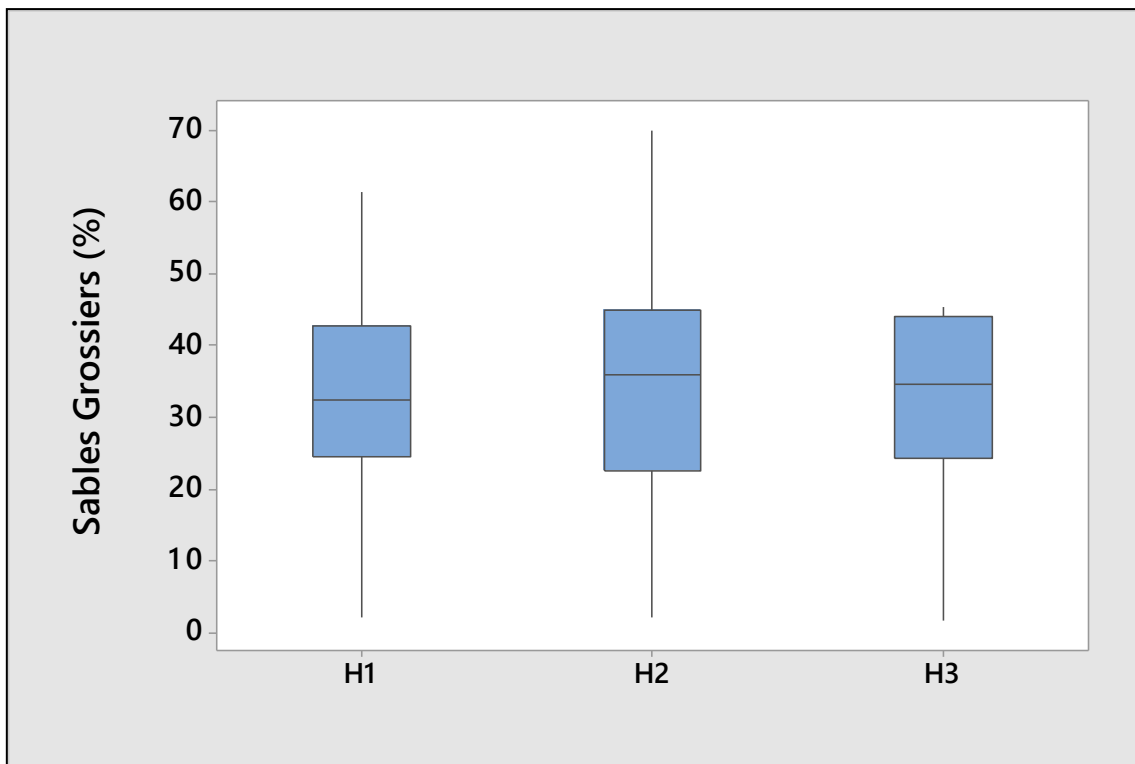


Figure N°10: Evolution de la teneur en sables grossiers dans les trois horizons des profils.

III.2.1.3. Evolution de la teneur en sables fins des profils

La figure (11) montre que les teneurs en sables fins sont variables entre un maximum 57 % observé dans l'horizon (H1) et un minimum 10 % observé aussi dans l'horizon (H3).

Les trois horizons sont caractérisée par un teneur moyenne la plus élevée en sables fins observée dans l'horizon (H1) égale à 33 % et la plus faible teneur moyenne observé dans l'horizon (H3) égale à 28 %.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence significative pour les horizons des sols étudiés et les horizons des profils forment différents groupes ($F_{obs}=18,1$; $P=0,000$).

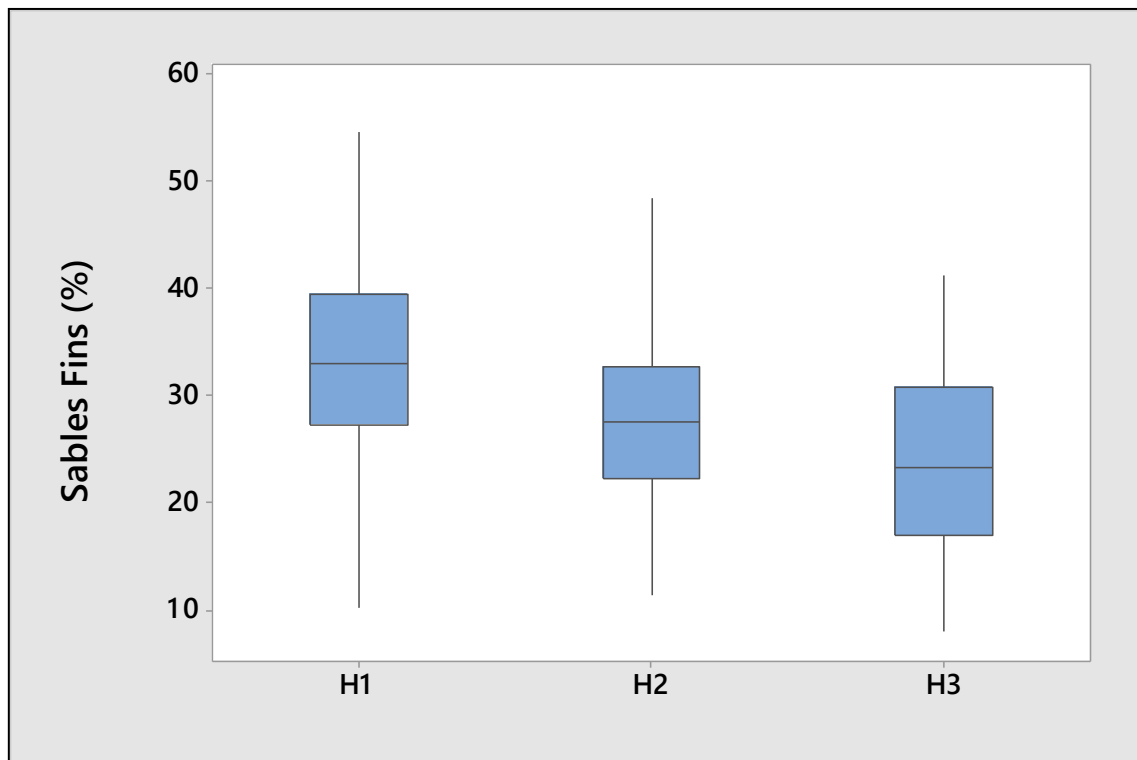


Figure N°11: Evolution de la teneur en sables fins des trois horizons des profils.

III.2.1.4. Evolution de la teneur en limons grossiers des profils

Nous avons remarqué d'après les résultats (fig.12) que les proportions des limons grossiers sont différentes dans les trois horizons des profils entre un maximum de 24% dans l'horizon (H2) et un minimum de 3 % dans l'horizon (H1).

La teneur moyenne en limons grossiers dans les horizons varie dans l'intervalle de 13 à 16%.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélé qu'il existe une différence significative et les horizons ne forment pas un seul groupe ($F_{\text{obs}}=3,71$; $P=0,026$).

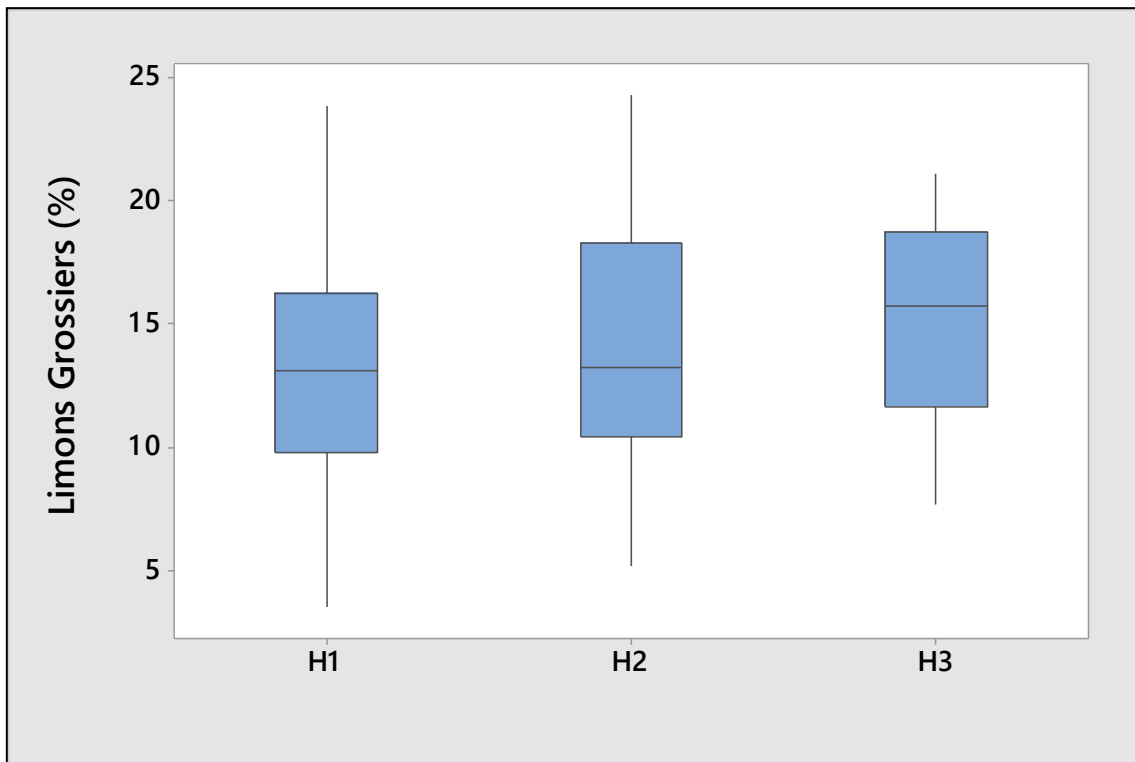


Figure N°12: Evolution de la teneur en limons grossiers dans les trois horizons des profils.

III.2.1.5. Evolution de la teneur en limons fins des profils

Les résultats obtenus (fig.13) rapportent que la teneur en limons fins diffère dans les horizons (H1, H2, H3) ; elle varie entre une valeur maximale de 24% observée dans l'horizon (H3) et une valeur minimale de 2 % marquée dans l'horizon (H1).

La teneur moyenne en limons fins la plus élevée est marquée dans l'horizon (H3) avec un pourcentage de 15%.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5% a révélée qu'il existe une différence significative et les horizons des profils forment des différents groupes ($F_{obs}=5,62$; $P=0,004$).

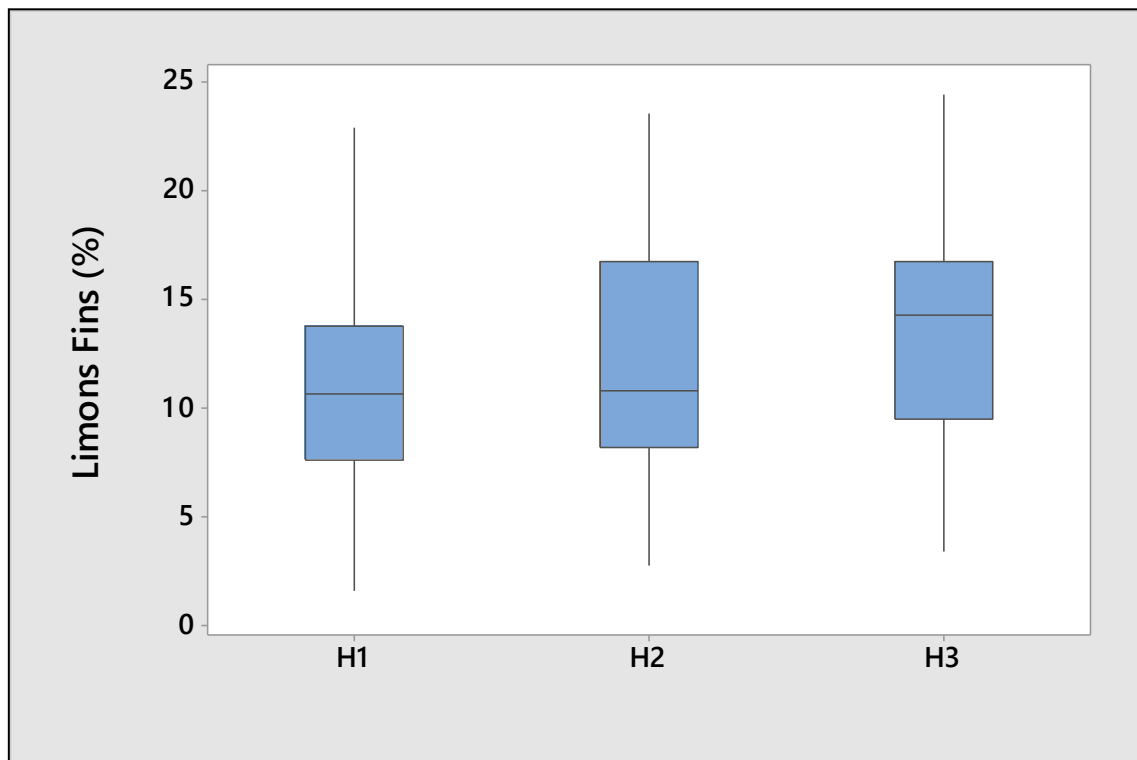


Figure N°13: Evolution de la teneur en limons fins dans les trois horizons des profils.

III.2.1.6. Evolution de la teneur en argiles dans les profils

D'après les résultats de la figure 14, nous avons remarqué que la teneur en argiles dans les profils varie entre les trois horizons, la teneur en argiles la plus élevée a été de 27% observée dans l'horizon (H2) et la teneur la plus faible a été observer dans l'horizon (H1) de 2 %.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5% a révélée qu'il existe une différence significative et les horizons des profils pour la teneur en argiles forment deux groupes statistiques ($F_{obs}=4,73$; $P=0,010$).

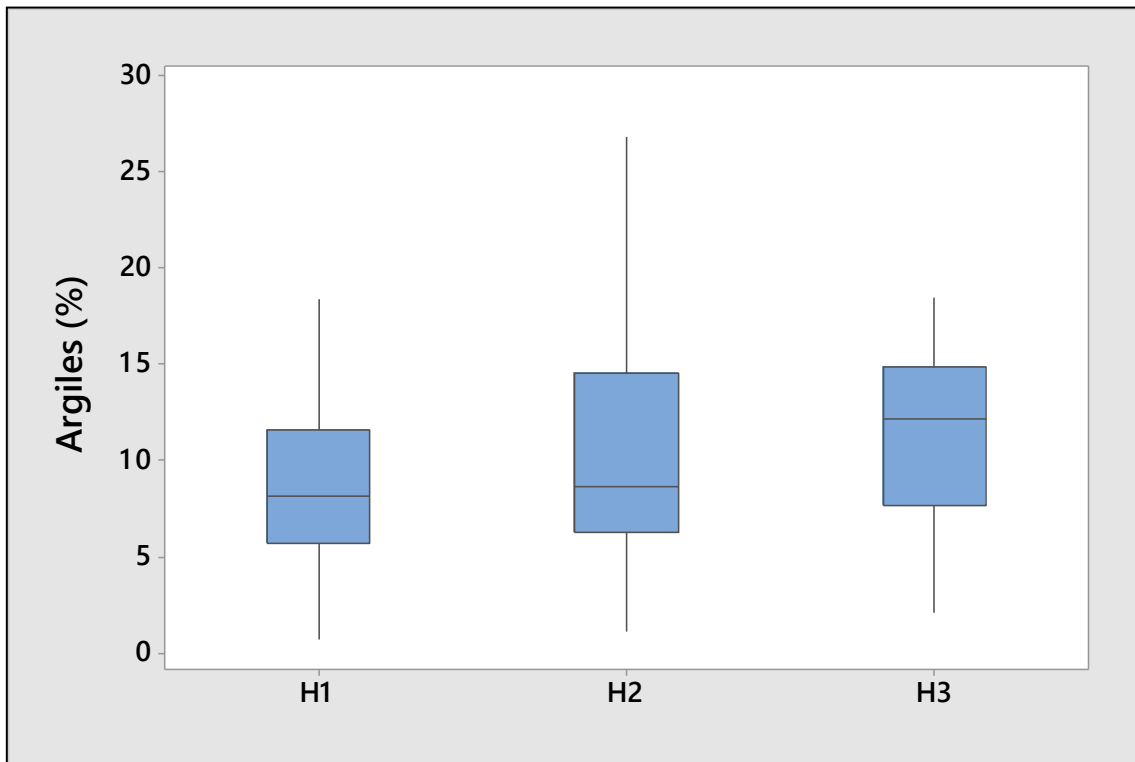


Figure N°14: Evolution de la teneur en argiles dans les trois horizons des profils.

III.2.2. Analyses chimiques des profils

III.2.2.1. Evolution du calcaire des profils

La teneur en carbonates de calcium (Figure 15), varie entre un maximum de 34 % observé dans l'horizon (H3) et un minimum de 3 % observé dans l'horizon (H1).

Les moyennes de la teneur en carbonates de calcium CaCO_3 dans les trois horizons des profils sont relativement équivalentes avec une valeur d'environ 9 %.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence non significative pour le calcaire contenu dans les horizons ($F_{\text{obs}}=4,93$; $P=0,008$).

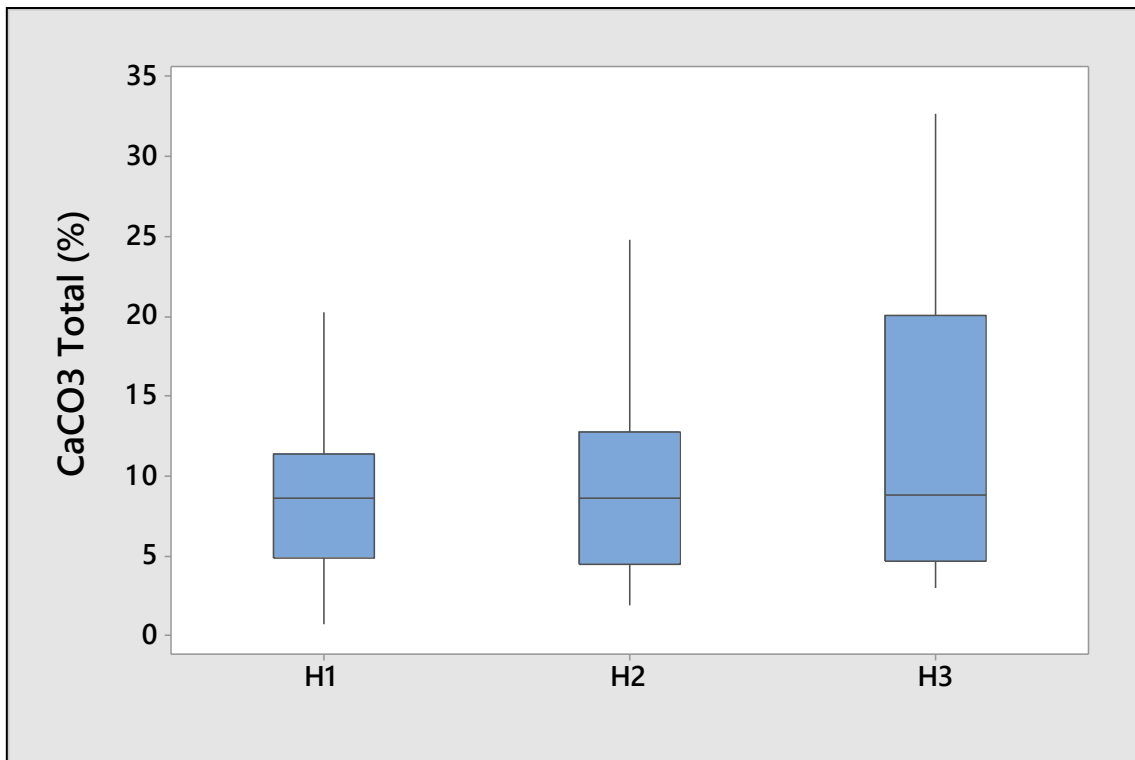


Figure N°15: Evolution du calcaire dans les trois horizons des profils.

III.2.2.2. Evolution du pH des profils

Les résultats obtenus (fig.16) indiquent que le pH de l'horizon (H1) est alcalin atteignant un pH égal à 9,9 et nous avons remarqué que le pH dans l'horizon (H1) égale à 8,3. Des pH relativement intermédiaires sont observés dans H2.

Les moyennes du pH dans les trois horizons des sols étudiés révèlent que ce sont des sols basiques avec un pH dépassant 8.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence non significative et les trois horizons des profils forment un seul groupe ($F_{\text{obs}}=0,61$; $P=0,543$).

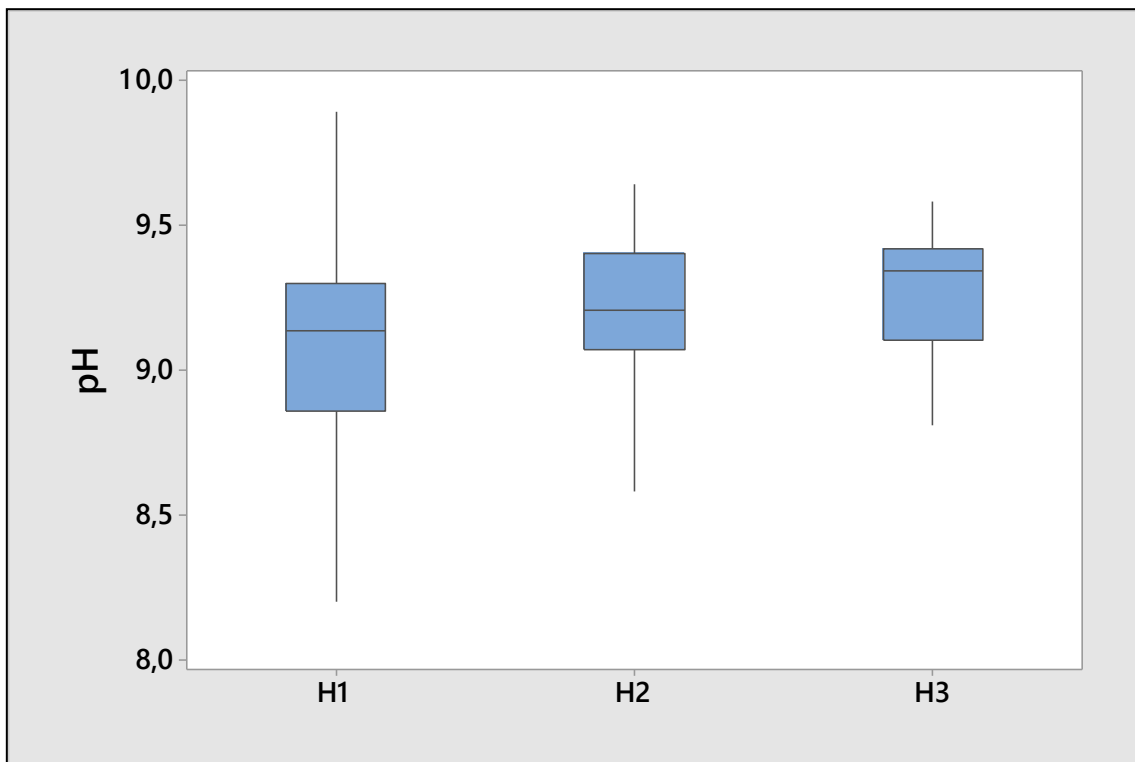


Figure N°16: Evolution du pH dans les trois horizons des profils.

III.2.2.3. Evolution de la conductivité électrique des profils

La figure (17) indique que la conductivité électrique atteint la valeur maximale de 17 (mmss/cm) observée dans l'horizon (H2) et une valeur minimale de 1,5 (mmss/cm) observée dans l'horizon (H3) et il est à noter que l'analyse de la variance a révélée que le paramètre de la conductivité électrique des profils présente une différence hautement significative pour les horizons ($F_{\text{obs}}=5,17$; $P=0,006$) et cela implique que les sols ne forment pas un seul groupe.

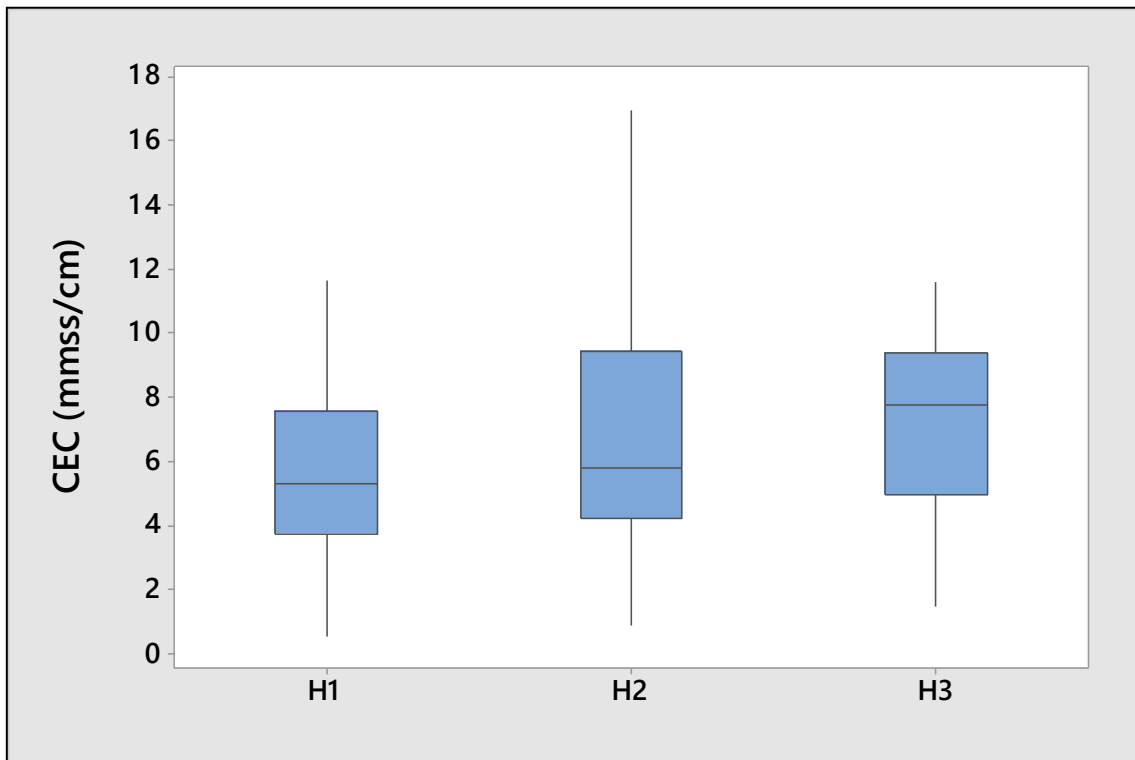


Figure N° 17: Evolution de la conductivité électrique dans les trois horizons des profils.

III.2.2.4. Evolution de carbone organique des profils

La figure (18) présente l'évolution de la teneur en carbone organique au niveau des horizons, la valeur maximale marquée dans l'horizon (H1) est de 0,5 % et une valeur minimale marquée dans l'horizon (H3) de 0,02 %.

La moyenne la plus élevée est observée dans l'horizon (H1) égale à 0,2 % et la moyenne la plus faible en teneur de carbone organique observée dans l'horizon (H3) 0,09.

L'analyse de la variance effectuée au seuil de 5 % a révélée qu'il existe une différence significative et les horizons forment des différents groupes ($F_{\text{obs}}=31,27$; $P=0,000$).

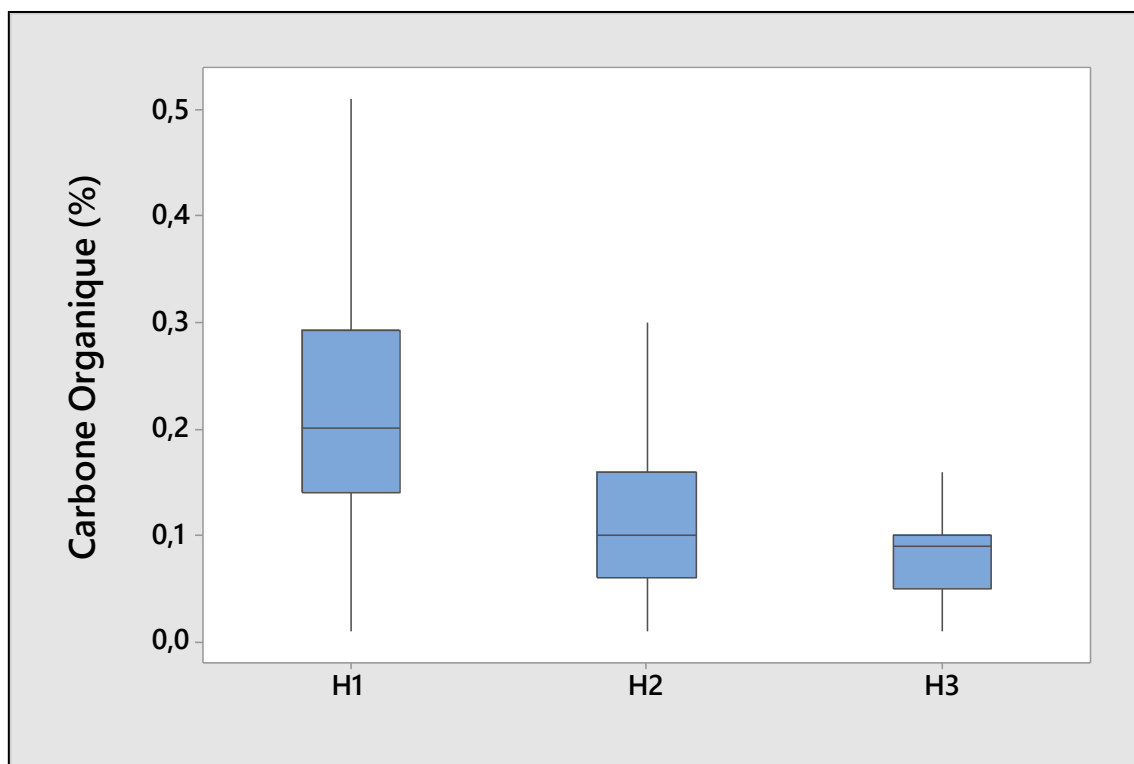


Figure N° 18: Evolution de la teneur en carbone organique dans les trois horizons des profils.

III.3. L'analyse en composante principale

L'ACP permet une meilleure visualisation du comportement de la variation des paramètres teneurs en calcaires, pH, conductivité électrique et la teneur en carbone organique et teneurs en sables fins et en sables grossiers, teneurs en limons fins et en limons grossiers et la teneur en argiles des horizons des sols sur lesquelles se trouvent les profils étudiés, et d'étudier la relation entre les variables. Les deux axes de l'analyse en composantes principales, ont montré 100 % de la variation (Fig19.). Le premier axe F1 révèle 97,16 % des informations, il a été positivement corrélé avec la teneur en CaCO_3 total, pH, conductivité électrique, limons grossiers, limons fins, sables grossiers et l'épaisseur dans les deux horizons (H2, H3), Le second facteur F2 rapporte 2,84 % des informations et est corrélé positivement avec les teneurs en sables fins et les teneurs en carbone organique.

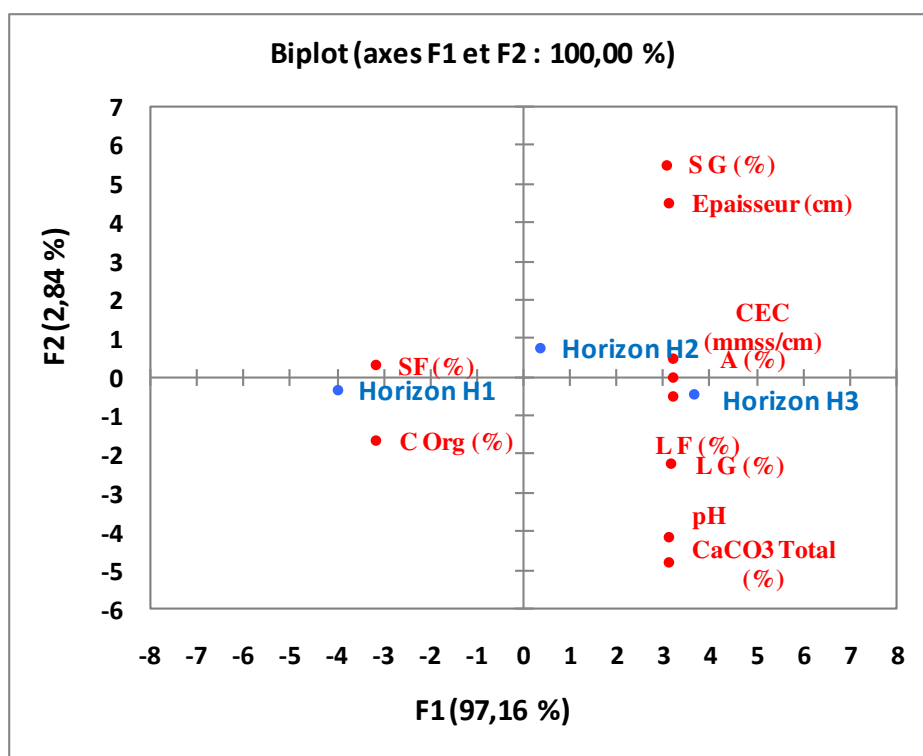


Figure N°19 : Analyse en composante principale (ACP) représentant les paramètres mesurés

CHAPITRE IV :
DISCUSSION

IV-DISSION :

IV.1.Granulométrie du profil

Dans le contexte de mieux comprendre et interpréter l'évolution des quelques paramètres physiques (particules granulométriques) et chimiques dans les sols des régions étudiés pour des fins de mise en culture des terres à Laghouat, nous avons examiné les teneurs en carbonates de calcium, carbone organique, pH et la conductivité électrique et les particules granulométriques en fonction des trois horizons des profils, et sondé les profondeurs des profils.

Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence une stratification des profils allant d'un horizon unique à trois horizons. Par le biais de l'influence des paramètres physiques/chimiques étudiés sur les trois horizons des profils et les variations des teneurs en paramètres chimiques dans les sols ; nous avons distingué que cette évolution se fait par l'intervention de plusieurs mécanismes pédologiques sous l'influence de la topographie et la morphologie de paysage plus les conditions climatiques qui caractérisent la région aride.

Les épaisseurs des horizons ont marqué une différence significative, nous avons remarqué que l'horizon d'accumulation et l'horizon H3 atteignent la profondeur moyenne la plus élevée ; par contre l'horizon superficiel caractérisé par des épaisseurs moyennes faibles.

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous remarquons que la texture des sols est presque la base de toutes les autres propriétés. C'est la propriété du sol qui traduit d'une manière globale la composition granulométrique de la terre fine (Gobat et *al*, 2010).

Nous remarquons que les teneurs en Argiles, limons et sables fins plus élevé que dans les horizons (H1 et H2) ; ce qui peut avoir une origine géologique comme indique que les formations quaternaires occupent une grande partie des zones arides. Elles sont constituées de dépôts continentaux de sables, limons et argiles surmontés d'une puissante croûte calcaire (Quaternaire ancien), de croûtes et encroûtements calcaires variés (Quaternaire moyen) et de dépôts éoliens et alluviaux (Quaternaire récent).

En outre nous pouvons expliquer la teneur élevé en argile ; limon et sable fin comme (COQUE, 1962, BELAID, 1967) a signalé que les glacis d'accumulation, les plaines alluviales, les dépressions endoréiques, etc., supportent des sols au comportement physico-hydrique très comparable en raison d'une texture d'ensemble relativement plus lourde présentant de fortes proportions de limons, de sables fins et parfois d'argile. Ces derniers sont d'apport d'eau par ruissellement.

Les sols sableux sont très perméables à l'eau et à l'air du fait de leur porosité texturale (espacement entre les particules) entraînant une bonne aération, un bon drainage du sol et un bon développement racinaire (Gardi., 1973; Taibi., 1997).

Le lessivage des horizons supérieurs en est favorisé dans la perspective de leur dessèchement. Toutefois, en saison sèche, ces sols vont avoir tendance à sécher très rapidement d'où des besoins assez importants en arrosage. Ils ont aussi la particularité de ne pas retenir facilement les éléments fertilisants (Gardi., 1973 ; Taibi., 1997).

IV.2. Calcaire

La fraction du calcaire d'un sol est capable de libérer assez facilement du calcium. Une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif (Pousset., 2000).

La valeur maximale en teneur de carbonates de calcium observée dans le deuxième horizon (H2) grâce à la capacité d'échange cationique qui fixe les cations échangeables (Li^+ , Na^+ , K^+ ; Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) d'une façon réversible (Baize., 2004).

Nous observons aussi la distribution du calcaire dans tous les horizons, comme il a été signalé par (Ruellan., 1971) qui dit : « les régions désertiques et méditerranéennes, les sols qui contiennent du calcaire dans un ou plusieurs de leurs horizons sont très fréquents. » (Ruellan., 1971).

Laghouat se caractérise par des diverses esquisses géologiques, la répartition des profils étudiés dans des régions d'origine géologique différentes permet d'avancer que le matériau originel peut influencer sur la richesse du sol en calcaire.

Les cations sont liés aux feuillets d'argile par des forces de nature électrostatique et possèdent la propriété d'être échangeables (Calvet., 2003).

Cette caractéristique observée dans le premier horizon qui atteint une valeur maximale de la capacité d'échange cationiques et aussi une valeur maximale en teneur de l'argile dans les horizons d'accumulation (H2).

Les classes d'appréciation de la teneur du sol en matière organique sont réalisées en fonction du taux d'argile.

En effet, la matière organique améliore la structure et diminue l'érosion du sol, a un effet régulateur sur la température, permet au sol de stocker d'avantage d'eau et représente aussi un milieu de culture pour les organismes vivants, contribuant ainsi à améliorer significativement la fertilité des sols (Mirsal., 2004).

IV.3.pH

Le pH est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ion H^+ . Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes (Mirsal., 2004).

Nous avons noté que cet établissement est incarné dans tous les horizons et dans tous les sols et d'après nos résultats on dit que les sols de Laghouat sont des sols à un pH basique.

La wilaya de Laghouat est une zone pastorale typique dans laquelle l'insuffisance des ressources fourragères est un problème majeur, dans le but de satisfaire la demande accrue des ressources fourragères on propose l'introduction de légumineuse fourragères, *Sesbania grandiflora* et *Sesbania sesban* qui sont très riche en éléments nutritifs, résistantes au calcaire, la salinité et favorisent aussi les sols sableux.

IV.4.Matières Organiques

La matière organique joue un rôle essentiel dans la structure du sol et dans la nutrition de la plante. La teneur optimale de matière organique est en fonction des teneurs en argile et en calcaire du sol. Elle s'exprime en pourcentage de la matière sèche de l'échantillon de terre (Largile et Lamotte, 2016).

La teneur optimale de matière organique est fonction des teneurs en argile et en calcaire du sol :

- Pour qu'un sol soit bien pourvu en matière organique, la teneur doit être $>2\%$.
- Plus il y a d'argile, plus il faut de matière organique pour équilibrer le complexe argilo-humique.
- Pour les teneurs faibles en argile ($<20\%$), il faut davantage de matière organique pour compenser le déficit en colloïdes (Largile et Lamotte, 2016).

Le contenu de matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatique, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, la quantité de matière organique dépend de l'âge et du type de groupement, aussi de l'abondance des éléments grossiers, ces derniers ayant pour effet et concentrer le système racinaire et les substances organique dans les interstices (Benabdli, 2000).

IV.5. Conductivité électrique

Nos sols sont classés parmi les sols non salés et la conductivité est plus importante dans l'horizon de surface H1, cette augmentation s'expliquerait par la nature de la litière décomposée dessus.

Sharma et *al*, (1973), ont démontré dans leurs études que l'augmentation de la conductivité est liée aux cations de sodium, potassium, magnésium et calcium libérés par la décomposition des feuilles des végétaux et les débris des animaux. Ce ci peut expliquer les valeurs relativement élevées de la conductivité électrique dans l'horizon H1.

Conclusion

Tenant compte de la limitation imposée par le régime pluviométrique en zone aride et semi-aride de l'Algérie, il est nécessaire de développer des techniques agricoles qui permettent d'utiliser au mieux les faibles ressources en eau disponibles pour une amélioration et une stabilisation de la production avec un meilleur choix des cultures en faveur aussi des propriétés physicochimiques des sols.

Notre travail a été effectué en vue de voir l'aptitude à la mise en culture des terres de périmètres agricoles de la wilaya de Laghouat par le biais de deux paramètres physicochimique, la teneur en calcaire du sol et sa texture.

L'approche que nous avons adopté était basée sur la stratification des horizons des profils sans être aller à la classification des sols ,ce ci est du au fait que la classification des sols de l'Afrique du Nord n'a pas été établie de façon définitive et reste jusqu'à actuellement discutée.

L'ensemble des résultats de la prospection que nous avons faite montre une stratification allant d'un seul horizon jusqu'à la superposition de trois horizons. La majeure partie des sols étudiés sont superficiels et composés d'un seul horizon dont l'épaisseur maximale est de 68 cm. Un très faible nombre de sols est composé de trois horizons.

Plus de 60 % des sols étudiés sont assez profonds pour le développement d'un système racinaire de plantes cultivées, environ 25% sont très superficiels présentant une profondeur inférieure à 15 cm ne permettant ni labour ni retournement pour la préparation d'un lit de semences.

Les analyses granulométriques ont montré que les sols à Laghouat présentent des teneurs assez faibles en argiles ce qui serait un handicap pour une bonne rétention des eaux.

Les teneurs des profils en matières organiques indiquent que les sols à Laghouat nécessitent des apports d'éléments fertilisants dans le cas de leurs mises en culture.

Les mesures de la conductivité électrique indicatrice de salinité montrent que les sols à Laghouat ne sont pas salins.

Le taux de calcaire présent dans les sols est variable entre un taux maximum supérieur à 50% mesuré dans un horizon H2 pouvant classer les sols dans la gamme des sols fortement calcaires. Un minimum de 2,63% toujours dans l'horizon H2.

Sur la base de ces résultats, il est possible de pratiquer de l'arboriculture fruitière de l'olivier de l'amandier, des agrumes sur ces sols, que ce soit la nature de l'unité géomorphologique sur

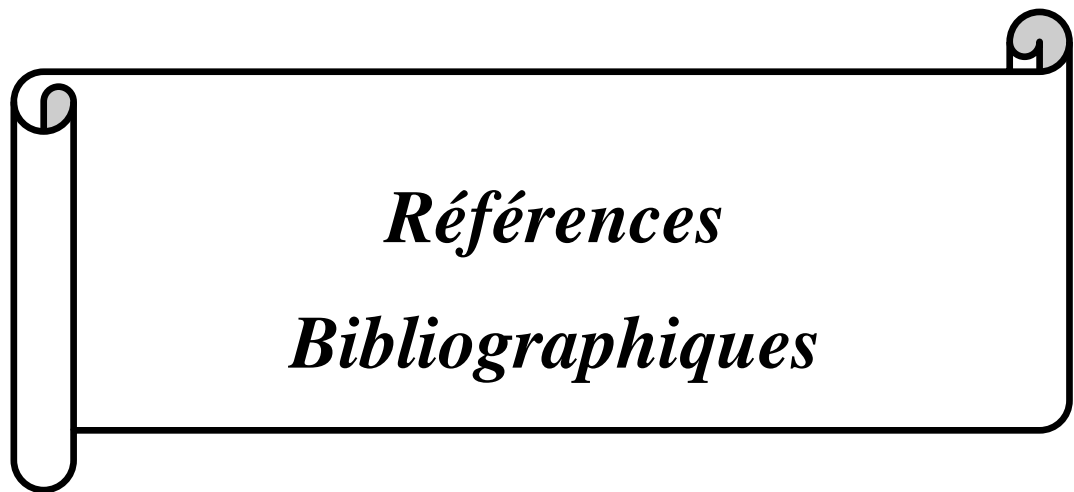
laquelle se trouve le sol, les agrumes peuvent tolérer le calcaire jusqu'à 13% et supportent les sols sableux argileux ou les sols argileux limoneux.

Aussi, on éviterait plutôt les cultures maraichère car la majorité d'entre elles (pomme de terre ; fabacées, solanacées ...) supportent les sols riche en argile et sable ; avec un taux du calcaire ne dépassant pas une valeur de 11%.

Toutefois, des décisions par le biais uniquement de deux paramètres du sol resteraient toujours insuffisantes, elles doivent être complétées par les mesures d'autres paramètres pour plus de précision.

Enfin, il est bon de signaler que la mise en culture dans les zones arides se fait toujours au dépend de la destruction d'une végétation naturelle pouvant concurrencer des cultures pour l'eau ; mais qui reprend lentement et, parfois, difficilement à la suite de la disparition ou de l'arrêt de la culture, provoquant ainsi un risque pour l'écosystème.

Notre travail constitue une première prospection pédologique dans les périmètres agricoles de la wilaya. En, perspectives, nous suggérons la continuité et l'élargissement de ce travail l'ensemble du territoire de la wilaya et avec d'autres paramètres physicochimiques des sols afin de bien identifier la nature des terres en vu de leur exploitation agricole.



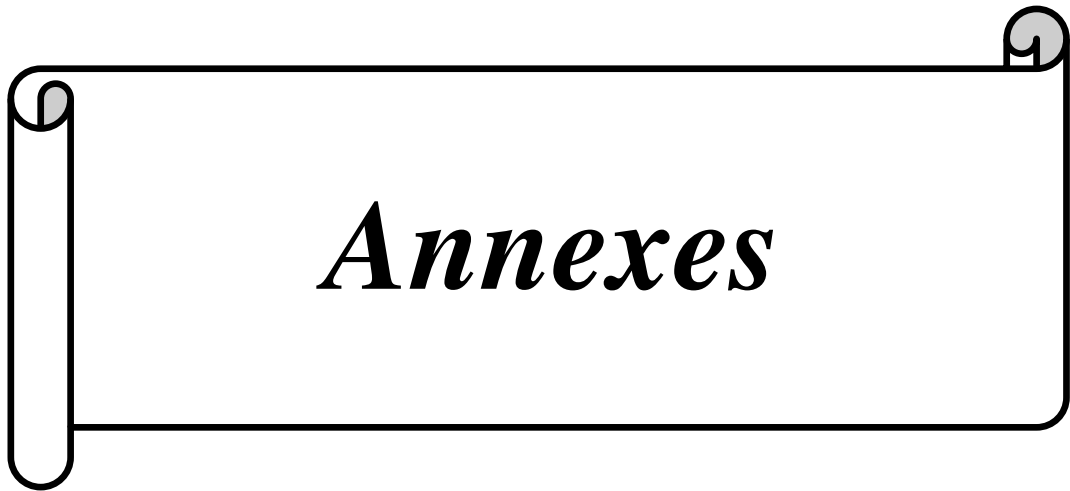
Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- Aubert, G., 1960.** Les sols de la zone aride : étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Actes Colloque UNESCO Paris sur les problèmes de la zone aride. 127-150 pp. Paris UNESCO Arid Zone Res.
- Aubert, G.1978.** Méthodes d'analyses des sols. Marseille : C.H.A.D.R. 188 p.
- Bagnouls, F., et Gaussen, H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique, Bull. soc. Hist. Nat., Toulouse, : 193-239 pp.
- Baize D., Jabiol B. (1995).** *Guide pour la description des sols*. Paris : INRA
- BENABDLI K., (2000).**Evaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique, commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbès –Algérie).options Méditerranée, 39 p.
- Benchetrit, M., 1957.** L'Erosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie. Presses Universitaires de France, Paris.
- BNEDER., 2014.** Analyse de l'aptitude à la culture de l'olivier des sols de la région de Laghouat. 202 p.
- Boulaine, J., 1957.** Étude des sols des plaines du Chélif, Ministère de l'Algérie, Direction de l'Hydraulique et de l'Équipement rural, Service des Études scientifiques, Birmandreïs (Alger),1957.
- Boulaine, J., 1961.** Sur le rôle de la végétation dans la formation des carapaces calcaires méditerranéennes. Travaux de l'I R Saharien 2568-2570 pp.
- Calvet J., 2003.** Le sol propriétés et fonctions contribution et structure, phénomène aux interfaces (tome 1), édition France agricole.88p
- Capot –Rey., 1939.** Pays du Mزاب et région des Dayas Etude sur le relief de la dorsale saharienne, Annales de géographie 1939 XLVIII 41-62 pp.
- Commission de Coopération technique en Afrique, 1963,**5-6p.
- COQUE, R (1962) :** Géomorphologie paris Armand Collins ,1 volume, 430 p.
- Dajoz, R., 2003.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 631 p.
- Djili, K., Daoud, Y., Ayache, N., 1999.** Analyse de la distribution verticale et spatiale du calcaire dans les sols de l'Algérie septentrionale. Etudes et gestions des sols.6, 3- P 201 : 213.

- DREUX P., (1980) :** Précis d'écologie. Ed. Presse universitaire de France, Paris, 213p.
- DSA L., 2010.** Direction des services agricoles wilaya de Laghouat. Statistiques.110 p.
- Duchaufour, (2006) :** livre introduction du la science d'étude.
- Duchaufour, P., 2001.** Introduction à la science du sol, 6^e Edition. Dunod, 331 pp.
- Durand J.H., 1954.** Les sols d'Algérie. S.C.H., S.E.S., pédologie n°2, 244 p.
- Duthil, P., 1962.** Etude du bilan de l'eau des sols en cases lysimétriques sur les hauts plateaux. Alger DHER 4 p.
- EMBERGER (1955) :** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot., Géol. Et Zool. Fac. Sc., Montpellier. 7 : 3 -43 pp.
- Estorges, P., 1961.** Morphologie du plateau Arba. Travaux de l'IRS XX : 29-77 pp.
- F.A.O., 2005.** Chiffres et statistiques WWW.FAO.ORG
- FAURIE et al, (1980). FAURIE C., et MEDORIP., 1984.** Ecologie. Ed. Baillière J.B. Paris, 168p.
- Gardi, R, (1973).**SAHARA .Ed:kummerly et Frey ,Paris,3^eme Edition 49-51 pp
- Giva, G. 2011.** Les produits agricoles utilisables en agriculture en Languedoc- Roussillon. Guide technique. Tome 1. 123p
- Gobat J M., Argno M et Mathey W., 2010.** Le livre le sol vivant ; Bases de pédologie- Biologie des sols, 3^e édition revue.165p.
- HALITIM A., 1988 -** Sol des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U. Alger.
- HALITIM A., 1998.** Les sols des régions arides d'Algérie. Alger : OPU. 384p.
- Ibrahim. Mirsal A ., 2004.** Soil Pollution. Origine, Monitoring and Remediation Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. Cahiers Agricultures, 16: 318-323 pp.
- Lammouroux, M., 1968.** Les sols bruns méditerranéens et les sols rouges partiellement brunifiés du Liban Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VI, no 1 : 63-91.

- Largile et Lamotte. 2016.** Cours de sciences du sol, ENESAD-Unité pédagogique Lucie Pasquier.
- Monjauxe, A., 1982.**le pays des dayas et *Pistacia atlantica* dans le Sahara algérien. R.F .F . XXXIV – 4. 271-290 pp.
- Pouget, M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. Mémoire de Thèse. Travaux et documents de l'ORSTOM n°116. 555 p.
- Pousset J., 2002.** Engrais vert et fertilité des sols, 2ème ed. Agri-décisions, Paris.
- RAMADE, F., (1984) :** Element d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Hill P, Paris. 397p.
- Ruellan, A., 1971.** Dégradation des sols et stratégies coopératives en Méditerranée :
- Sanglerat, Guy. 2001.** Cours pratiques de mécanique des sols. 432 p. 2ème E. Editions Dunod
- Sharma M.L. & Tongway D.J., (1973).** Plant induced soil salinity patterns in two saltbush (*Atriplex* spp.) communities. *J. Range Manage.*, **26**, 121-125 pp.
- Stewart, P. 1969.** Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach : p. 24-25. a. Thèse 3eme cycle. USTHB, Alger. 255 p
- Taibi, A.N., 1997.** Le piémont sud du djebel Amour (Atlas saharien, Algérie), apport de la télédétection satellitaire à l'étude d'un milieu en dégradation. Université Denis Diderot, Paris VII, Thèse de Doctorat, 310 p.
- Troeh F.R. & Thompson L.M., 2005.** *Soils and soil fertility*. 6th ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing.



Annexes

Annexe : Localisation et coordonnées des profils étudiés

Localisation	X	Y
Sidi Makhlouf	3°03'27,5"	34°08'39,9"
Sidi Makhlouf	3°03'23,6"	34°08'42,3"
Sidi Makhlouf	3°3'58,3"	33°8'39,7"
Sidi Makhlouf	3°4'30,1"	34°8'55,2"
Sidi Makhlouf	3°4'48,7"	34°9'22,8"
Sidi Makhlouf	3°4'14,5"	3°4'14,5"
Sidi Makhlouf	3°3'35,2"	34°9'16,8"
Sidi Makhlouf	3°3'27,4"	34°8'52,9"
Sidi Makhlouf	3°02'59,6"	34°08'54,4"
Sidi Makhlouf	3°03'16,8"	34°09'12,5"
Sidi Makhlouf	3°03'31,3"	34°09'38,2"
Sidi Makhlouf	3°03'41,0"	34°09'51,1"
Sidi Makhlouf	3°03'10,9"	34°10'14,4"
Sidi Makhlouf	3°02'24,9"	34°09'18,2"
Sidi Makhlouf	3°02'23,3"	34°09'1,1"
Ain Madhi	2°25'12,5"	33°47'22,6"
Ain Madhi	2°20'38,4"	33°36'11,7"
Ain Madhi	2°20'40,1"	33°35'16"
Ain Madhi	2°19'57,8"	33°34'43,7"
Ain Madhi	2°19'9,4"	33°35'26,4"
Ain Madhi	2°18'33,1"	33°35'9,5"
Ain Madhi	2°21'55,6"	33°49'53"
Ain Madhi	2°22'58,7"	33°50'21,4"
Ain Madhi	2°22'33,5"	33°50'46,4"
Ain Madhi	2°23'26,3"	33°50'51,5"
Ain Madhi	2°23'47,7"	33°50'46,4"
Ain Madhi	2°24'29,3"	33°50'50,7"
Ain Madhi	2°24'16,4"	33°51'12,5"
Ain Madhi	2°22'56,3"	33°43'1,5"
Ain Madhi	2°23'29,9"	33°43'22,9"

Ain Madhi	2°24'37.5"	33°44'38.2"
Ain Madhi	2°25'38.2"	33°45'09.8"
Ain Madhi	2°26'31"	33°45'12.26"
Ain Madhi	2°27'40.6"	33°46'04.5"
Ain Madhi	2°27'40.6"	33°46'04.6"
Ain Madhi	2°26'33.4"	33°46'20.1
Ain Madhi	2°25'22.7"	33°46'35.7"
Ain Madhi	2°25'22.7	33°46'35.7"
Ain Madhi	2°24'16.9	33°45'24"
Ain Madhi	2°23'32.6"	33°44'52.2"
Ain Madhi	2°22'33.1"	33°43'57.7"
Ain Madhi	2°21'19.1"	33°48'32.8"
Ain Madhi	2°22'07.2"	33°48'39.5"
Ain Madhi	2°23'18.7"	33°48'22.5"
Ain Madhi	2°23'52.5"	33°48'59.8"
Ain Madhi	2°25'03.5"	33°48'18.1"
Ain Madhi	2°26'25.2"	33°48'24.1"
Ain Madhi	2°26'54.3"	33°48'53.3"
Ain Madhi	2°23'48.7"	33°50'07.9"
Ain Madhi	2°24'28.3"	33°50'33.4"
Tadjmout	2°39'01,1""	33°49'47,7"
Tadjmout	2°24'40.7"	33°51'39"
Tadjmout	2°25'4.9"	33°51'14.6"
Tadjmout	2°25'42.5"	33°51'41.1"
Tadjmout	2°25'30.6"	33°52'1.7"
Tadjmout	2°26'1"	33°52'24.3"
Tadjmout	2°26'39.2"	33°52'3.7"
Tadjmout	2°27'6.6"	33°52'41.6"
Tadjmout	2°26'36.8"	33°53'10.9"
Tadjmout	2°26'44.4"	33°53'46.8"
Tadjmout	2°26'58.1"	33°54'8.9"
Tadjmout	2°26'38.8"	33°52'26.3"
Tadjmout	2°25'26.4"	33°51'03.9"

Tadjmout	2°26'36,4"	33°51'40,1"
Tadjmout	2°27'44,2"	33°52'06,6"
Tadjmout	2°27'33,9"	33°52'28"
Tadjmout	2°27'59,7"	33°53'16,5"
Tadjmout	2°28'23"	33°53'57,7"
Tadjmout	2°28'35,8"	33°52'21,6"
Tadjmout	2°29'1,7"	33°52'47,8"
Tadjmout	2°29'52,8"	33°52'2,8"
Tadjmout	2°28'37,2"	33°51'47,1"
Tadjmout	2°28'27"	33°51'2,5"
Tadjmout	2°28'27"	33°51'2,5"
Tadjmout	2°29'3,7"	33°50'35,3"
Tadjmout	2°29'7"	33°50'9,7"
Tadjmout	2°30'59,6"	33°50'41,7"
Bennaser Benchohra	3°6'13,4"	33°46'50,6"
Bennaser Benchohra	2°58'47,9"	33°44'0,3"
Bennaser Benchohra	3°5'30"	33°48'15,1"
Bennaser Benchohra	2°56'43"	33°49'13,4"
Assafia	2°59'35,6"	33°51'35"
ElKheneg	2°45'15"	33°43'54,5"
ElKheneg	2°44'51,,8"	33°44'55,9"
ElKheneg	2°45'24,8"	33°44'55,9"
ElKheneg	2°44'33,1"	33°43'31,8"
ElKheneg	2°44'10,8"	33°43'58,6"
ElKheneg	2°44'58,2"	33°43'4,6"
ElKheneg	2°43'2,5"	33°42'51,3"
ElKheneg	2°43'2,5"	33°42'51,3"
ElKheneg	2°43'29,1"	33°42'3,1"
ElKheneg	2°41'54,5"	33°42'22,3"
ElKheneg	2°41'38,8"	33°43'3,1"
ElKheneg	2°42'19,5"	33°41'35,5"
ElKheneg	2°40'52,2"	33°41'49,4"

ElKheneg	2°40'36,7"	33°42'30,4"
ElKheneg	2°39'54"	33°42'17,8"
ElKheneg	2°39'51"	33°42'21,5"
ElKheneg	2°40'5,6"	33°41'34,2"
ElKheneg	2°40'13,5"	33°40'58,7"
ElKheneg	2°38'40,2"	33°41'10,2"
ElKheneg	2°38'19,4"	33°41'43,3"
ElKheneg	2°37'28,3"	33°40'38,9"
ElKheneg	2°36'50,7"	33°40'10,6"
ElKheneg	2°36'44,2"	33°40'5,6"
ElKheneg	2°35'37,6"	33°39'32,4"
ElKheneg	2°45'26,9"	33°43'59,9"
ElKheneg	2°44'42,5"	33°44'24,2"
ElKheneg	2°43'57,1"	33°44'42"
ElKheneg	2°43'34,7"	33°45'28,8"
ElKheneg	2°43'17,5"	33°45'49,4"
ElKheneg	2°43'39,5"	33°45'32"
ElKheneg	2°42'35,5"	33°44'45"
ElKheneg	2°42'24,5"	33°44'34,3"
ElKheneg	2°42'7,7"	33°43'49,2"
ElKheneg	2°40'48,1"	33°44'2,2"
ElKheneg	2°40'12"	33°43'27,9"
ElKheneg	2°40'21,8"	33°42'52,5"
ElKheneg	2°39'20,4"	33°42'42,6"
ElKheneg	2°45'45"	33°44'10,1"
ElKheneg	2°45'51,9"	33°43'25,5"
ElKheneg	2°45'58,1"	33°42'42,2"
ElKheneg	2°45'32"	33°41'37,5"
ElKheneg	2°43'49,4"	33°41'36,6"
ElKheneg	2°43'25,6"	33°40'51,8"
El Hoouita	2°29'44,3"	33°40'2,0"
El Hoouita	2°29'49,6"	33°39'58"
El Hoouita	2°29'59,4"	33°39'55,7"

El Hoouita	2°29'59.9"	33°39'48.4"
El Hoouita	2°29'52"	33°39'46.5"
El Hoouita	2°29'48.1"	33°39'46.3"
El Hoouita	2°29'49.6"	33°39'39.6"
El Hoouita	2°30'1.0"	33°39'39"
El Hoouita	2°29'44.3"	33°39'37"
El Hoouita	2°29'31.5"	33°39'26.4"
El Hoouita	2°29'28.5"	33°39'56.4"
El Hoouita	2°28'30"	33°39'16"
El Hoouita	2°26'53.3"	33°38'13.4"
El Hoouita	2°27'8.5"	33°37'34.2"
El Hoouita	2°25'55.4"	33°37'36"
El Hoouita	2°25'55.4"	33°37'36"
El Hoouita	2°25'31.2"	33°38'24.7"
El Hoouita	2°25'29.2"	33°37'34.2"
El Hoouita	2°26'15"	3°38'25.4"
El Hoouita	2°26'14.4"	33°39'5.9"
El Hoouita	2°25'26.9"	33°38'59.6"
El Hoouita	2°24'50.3"	33°38'49.4"
El Hoouita	2°24'32.6"	33°38'15.5"
El Hoouita	2°24'39.4"	33°37'30.2"
El Hoouita	2°23'16.5"	33°38'16.8"
El Hoouita	2°23'55.9"	33°37'15"
El Hoouita	2°23'6.7"	33°37'3.2"
El Hoouita	2°22'28.7"	33°37'54.8"
El Hoouita	2°22'8.8"	33°37'38.9"
El Hoouita	2°21'33.6"	33°37'17.6"
El Hoouita	2°22'58.3"	33°36'16.2"
El Hoouita	2°21'8.2"	33°36'54.4"
El Hoouita	2°25'28,15"	33°43'04,1"
El Hoouita	2°25'28,1"	33°41'04,1"
El Hoouita	2°26'22,6"	33°41'45,4"

El Houuita	2°26'56,4"	33°41'58,2"
El Houuita	2°26'30,3"	33°42'29,5"
El Houuita	2°27'29,9"	33°42'44,1"
El Houuita	2°27'32,5"	33°43'28,5"
El Houuita	2°27'32,4"	33°43'28,5"
El Houuita	2°26'49,7"	33°43'16,5"
El Houuita	2°25'13,3"	33°42'30,1"
El Houuita	2°24'43,3"	33°41'57,8"
El Houuita	2°24'11,6"	33°41'51,8"
El Houuita	2°24'59,4"	33°40'57,6"
El Houuita	2°24'59,4"	33°40'57,6"
Laghout	2°45'56,2"	33°50' 52,2"
Laghout	2°45'56,8"	33°50'56.1"
Laghout	2°53'47.1"	33°45'8.6"