

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
En vue de l'obtention du diplôme Master LMD

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecologie Végétale et environnement

Présenté par : Ghezal Naoual

THEME

**Contribution à la caractérisation du sol de Djebel El Assafia
la wilaya de Laghouat**

Présenté par : Ghezal Naoual

Déposé le 23/11/2020 devant le jury composé de:

Chaibi MCA	Président	UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
Benacer MCB	Examineur	UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
Souffi MAA	Encadreur	UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
Mechraoui prof associé	Co-encadreur	UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

Année Universitaire 2019/2020

Remerciement

Au nom de dieu clément et miséricordieux, le grand merci lui revient d'avoir aidé à élaborer cette thèse.

- *Mes vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury*
- *Dr Youcefi Mustafa, Je me ferais un agréable devoir de remercier mon encadreur, pour m'avoir dirigé ce travail de recherche et m'avoir fait bénéficier de son expérience et de ses précieux conseils. Je suis sensible à l'honneur que me fait Dr.*
- *Mechraoui choaib, je remercie très chaleureusement pour sa confiance et sa patience accordées du début à la fin des travaux. Dépassant son rôle de promoteur, et ses encouragements répétés.*
- *Mes chère grand-mère, Haffsa et Fatima les femmes que j'aime le plus dans monde.*
- *Mon cher père, Abd AL Kader qui a toujours avec moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études, **je t'aime beaucoup***
- *Ma chère mère, Hada que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donné. Celle qui a fait de moi la femme que je suis aujourd'hui. Que Dieu la récompense pour tous ces bienfaits.*
- *Mes frères et sœur, Mohammed, Djamel, Samir, Iman, Sabrina.*
- *Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers, Mon oncle Ghezal Djamel, et le mari de ma sœur Benili Mokhtar qui m'ont apportées leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Un grand merci à vous.*

Dédicaces

Je dédie du fond de mon cœur ce modeste travail :

Aux personnes les plus chères du monde, ma mère et mon père

Qui sont la lumière de ma réussite.

*A mes frères Mohammed et Jamel et Samir et mes sœurs Iman
et sabrine.*

A toute ma famille.

A tous mes amies.

A tous mes enseignants.

*A tous les étudiants de Université Amar Téliadjí Laghouat,
particulièrement Ceux de la section écologie et environnement.*

A Tous ceux que je connais et qui me connaissent et tous ceux

Que j'aime et qui m'aiment.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Liste des tableaux	III
Liste des figures	IV
Liste des abréviations	V
Introduction & problématique	1
Chapitre 1.	3
1. Définitions	3
2. Les différentes phases du sol	4
2.1. La phase liquide du sol.....	4
2.2. La phase gazeuse du sol.....	4
2.3. La phase solide du sol.....	5
3. Les facteurs écologiques à l'origine de la formation des sols	5
4. Les éléments constitutifs du sol.....	5
4.1. Fraction minérale.....	6
4.2. Fraction organique.....	6
4.3. Le complexe, argilo-humique.....	8
5. Les différentes fonctions du sol.....	8
Chapitre 2: La région d'étude El Assafia	10
1. Localisation administrative de la commune dans la wilaya de Laghouat.....	10
2. Caractéristiques naturelles de la commune	10
2.1. Le relief	10
2.1.1. Les pentes dans la commune d'El Assafia	10
2.1.2. L'Altitude	11
2.2. Les caractéristiques édaphiques	11
2.3. L'érosion.....	12
2.4. Hydrographie et ressources en eau.....	13
2.5. Le Climat	13

2.5.1. Les précipitations.....	13
2.5.2. Les températures	14
2.5.3. L'humidité relative de l'air.....	15
2.5.4. Le vent	16
2.5.5. Diagramme ombrothermique	19
3. La production agricole dans la région d'El Assafia.....	19
3.1. La Production animal.....	19
3.2. La production végétale	20
Chapitre 3. Matériel et méthode	22
1. Méthodologie.....	22
1.1. Prélèvement d'échantillon.....	23
1.2. Méthodes d'analyses du sol.....	25
1.2.1. Le pH.....	25
1.2.2. La conductivité (C.E)	26
1.2.3. L'humidité hygroscopique (H)	26
1.2.4. La matière organique(MO).....	27
1.2.5. Dosage du carbone organique : (Méthode four à moufle).....	27
1.2.6. La granulométrie.....	28
1.2.7. Dosage de calcaire	29
1.2.8. Le phosphore.....	30
1.2.9. Le potassium et Le sodium	30
1.2.10. Dosage de l'azote total.....	31
Chapitre 4. Résultats et discussion	34
1. Interprétation des données de l'analyse physico-chimique du sol.....	34
1.1. La texture	34
1.2. Le pH	34

1.3. La salinité	35
1.4. La matière organique	35
1.5. L'humidité du sol	36
1.6. Taux de carbone	37
1.7. Les sels minéraux présents dans le sol	37
2. Discussions autour des propriétés physico-chimiques du sol de notre parcelle expérimentale.....	41
Conclusion générale.....	VII
Références bibliographiques.....	VIII

Tableau	Numéro de page
01. Classification des pentes dans la région d'El Assafia	11
02. Les types des sols dans la région d'El Assafia.	12
03. L'érosion dans la commune d'el Assafia	12
04. Précipitations moyennes mensuelles (mm) 2008-2018	13
05. Moyennes des températures mensuelles de la région d'El Assafia entre (2008-2018).	14
06. L'humidité relative (H%) mensuelle enregistrée durant l'année 2018	15
07. La production animale dans la région d'El Assafia en 2018.	20
08. La production animale dans la région d'El Assafia en 2018.	20
09. Classes d'abondance de la matière organique. (Lambert, 1975)	27
10. La texture du sol de la région étudier.	34
11 : Le taux de potassium.	38
12 : Le taux de phosphore.	38
13 : Le taux de phosphore.	39
14 : les propriétés physico-chimique du sol utilisé dans la culture de pomme de terre.	40

Figure	Numéro de page
01 : Localisation administrative de la commune dans la wilaya de Laghouat	10
02. Moyennes des précipitations mensuelles de la région d'Assafia (2008-2018).	14
03. Moyennes des températures mensuelles de la région d'Assafia (2008-2018).	15
04. Moyennes d'humidité de la région d'Assafia (2008-2018).	16
05. Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la zone d'étude (2008-2018).	17
06. Climagramme pluviométrique d'Emberger.	18
07. diagramme ombrothermique de la region d'EL Assafia.	19
08.les superficies des principaux produits cultivés dans les communes d'El Assafia	21
09. Les superficies des principales cultures dans la zone d'El Assafia.	21
10. Les zones de prélèvement des échantillons de sol.	24
11. Agitateur de laboratoire.	25
12. Filtration du solution.	26
13. Séchage de 10 g du sol dans le four à moufle pendant (24h) à 105 °C.	27
14. Echelle granulométrique	28
15. Tamisage du sol.	29
16. Erlenmeyer et le tube	29
17. spectrophotomètre.	30
18. spectro à flame.	31
19. Le PH dans les différents niveaux dans nos échantillons.	35
20. La conductivité électrique dans les différents niveaux dans nos échantillons.	36
21. Le pourcentage de matière organique dans les différents niveaux dans nos échantillons	37
22. Le pourcentage d'humidité dans les différents niveaux dans nos échantillons.	37
23. Le taux de carbone dans les différents niveaux dans nos échantillons.	38

La liste des abréviations :

HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques.

R: le matériel minéral parental ou roche mère (Physique, minéralogique, et caractéristiques chimiques).

B: les êtres vivants et leur matière organique (Faune, Flore, Micro-organisme, Matière organique).

C: le climat (Pression, température, évapotranspiration).

t: le temps

p: la pente et l'altitude (Altitude, inclination, profondeur de la nappe phréatique).

mm: millimètre

MO: Matière organique.

n°: Némuro.

Km: Kilometer.

Km²: Kilometer caree.

%: Pourcentage

Ha: Hectare

m: Mètre

DSA: Direction des services Agricoles.

Sup: supérieur

MS: moyennement stable.

S: stable.

HCDS: Haut-Commissariat au Développement de la Steppe

m³: mètre cube

P: précipitation

Max: maximum

min: minimum

moy: moyenne

T°: température

M-m: maximum- minimum

ONM: Office National de la Météorologie Office National de la Météorologie Office National de la Météorologie

c°: degré Celsius.

H%: L'humidité relative.

m/s: mètre par second.

I. indice de martonne.

P: total des précipitations annuelles en (mm).

T : température

Q2: Le quotient pluviométrique d'Emberger.

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m: moyenne des minima du mois le plus froid

SAT: superficie agricole totale.

SAU: surface agricole utile en ha.

qx: quintaux

USDA: United States Department of Agriculture

moy: moyenne .

s: seconde .

pH: potentiel d'acidité.

cm: centimètre

pr: prélèvement

CE: conductivité électrique.

h: heur

g: gramme

A: argile.

L: limon.

S: sable.

N: azote.

P: phosphore.

K: potassium.

mmhos: Millimhos

c: carbone.

Na: Sodium

P₂O₅: Pentoxyde de phosphore

K₂O: Oxyde de potassium

ppm: partie par million

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes (Glossary of Soil Science Terms, 1965 ; Legros, 2007). Qui est dénommée couverture pédologique, est une ressource fondamentale qui supporte la croissance des plantes et assure ainsi la production primaire dont dépend directement la population humaine. Le sol est un milieu vivant et fragile, qui abrite d'intenses échanges et transformations biologiques et physico-chimiques. Il est à ce titre une interface biologique et géochimique déterminante dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes (Duchaufour, 1984 ; Pedro, 1985 ; Boulaine, 1989), est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques :

- * La roche-mère sur laquelle s'est développé;
- * Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation (Duchaufour, 1984, Boulaine, 1989).

Le sol est un milieu vivant très structuré (Gobat et *al.*, 1998), interface entre la biomasse, l'atmosphère et l'hydrosphère, Sa vie est liée aux échanges entre le monde minéral, organique et vivant. Des transferts de matière et d'énergie ont lieu en permanence, non seulement entre ces divers compartiments, mais aussi entre chacun d'eux et le milieu extérieur : échanges gazeux, échanges de température, chutes de pluie, évaporation, drainage, apports de résidus animaux et végétaux...

Ainsi. C'est un milieu poreux constitué d'un ensemble de 5 fractions différentes : les minéraux solides, la matière organique, la fraction vivante, la phase gazeuse, et la phase liquide (Morel, 1989). Le sol est, par son fonctionnement et son organisation, un véritable système écologique dynamique (Castri, 1970 ; Lavelle, 1987). Il est le milieu commun à l'ensemble des écosystèmes terrestres (forestiers, prairiaux, agricoles...) et participe activement à leur fonctionnement.

La qualité d'un sol qui est définie simplement comme étant sa capacité à fonctionner, dépend de multiples facteurs intrinsèques au sol, à l'écosystème ou d'origines anthropiques. Les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des

ressources, et de qualité environnementale sont les principales bases des définitions actuelles de la qualité des sols.

L'évaluation de cette qualité peut être réalisée par de simples observations ou des mesures qualitatives très complexes (Mausbach *et* Tugel, 1997). Les indicateurs correspondent à des propriétés physiques, chimiques et biologiques, mais également à des processus et des flux de matière ou d'énergie qui peuvent être mesurés pour surveiller les changements dans le fonctionnement du sol (USDA, 1996).

Dans un sol qui fonctionne correctement, les échanges sont abondants et aisés. Les problèmes actuels concernant l'utilisation des sols (pollutions diverses, perte de structure, érosion, désertification...) traduisent le plus souvent des dysfonctionnements du système dans son intégralité et leur résolution nécessite de ce fait une approche écologique. (O'Neill *et al.*, (1986) considèrent que le bon fonctionnement d'un écosystème est caractérisé par l'intégrité des cycles des éléments et des flux d'énergie, par sa stabilité, et par la résilience des perturbations ou des stress. Les relations intimes que le sol crée avec les écosystèmes terrestres lui confère une grande importance dans la régulation des processus écologiques. Il est donc logique de considérer la "santé des sols" (soil health) comme une division essentielle de la "santé des écosystèmes" (ecosystem health) (Rapport *et al.*, 1997 ; Van Bruggen *et* Semenov, 1999).

Problématique

* Quelle est les caractéristiques physique-chimique du sol de la région d'El Assafia ?

L'objectif de notre travail est de caractériser le sol dans le djebel El Assafia.

Le présent travail est divisé en trois parties

La première partie c'est la recherche bibliographique elle présentée en deux chapitres

Le premier présentera des généralités sur les sols, le second il abordera la zone d'étude

La deuxième partie matériel et méthodes c'est la partie expérimentale de travail dans le terrain et au laboratoire.

La troisième partie c'est la partie la plus importante de notre travail c'est résultats et discussions

Et enfin une conclusion et perspectives

1. Définitions

L'entité sol peut avoir de nombreuses définitions qui dépendent généralement de la discipline d'étude. La discipline concernée dans ce travail est la pédologie. Il en résulte une définition évolutive naturaliste de l'entité sol:

Le sol est une entité naturelle, c'est-à-dire dont l'existence initiale ne dépend pas de l'homme (Baize *et* Girard, 1995), superficielle et souvent meuble résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (biosphère), d'un matériau minéral (géosphère) issu le plus souvent d'une roche sous-jacente, sous l'influence des processus physiques, chimiques et biologiques »
(Girard *et al*, 2004).

Le sol est la couche supérieure de la croûte terrestre, composée de matière minérale, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes. Il dispose de son atmosphère interne, ainsi que d'une flore et d'une faune spécifiques. Les sols proviennent de l'altération et de la transformation des roches sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (Barles *et al*, 1999). Ce sont des systèmes dynamiques complexes qui évoluent en permanence sous l'action de processus pédo-génétiques relativement lents, bien que certains événements ponctuels puissent accélérer leur évolution (par exemple érosion rapide et importante dans le cas d'un événement climatique violent), et peuvent se dégrader (Duchaufour, 1997 *in* Grosbellet, 2008).

Le sol est une ressource fondamentale qui supporte la croissance des plantes. Le sol est un milieu vivant et fragile, qui abrite d'intenses échanges et transformations biologiques et physico-chimiques. Il est à ce titre une interface biologique et géochimique déterminante dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes (Robert, 1996).

Le sol est une formation naturelle de surface à structure meuble, d'épaisseur variable, résultant de transformation de la roche mère sous-jacente, sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques. (Demolon, 1966).

Le sol est un système complexe constitué de différentes matières premières interagissant les unes avec les autres. Les propriétés du sol résultent de l'effet de toutes ces interactions (Mac Carthy *et al*, 1990).

2. Les différentes phases du sol

Le sol est un système dispersé à trois phases (Hillel, 1974 *in* Hubert 2008). Par ailleurs, le sol est considéré comme un système hétérogène, poreux et polyphasique constitué de trois phases : solide, liquide et gazeuse. Aux interfaces entre ces différentes phases, d'importants phénomènes de rétention d'eau et de substances chimiques, des échanges d'ions et de molécules peuvent avoir lieu (Hillel, 1982).

2.1. La phase liquide du sol

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol ». Cette dernière, occupant une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension. La composition de la solution du sol varie selon celle du sol mais également en fonction du climat, des apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement phytosanitaire...) et de l'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de dégradation microbienne . . .).

La solution du sol joue un rôle important dans la nutrition végétale, car les plantes y puisent les éléments nutritifs présents sous des formes solubles dites « assimilables » ou « biodisponibles ». Cette notion de biodisponibilité concerne également de nombreux xénobiotiques (pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ...). Leur présence dans la solution du sol les rend accessibles aux microorganismes et aux plantes. (Hillel, 1982).

2.2 La phase gazeuse du sol

Dans les sols, les gaz occupent 15 à 35% du volume total. Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont l'azote (78 à 80%), l'oxygène (18 à 20%) et le dioxyde de carbone (0,2 à 3%). Quoique faible, la quantité de gaz carbonique présente dans le sol est nettement supérieure à celle présente dans l'air atmosphérique (0,03%). Ceci est dû à la respiration des organismes vivants du sol et à la minéralisation de la matière organique. D'autres molécules gazeuses d'origine anthropique telles que les pesticides ou les HAP peuvent également être détectées dans l'atmosphère du sol.

Ces gaz peuvent exister dans le sol soit à l'état libre soit dissous dans la solution du sol. Cependant, dans certaines conditions (d'hydromorphie par exemple), la phase gazeuse

peut être absente ; tout l'espace poral du sol est alors occupé par l'eau et le sol est dit saturé (Duchaufour, 1984 ; Robert, 1996 ; Calvet, 2003).

2.3 La phase solide du sol

La phase solide du sol est en général majoritairement minérale (90 à 99% de la masse du sol) mais comprend toujours une fraction organique dont le taux varie selon le type de sol et les conditions de pédogenèse. Les sols cultivés présentent des taux de matière organique compris dans une gamme allant de moins de 1% à 20% de la masse du sol (Calvet, 2003).

3. Les facteurs écologiques à l'origine de la formation des sols

Jenny (1941), a formalisé le rôle des différents facteurs écologiques intervenant dans la formation des sols par une équation simple:

$$\text{Sol} = f(\mathbf{R}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{t}, \mathbf{p})$$

- **R**: le matériel minéral parental ou roche mère (Physique, minéralogique, et caractéristiques chimiques);
- **B**: les êtres vivants et leur matière organique (Faune, Flore, Micro-organisme, Matière organique);
- **C**: le climat (Pression, température, évapotranspiration);
- **t**: le temps;
- **p**: la pente et l'altitude (Altitude, inclination, profondeur de la nappe phréatique).

Ces cinq facteurs et leurs variations se combinent pour donner une gamme presque infinie de sols, chacun ayant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques à un degré d'évolution donné.

4. Les éléments constitutifs du sol

Le sol est un milieu organisé (Chenu *et* Bruand, 1998) dont la matrice du sol, ou phase solide, est constitué d'une phase minérale souvent majoritaire, et d'une phase organique et de micro et macro organismes vivants.

4.1 Fraction minérale

La fraction minérale du sol est formée par l'ensemble des produits d'altération physique, chimique et biochimique des minéraux dits « primaires » de la roche-mère (Duchaufour, 1984). Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol.

Ces éléments minéraux peuvent avoir différentes tailles granulométriques

- **Sables** ($\varnothing=2000$ à $50\mu\text{m}$) : Fragments de roches stables chimiquement abondants dans la partie grossière du sol, ne jouent aucun rôle dans la fertilisation des sols; leur rôle est surtout physique, car ils maintiennent l'organisation morphologique du sol (Benslama, 2005, in Samai 2007).
- **Limon** ($\varnothing=50$ à $2\mu\text{m}$) : ils sont de nature chimique variable. Ils sont instables et jouent un rôle très important dans la fertilité des sols. Les limons peuvent être dégradés en fragments plus fins; ou ils peuvent évoluer par agglomération ou agrégation. (Benslama, 2005).
- **Argiles** granulométrique ($\varnothing < 2\mu\text{m}$) : Résultantes d'altération des roches, transformations secondaires, et elles sont les fractions les plus actives du sol. (Benslama, 2005). Les argiles sont des silicates d'aluminium plus ou moins hydratés, microcristallins, à structure en feuillets (phyllithes).

4.2 Fraction organique

La fraction organique est constituée à plus de 80% de matière organique (MO) morte (tissus végétaux, résidus d'organismes). Il existe plusieurs catégories de constituants organiques. (Oades, 1998 – Stevenson, 1999 – Baldock *et* Nelson, 2000).

a. Les constituants vivants

Ils sont représentés par:

- Les tissus végétaux, principalement les tissus vivants des plantes, mais certains auteurs incluent également dans cette catégorie les tissus des végétaux morts restant debout à la surface du sol (arbres morts encore dressés).
- Les animaux du sol comprenant la microfaune, la méso-faune et la macrofaune.
- La biomasse microbienne qui correspond à la microflore vivante du sol c'est à dire, les

bactéries, les champignons, les actinomycètes et les algues. (Baldock *et* Nelson, 2000).

b. Les constituants non vivants

Ils sont représentés par :

• La matière organique particulière

Se présente évidemment sous forme de particules plus ou moins grandes et sont des fragments de tissus dans lesquels des structures cellulaires sont reconnaissables. On la divise en générale en plusieurs fractions en se basant, soit sur les dimensions des particules, soit sur leurs masses volumiques. (Duchaufour, 1995) :

- La litière: contient les fragments les plus grands, elle n'est pas mélangée à des minéraux et elle est localisée à la surface du sol puisqu'elle résulte de la chute des feuilles et des tiges mortes. (Toutain, 1974).
- La matière organique grossière: correspond à des fragments de tissus végétaux dont la taille varie entre 20 et 50 μm selon l'échelle granulométrique utilisée par (Baldock *et* Nelson, 2000) et (Calvet, 2003).

• La matière organiquée légère:

Dans cette fraction, la masse volumique des particules organiques est petite par rapport aux deux «02» fractions précédentes. (Dabin, 1976). La matière organique moléculaire: constituée par des molécules de tailles très diverse plus ou moins associées entre elles et produites par les transformations chimiques des constituants tissulaires et elle est divisée en deux «02» fractions. (Andreux, 2004).

- **Les substances non humiques:** sont des molécules appartenant à des familles chimiques identifiées: hydrates de carbone, protéines, acides aminés, lipides, tannins, lignines et acides organiques. Une partie de ces substances non humiques peut être dissoute dans la solution du sol et une autre partie associée aux minéraux et aux substances humiques. (Andreux, 2002).

- **Les substances humiques:** sont des macromolécules acides, de taille variable, de composition chimique et de structure complexe et on trouve:

- Les acides fulviques;
- Les acides humiques;

- Les humines. (Bruckert, 1972).

c. Matière organique inerte

4.3. Le complexe, argilo-humique

D'après Gobat *et al*, 2003 ; Bronick *et Lal*, 2005, La matière organique est intimement mêlée à la matière minérale du sol, notamment les fractions les plus fines (argiles), et forme avec elles ce que l'on appelle le complexe argilo-humique.

Les caractéristiques sont:

- Une stabilité structurale;
- Une capacité d'échange élevée;
- Une capacité de rétention en eau importante. (Benslama ,2005).

5. Les différentes fonctions du sol

Le sol a de nombreuses fonctions. Il est un milieu biologique dans/et sur lequel se développent des êtres vivants. Ce développement va dépendre de la qualité de ce sol ou fertilité (quantité de carbone, d'azote, capacité d'échange cationique, etc...). Il est aussi un acteur déterminant du cycle de l'eau (stockage et régulation) et de la qualité de cette eau (source de pollution, capacité de rétention des polluants mais aussi biodégradation de ceux-ci). (Quenea, 2004).

D'après (Gobat *et al*, 2003) le sol est un « carrefour multifonctionnel » ou de « pivot du système biogéochimique » (Pedro, 2008) vient de l'essor encore récent de l'écologie des sols. Ainsi, par ses fonctions naturelles, le sol peut être considéré comme (Gobat *et al*, 2003).

- Un support pour les êtres vivants. Le sol est le milieu de vie des êtres vivants terrestres et par cette fonction, il assure le maintien de leur réserve génétique (notamment au niveau des microorganismes du sol);
- Un réservoir de matières organiques et minérales. Le sol est la ressource primordiale en éléments nutritifs des êtres vivants terrestres, Il faut aussi noter que les sols cultivés contiennent des stocks de matières organiques sensiblement plus faibles que ceux des sols sous forêts ou sous prairies, et que ces stocks peuvent varier considérablement selon les systèmes de cultures pratiqués. (Chenu C., Balabane M., 2001 in Laboubée, 2007);
- Un régulateur des échanges et des flux de l'écosystème. Le sol est le pivot du système biogéochimique et il joue un rôle majeur dans les cycles fondamentaux du fonctionnement de la planète comme par exemple le cycle du carbone, de l'azote, des cations, ou encore de l'eau;

- Un lieu de transformation de la matière organique. Cette fonction du sol est principalement due à l'abondance et à la diversité des microorganismes du sol. Pasteur a d'ailleurs écrit dès la moitié du XIX^{ème} siècle : « s'il n'y avait pas de microbes dans les sols qui recouvrent notre planète, la surface de la Terre serait encombrée de cadavres, de sorte que la vie serait devenue impossible »;
- Un système épurateur de substances polluantes. Le sol par ses propriétés de rétention et de transformation permet de limiter la dispersion de substances polluantes comme les pesticides, les nitrates ou les éléments traces métalliques aux autres milieux de l'écosystème terrestre (comme les nappes phréatiques du sous-sol ou les cours d'eau et le milieu marin).

II. 1. La région d'étude : site d'étude

Au piémont de l'Atlas Saharien, du côté nord, Laghouat s'étend sur le plateau saharien du côté sud. Avec une mosaïque, mixture naturelle, entre les hautes terres et les basses terres, elle constitue une liaison entre le Nord et le Sud du pays (URBATIA, 1995). La wilaya de Laghouat, reliée par la route nationale n° (01), est éloignée d'Alger, la capitale, de 400Km. Elle est située entre les latitudes Nord 34°67' et 32°65', et les longitudes Est 04°29' Et 01°4'.

L'étude a été conduite à La commune de El Assafia, située sur dans la zone homogène des hautes plaines semi-arides à topologie agro- pastorale. La commune est située à l'extrême nord- est de la wilaya de Laghouat. La commune à une superficie totale de 420 km² avec une population de 6976 d'habitant (BNEDER, 2005).



Figure 01 : Localisation administrative de la commune dans la wilaya de Laghouat

2. Caractéristiques naturelles de la commune

2.1. Le relief

2.1.1. les pentes dans la commune d'ElAssafia

La commune présente une topographie plane, ce qui ne constitue pas une contrainte pour l'érosion. En effet, **75 %** se trouvent dans la classe des pentes comprises entre 0% – 3% comme indiqué dans le tableau 01.

Tableau 1. Classification des pentes dans la région d'El Assafia.

Pentes	0-3%	3 -12%	12.5 – 25%	> 25%	Total (ha)
Superficie	20218,88	5550,83	878,10	0	26647,81
Pourcentage %	75,87	20,83	3,30	0	100

Source : BNEDER-(2006).

2.1.2. L'Altitude

Selon BNEDER (2005), deux classes modérées d'altitude se distinguent au niveau de la commune. Celle inférieure à 600 m qui représente 49,05% des terres et celles comprises entre 600 et 800 m qui constituent 50.95% des terres.

2.2. Les caractéristiques édaphiques

D'après Halitim (1998), les sols dans la zone aride d'Algérie sont généralement hydro morphes, des minéraux bruts, ou halomorphes. Ces derniers sont classés en : sols sans accumulation de sels, sols calcaires, sols gypseux, et les sols salés.

Les sols de la wilaya de Laghouat sont en majeure parties d'apport alluvial typique sur croûte calcaire, peu évolués, à texture légère à teneur faible en matière organique présentant ainsi des contraintes pour l'agriculture (C.D.F, 1998) et (FAO, 2005).

Les sols à texture légère, recouverts dans les espaces non cultivés de végétation d'alfa et d'armoïse. Au Sud, les sols sont souvent sableux et dunaires (DSA, 2014).

Selon BNEDER (2005), les sols dans la région d'el Assafia sont dévissés en 05 types comme indiqué dans le tableau 01. C'est l'alluvion et sable (1oa), le calcaire domites dures (1Rc), le calcaire friable (2rc), mélange entre calcaire domites dure et alluvion et sable (Rc+oa) et le gré + l'alluvion et sable (Rg+Rc).

Tableau 2. Les types des sols dans la région d'El Assafia.

Substrat	Sup. (ha)
1oa	2984,05
1Rc	1829,40
2rc	339,46
RC+oa	21407,29
Rg+Rc	87,60
Total	26647,80

Source : BNEDER, (2006).

D'après le tableau 01, plus de 80% des sols dans la région d'El Assafia est de nature calcaire domites dure + alluvion et sable de 21407.29 ha et 2984 ha soit 11% de la superficie sont des terrains de la nature alluvion et sable, les trois autres types du sol avec des proportions faibles.

2.3. L'érosion

La majorité des terrains (Plus de 99 %) dans la commune d'El Assafia sont stables contre l'érosion comme indiqué dans le tableau 02.

Tableau 3. L'érosion dans la commune d'el Assafia.

Type	Sup. (ha)
MS	205,71
S	26442,11
Total	26647,82

Source : HCDS, (2006).

- MS : moyennement stable ;
- S : stable.

2.4. Hydrographie et ressources en eau

Le réseau hydrographique est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelles de la pluviométrie et le relief formant un cloisonnement topographique (Halitim, 1998).

Du point de vue ressources en eaux souterraines, la région de Laghouat se caractérise par un faible potentiel en eau, on distingue trois systèmes aquifères, à savoir : la nappe phréatique du quaternaire, le complexe terminal, et le continental intercalaire (D.S.A, 2014).

2.5. Le Climat

D'après Prevost (1999), les végétaux comme les animaux ont des exigences climatiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition.

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants, il dépend de nombreux facteurs : température, précipitation, humidité, vent, lumière, etc., (Faurie *et al.*, 2003).

Selon Toutain (1977), les climats sahariens sont caractérisés notamment par la faiblesse des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température. Le rayonnement solaire représente la source d'énergie primaire associée aux deux facteurs écologiques fondamentaux qu'est la lumière (éclairage) et la chaleur (Ramade, 2003).

2.5.1. Les précipitations

Selon Dajoz (2006), l'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent donc des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux.

Les précipitations englobent la pluie, la neige, la rosée, le brouillard, et la gelée, c'est-à-dire toutes les chutes d'eau arrivant au sol. Cette quantité d'eau s'exprime en mm, elle correspond à une hauteur d'eau qui arriverait sur une surface à un volume de 10m³/ ha. Elles se mesurent à l'aide de la pluviométrie (Prevost, 1999).

Tableau 4. Précipitations moyennes mensuelles (mm) 2008-2018.

Période (2008-2018)												
mois	jan	fév	mars	avril	Mai	juin	juill	août	sept	oct	nov	déc
P (mm)	19	11.7	21	7.62	23.5	13.3	11.5	23.8	11.2	11.5	8.71	8.82

Source ONM, (2019).

D'après le tableau 03, on remarque que le mois d'août c'est le mois le plus pluvieux par contre le mois d'avril c'est le mois le plus sèche.

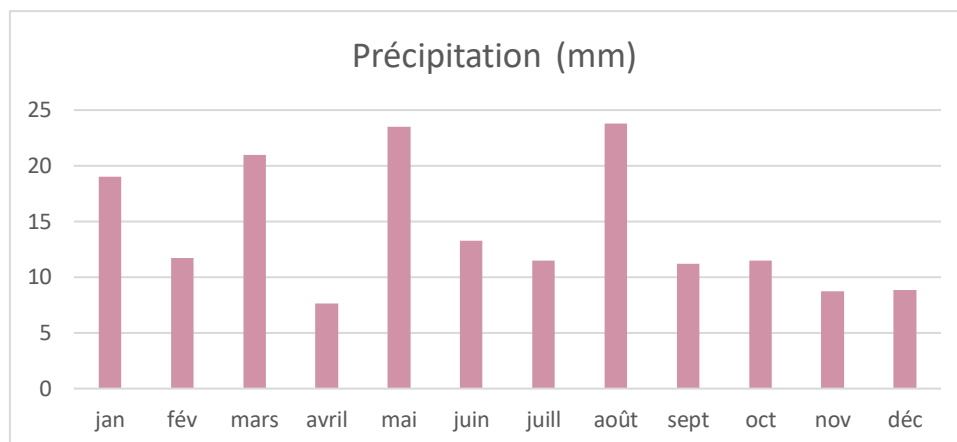


Figure 2. Moyennes des précipitations mensuelles de la région d'Assafia (2008-2018).

La figure 02 illustre que une variation entre les mois dans la précipitation et on remarque que de aout avec une précipitation de 23.8 mm c'est le mois le plus humide et avril c'est le mois le plus sèche avec une précipitation de 8.7 mm.

2.5.2. Les températures

La température est l'un des éléments fondamentaux conditionnant l'estimation du déficit d'écoulement et permettant la détermination du caractère climatique d'une région ; c'est aussi un facteur nécessaire à l'apport de l'énergie pour les plantes (Mahi, 2014).

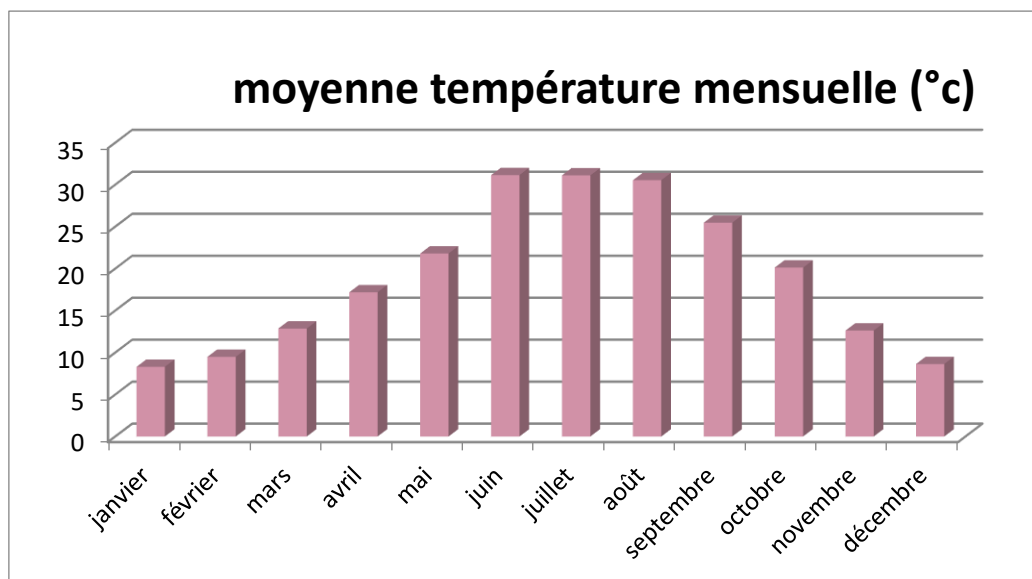
Tableau 05. Moyennes des températures mensuelles de la région d'El Assafia entre (2008-2018).

Période (2008-2018)													
mois	Jan	fév	mars	avril	mai	juin	juill	août	sept	oct	nov	déc	moy
max	15.02	16.17	20.09	24.88	29.45	27.22	39.40	38.48	32.28	26.96	19.05	14.42	25.29
min	1.57	2.80	5.62	9.48	14.15	35.06	22.82	22.58	18.65	13.28	6.19	2.83	12.92
moy T°	8.30	9.49	12.86	17.18	21.80	31.14	31.11	30.53	25.47	20.12	12.62	8.63	19.10
M-m	13.45	13.37	14.47	15.40	15.30	-7.84	16.58	15.90	13.63	13.68	12.86	11.59	12.37

Source: ONM, (2019).

D'après le tableau 04, nous remarquons que le maximum des températures a été enregistré durant le mois de juillet (39.40 °c) et le minimum enregistré durant le mois de janvier (1.57 °c).

La figure suivante représente les températures mensuelles entre la période (2008-2018) de la région d'El Assafia.



Source : ONM, (2019).

Figure 3. Moyennes des températures mensuelles de la région d'Assafia (2008-2018).

2.5.3. L'humidité relative de l'air

L'humidité de l'air ou état hygrométrique de l'air représente la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la quantité maximale qui peut être fixée à la température considérée (Prevost, 1999).

L'humidité dépend de plusieurs facteurs, de la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluies, de la forme de ces précipitations (orage, ou pluie fine), de la température des vents et de la morphologie de la station considérée (Faurie *et al.*, 2003).

L'humidité de l'air influence l'évapotranspiration ; elle intervient également en liaison avec température élevée dans le développement des ennemis des cultures comme facteur favorisant les maladies cryptogamique (Prevost, 1999).

Tableau 6. L'humidité relative (H%) mensuelle enregistrée durant l'année 2018.

Période (2008-2018)													
mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juill	août	sept	Oct	Nov	déc	moy
	64.64	56.80	45.34	42.57	38.57	34.69	27.11	30.26	44.18	52.41	59.34	65.41	46.78

Source : ONM, (2019).

La figure suivante représente les humidités mensuelles entre la période (2008-2018) de la région d'El Assafia.

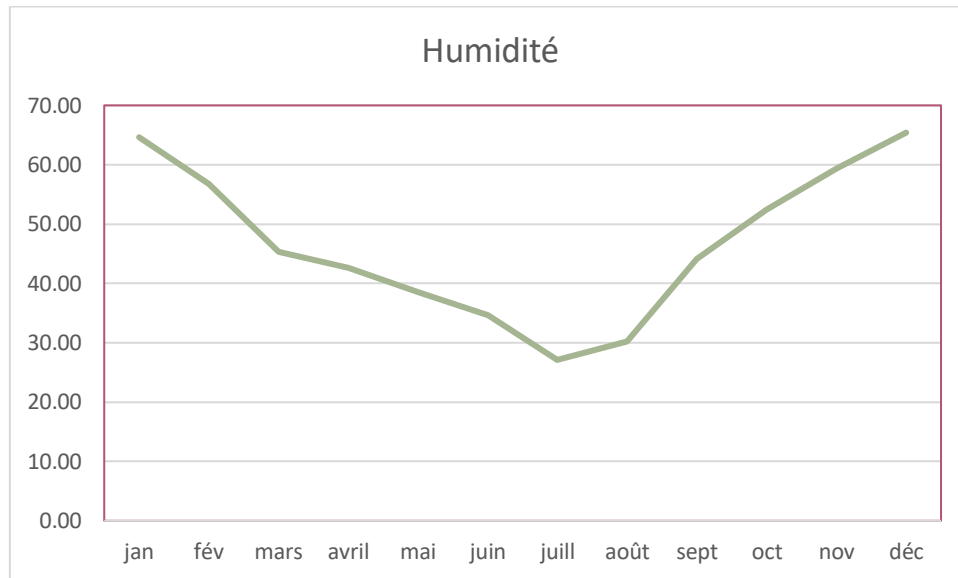


Figure 4. Moyennes d'humidité de la région d'Assafia (2008-2018).

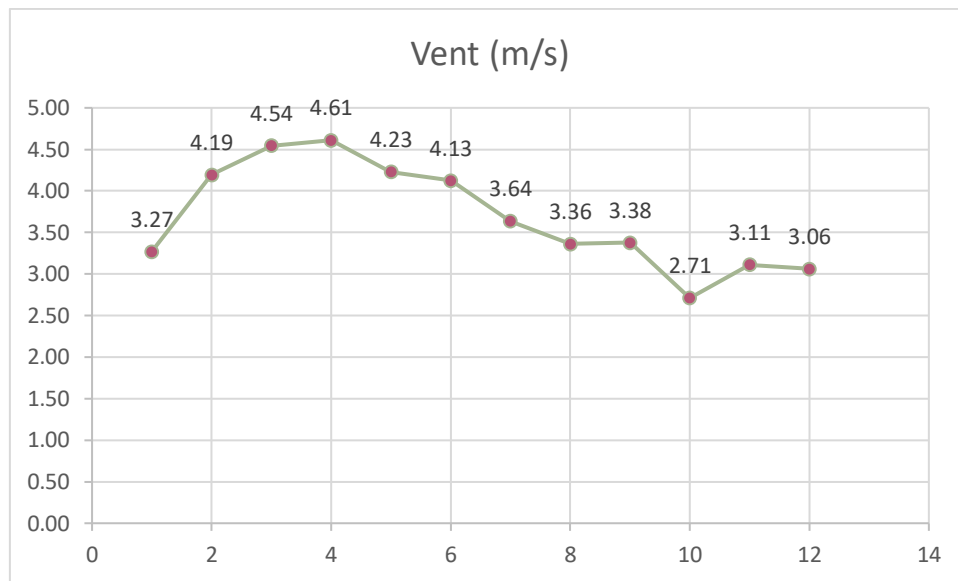
D'après le tableau 05, l'humidité enregistrée durant l'année de 2018 montre que l'humidité élevée durant la période hivernale du mois d'septembre jusqu'à le mois d'avril et pendant la période estival l'hygrométrie est faible (mai à aout).

2.5.4. Le vent

D'après Madani (2008), le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant.

Le vent est un élément important dans la caractérisation du climat. Malheureusement, il est aussi un élément dont l'étude s'avère très complexe, car plusieurs paramètres y interviennent tel que la mesure de la vitesse du vent et de sa direction (Mahi, 2014).

La figure 10 indique la variation dans la vitesse du vent durant la période 2008-2018. Nous remarquons une variation dans la vitesse du vent qui enregistre une vitesse minimale de 2.71 m/s en octobre et une vitesse maximale de plus de 4 m/s en avril.



Source : ONM, (2019).

Figure 5. Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la zone d'étude (2008-2018).

Synthèse climatique

a. L'indice de Martonne

D'après Ozenda (1982), l'indice d'aridité de De Martonne est représenté par la formule suivante : $I = P/(T+10)$

P : total des précipitations annuelles en (mm). (PAssafia=171.65 mm)

T : température moyenne annuelle en degré Celsius. (TAssafia=19.10 °C)

D'après Prévost (1999), L'indice de Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride et nous pouvons distinguer plusieurs classes:

- Climat très sec ($I < 10$);
- Climat sec ($I < 20$);
- Climat humide ($20 < I < 30$);
- Climat très humide ($I > 30$).

Le calcul de l'indice d'aridité de la région d'El Assafia a révélé une valeur de 5.89 qui permet de classer la région dans un climat **très sec**.

b. Le climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région, il est représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid, et en ordonnée par le quotient pluviométrique Q2 d'Emberger (Emberger, 1950).

Le quotient pluviométrique Q2 est calculé pour une moyenne de 10 ans allant de 2008 jusqu'à 2018 par la formule modifiée de Stewart, 1969 :

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

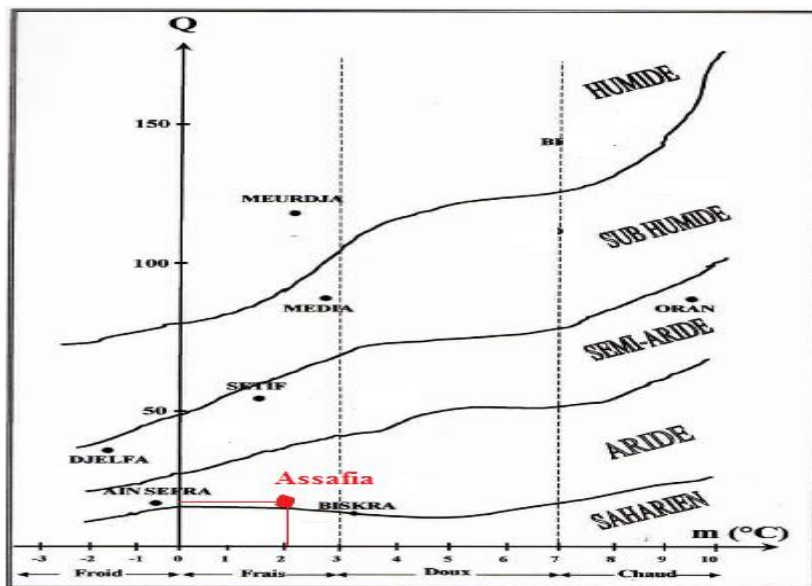
Q₂ : quotient pluviométrique d'Emberger (représente la première coordonnée sur le climagramme).

P : pluviosité annuelles (mm);

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud;

m : moyenne des minima du mois le plus froid (représente la deuxième coordonnée).

D'après la figure 06, la région d'El Assafia se situe dans un **étage bioclimatique aride à hiver frais**, d'où $Q_2(2008/2018) = 15.72$ (avec $m = 1.57^\circ\text{C}$, $M = 39.40^\circ\text{C}$ et $P = 171.65\text{mm}$).



Source : Emberger, (1950).

Figure 6. Climagramme pluviométrique d'Emberger.

2.5.5. Diagramme ombrothermique

Selon Mahi (2014), plusieurs indices climatiques ont été formulés pour une expression synthétique du climat régional. Pour déterminer la période sèche de l'année, Gausson propose un mode de représentation qui consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et la température. Pour cela on porte sur un même graphique la courbe des moyennes mensuelles des températures et celle des totaux mensuels de pluviosité, avec pour échelle : $1^{\circ}\text{C}=2\text{mm}$ de pluie.

On appelle périodes sèches celles pendant lesquelles la courbe de pluviosité se trouve en dessous de la courbe de température. Les périodes sèches sont matérialisées par une aire pointillée, les saisons humides ($P>2T$) (Mahi, 2014).

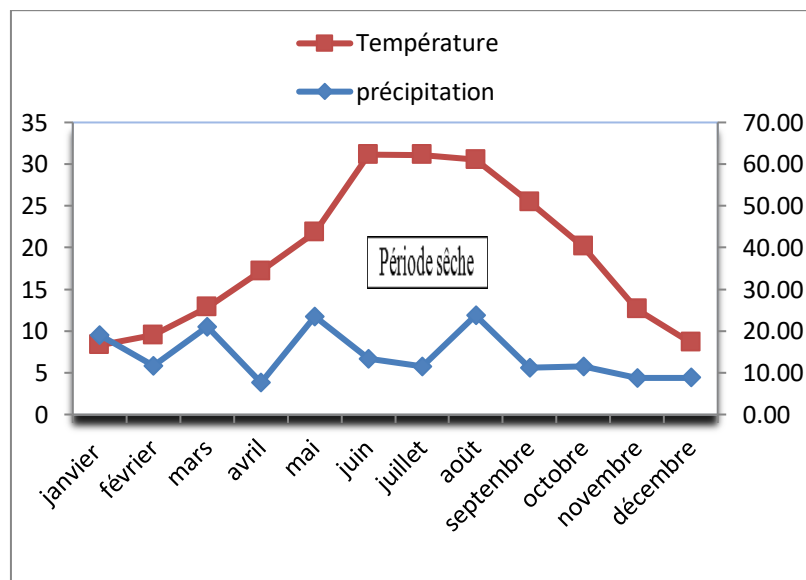


Figure 7. diagramme ombrothermique de la region d'EL Assafia.

3. La production agricole dans la région d'El Assafia

3.1. La Production animal

Comme toutes les régions steppiques, la commune d'El Assafia est caractérisée par la dominance de l'élevage ovin par rapport aux autres élevages comme l'indiqué le tableau suivant.

Tableau 7. La production animale dans la région d'El Assafia en 2018.

Animal	Nombre (tête)
Ovin	3676
Caprin	438
Bovin	167

Source D.S.A, (2019).

3.2. La production végétale

La commune d'El Assafia dispose d'une superficie agricole totale (SAT) de 4382 ha dont 2005 ha de SAU, avec 02 ha des forêts et une superficie de 33430 ha des parcours steppiques.

Selon Mechraoui (2014), L'agriculture dans la commune est dominée par la céréaliculture qui occupe plus de 65% de la superficie agricole (SAU). Le reste de la superficie se répartie entre l'arboriculture, palmier dattier, la culture maraichère, l'oléiculture, et la culture fourragère. Le tableau 07, présente les superficies des principaux produits cultivés dans les communes d'El Assafia en 2018.

Tableau 8. La production animale dans la région d'El Assafia en 2018.

Production végétale	Unité (qx)
céréaliculture	438580
c, maraichère	1945000
c, fourragère	794344
arboriculture	232390
arboriculture	16135

Source : DSA, (2019).

La figure suivante représente les superficies des principaux produits cultivés dans les communes d'El Assafia en 2018.

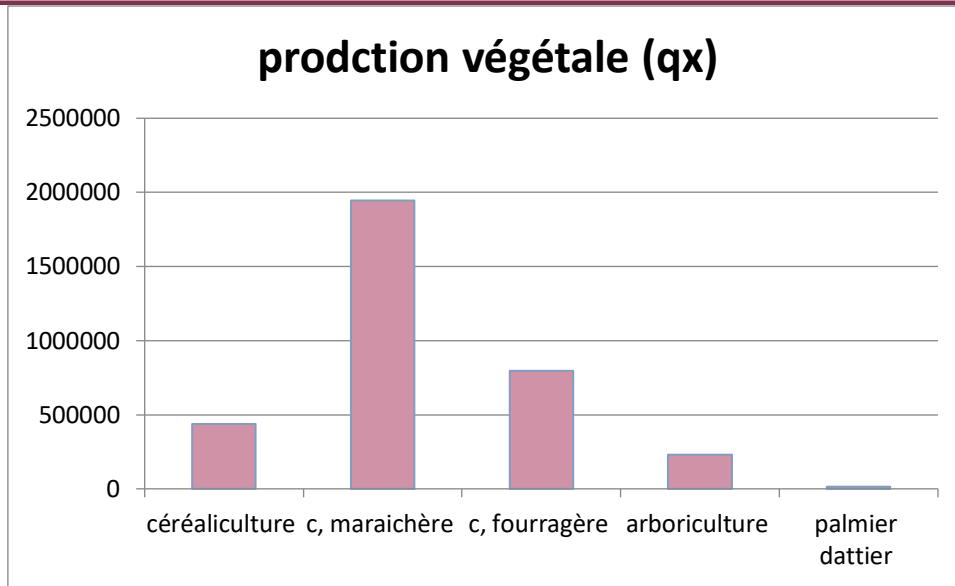
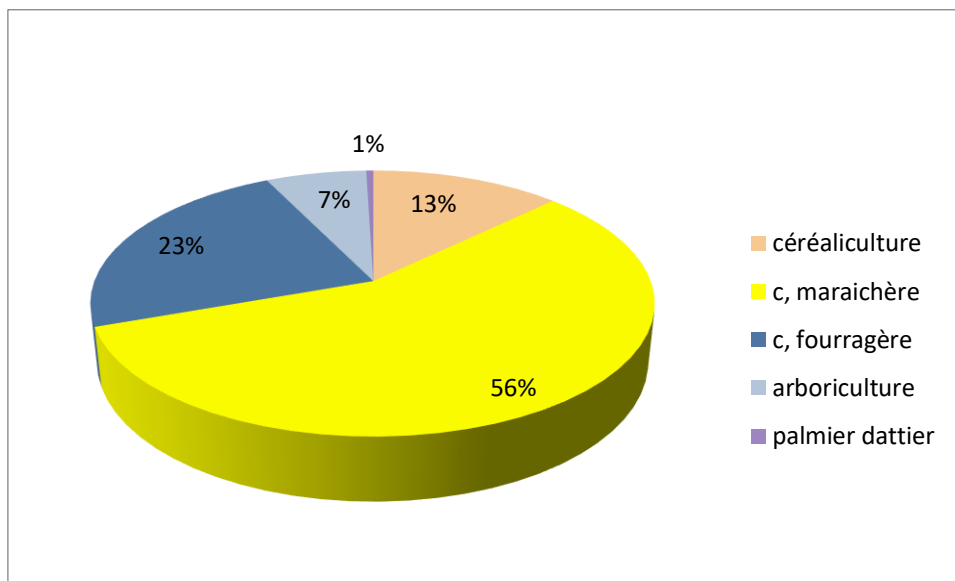


Figure 8. les superficies des principaux produits cultivés dans les communes d'El Assafia

La figure suivante représente les superficies des principaux produits cultivés dans les communes d'El Assafia en 2018



Source : DSA, (2014).

Figure 9. Les superficies des principales cultures dans la zone d'El Assafia.

1. Méthodologie

Quelle que soit la définition conceptuelle de la qualité des sols, il apparaît évident que cette qualité dépend de multiples facteurs. Il faut distinguer ceux intrinsèques aux sols (facteurs chimiques, physiques et biologiques), et ceux d'origines externes (climat). L'évaluation de la qualité des sols peut être réalisée par de simples observations ou des mesures qualitatives très complexes (Mausbach *et Tugel*, 1997). Les indicateurs de la qualité des sols sont des propriétés physiques, chimiques et biologiques, des processus et des caractéristiques qui peuvent être mesurées pour surveiller les changements du sol (USDA, 1996). Ces indicateurs doivent permettre d'appréhender les fonctions essentielles du sol et d'évaluer la qualité biologique, physique ou chimique des sols.

L'appréciation de la qualité des sols et de son évolution, sous l'effet de changements globaux ou d'actions anthropiques directes, exige la définition d'indicateurs pertinents et la mise au point de techniques fiables de quantification. (Pankhurst *et al.*, 1997).

Karlen *et al.* (1997), et la USDA (United State Department of Agriculture) (1996), expliquent que la sélection de ces indicateurs doit être basée sur différentes modalités que sont :

Le mode d'utilisation du terrain, La relation entre un indicateur et la fonction du sol étudié, La facilité et la fiabilité des mesures, La variabilité du temps et de la surface d'échantillonnage, La sensibilité de la mesure aux changements de climat et d'usage du sol, La possibilité de réaliser un échantillonnage et une analyse de routine, L'habilité requise pour utiliser les méthodes et analyser les résultats.

De nombreux auteurs ont développé des indicateurs de la santé des sols en mesurant divers paramètres pédologiques en rapport avec les différentes utilisations du sol (Sommerfeldt *et Chang*, 1985; Ovreas *et Torsvick*, 1998; Wander *et Bollero*, 1999; Hess *et al.*, 2000), la productivité (Staben *et al.*, 1997), la qualité environnementale (Atlas *et al.*, 1991; Doran *et Zeiss*, 2000) ou le dysfonctionnement des plantes (Muller, 1995; Ginnochio, 2000). Doran *et al.* (1996) présentent une liste de propriétés influençant les fonctions écologiques et qualité des sols. Ils citèrent par exemple, la densité apparente, la perméabilité, la capacité de rétention d'un sol, les teneurs totales en carbone et azote organiques, la conductivité, le pH, la biodisponibilité des éléments nutritifs pour les plantes, les mesures de biomasse, etc.

Nous avons suivi le protocole suivant pour distinguer et identifier la relation entre le sol et la végétation de djbel dalaâ El Assafia.

Ce protocole est présenté dans les démarches suivantes :

La région d'étude : écosystème du djbel El Asaafia

La zone écologique : djbel dalaâ El Assafia

Méthode d'échantillonnage : (échantillonnage linéaire)

L'emplacement des points de sondage.

La réalisation du dispositif d'échantillonnage

Données qualitatives

- Enregistrement de données concernant le sol;
- Exécution des relevés pédologiques;
- Enregistrement de données concernant les associations végétales existantes.

Données quantitatives

- Analyses physico-chimiques des échantillons prélevés;
- Analyse statistique des données;
- Synthèse des données;
- Interprétation des résultats.

Démarche méthodologique expérimentale

Pour chaque station un profil a été réalisé à l'aide d'une tarière ou bien un profil naturel, qui a fait l'objet d'une description morphologique de haut en bas (couleur, texture, structure).

Le profile échantillonné est un profile représentatif de la diversité des sols de la région.

1.1. Prélèvement d'échantillon

A chaque coin de la parcelle d'expérimentation et sur une profondeur de 25 cm nous avons pris un échantillon du sol pour les analyses suivant

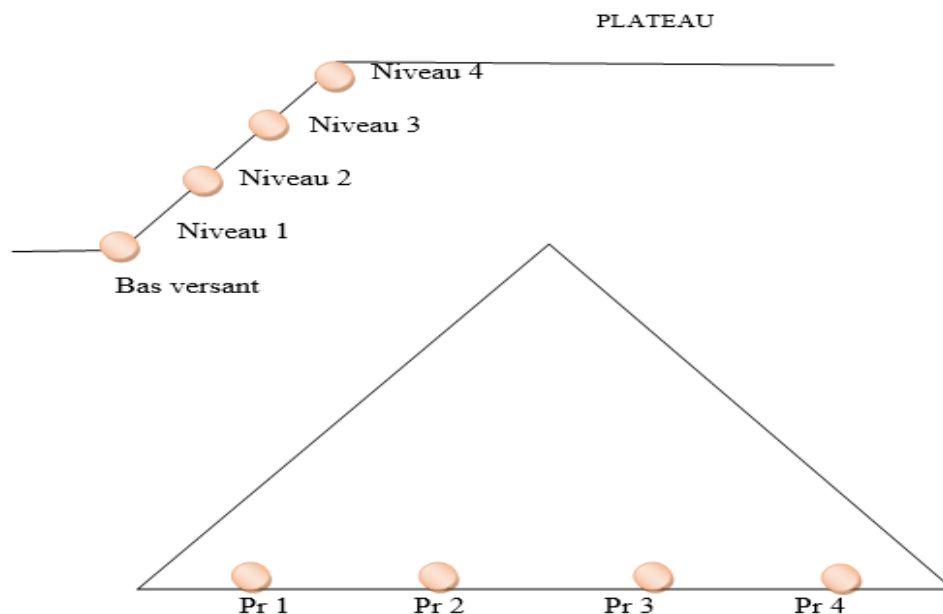


Figure 10. Les zones de prélèvement des échantillons de sol.

Préparation du sol

Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'aire libre pendant quelques jours, puis la grande partie a été broyée et tamisée à 2mm.

Méthode d'analyse physico-chimique

Sur la fraction broyée et tamisée ont été effectuées les déterminations suivantes :

- ✓ Le pH;
- ✓ La conductivité électrique;
- ✓ L'humidité;
- ✓ La matière organique;
- ✓ Le carbone organique;
- ✓ L'azote total;
- ✓ La granulométrie;
- ✓ Le potassium;
- ✓ Le phosphore ;
- ✓ Le sodium.

1.2. Méthodes d'analyses du sol

Les analyses physico-chimiques

L'analyse des échantillons récoltés nous donnera des renseignements importants sur le sol. Voici une brève description des principaux paramètres appartenant d'une analyse de sol.

1.2.1. Le pH

Par définition, il est l'unité de mesure de la concentration en ions hydrogènes, permettant d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il existe plusieurs méthodes de mesure du pH. (Dajoz, 1985).

À l'aide d'un pH mètre, nous avons mesuré le pH dans une suspension d'eau, avec un rapport sol/eau égale à 1/2.5 ;

Dosage

- Peser un échantillon de 5 grammes de sol;
- Ajouter 12,5 ml d'eau distillée;
- Agitation pendant 30 min dans un agitateur de laboratoire;



Figure 11. Agitateur de laboratoire.

- Filtrer la solution avec du papier filtre;

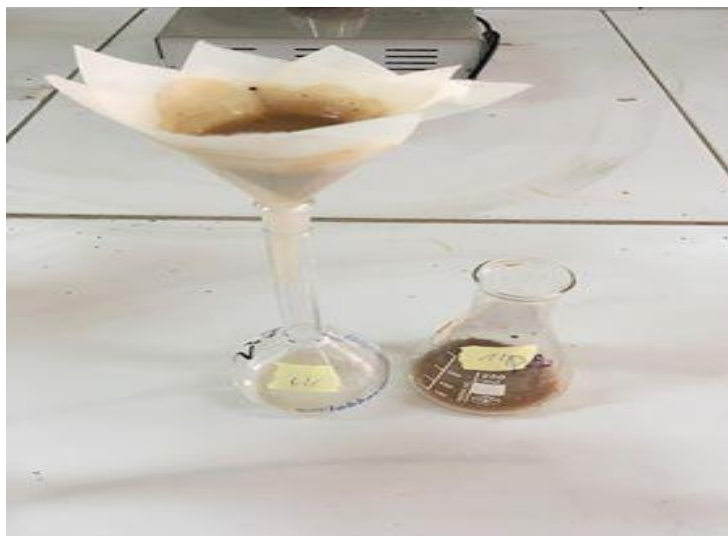


Figure 12. Filtration du solution.

- Mesurer le pH avec un pH-mètre.
- Laver la cellule avec de l'eau distillée. (Samai, 2009).

1.2.2. La conductivité (C.E)

La conductivité électrique s'effectue de la même manière que le pH eau (du sol sol/eau), mais par le conductimètre à la place du pH mètre. (Samaï, 2007).

Mode opératoire:

- Il s'agit d'obtenir à partir d'un échantillon de sol une solution de pâte saturée en eau distillée, soit le rapport sol/eau constant (1/5 ou 1/10);
- Calibrer le conductimètre;
- Introduire la cellule de conductivité au centre du récipient de la solution du sol, les deux électrodes doivent être bien émergées dans la solution;
- Lire la conductivité;
- Mesurer la température de la solution;
- Laver la cellule avec de l'eau distillée. (Samai, 2009).

1.2.3. L'humidité hygroscopique (H)

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles.

C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique.

- L'humidité hygroscopique : elle indique en pourcentage la quantité d'eau retenue par la terre séchée à l'air libre (Aubert, 1978) ;

L'évaluation de l'humidité hygroscopique passe par un séchage du sol à l'air libre puis un séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C. (Benslama, 2005).

1.2.4. La matière organique (MO)

Réalisé par incinération du sol après passage au four à moufle à 550°C pendant 05h, elle est exprimée en pourcentage du poids sec de la terre. (Benslama *et* Zanache, 1998).

Selon Lambert (1975), on peut distinguer quatre classes d'abondance de la matière organique résumées dans le tableau suivant : (Tableau 09)

Tableau 9. Classes d'abondance de la matière organique

Classes	Taux de matière organique	Qualification
1	< 2mm	Terre fine
2	50µm à 2mm	Sable
3	2µm à 50µm	Limon
4	< 2µm	Argile

Source : Lambert, (1975).

1.2.5. Dosage du carbone organique : (Méthode four à moufle)

Le dosage du carbone organique selon la méthode de Four a moufle, le protocole est comme suivant:

- Sécher l'échantillon de sol pendant une nuit (24 heures) à 105 °C.
- Prendre le poids du creuset vide. Ajouter 10 g de sol séché. Noter le poids final.



Figure 13. Séchage de 10 g du sol dans le four à moufle pendant (24h) à 105 °C.

- Calciner le sol au four à moufle à 550 °C pendant 06 heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres.

1.2.6. La granulométrie

L'analyse granulométrique d'un sol, consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules. On sépare par les analyses de sol, les particules en trois classes distinctes : soit sable (de 2 à 0,05 mm), le limon (de 0,05 à 0,02 mm) et l'argile (inférieure à 0,02 mm). (Damay *et* Julien, 1995). Cela nous permet de connaître certaines caractéristiques du sol, comme la capacité des racines à y pénétrer, la capacité du sol à retenir l'eau, ou sa vulnérabilité à la compaction. (Calvet, 2003) ; Et donc la granulométrie est effectuée selon la méthode internationale, (par l'emploi de la pipette de Robinson) Mode opératoire :



L'analyse de sol ne prend en compte que les éléments inférieurs à 2 mm.

Figure14. Echelle granulométrique

Dosage:

Méthode par tamis:

Peser tous les tamis et la base.

- Monter la série de tamis en commençant par le bas dans la séquence suivante : base, tamis de 325 mesh (45 μ m), de 250 mesh (63 μ m), de 140 mesh (106 μ m), de 100 mesh (150 μ m), de 80 mesh (180 μ m), de 35 mesh (500 μ m), de 9 mesh (2,00 mm) et de 8 mesh (2,36 mm);
- Peser de 500 à 600 g d'échantillon sec, noter le poids et transférer l'échantillon dans le tamis de 8 mesh (2,36 mm) et fermer le couvercle;
- Placer le montage sur l'agitateur mécanique avec marteau et fixer solidement;
- Agiter pendant 15 minutes;

- Retirer le montage et le défaire;
- Peser chacun des tamis et la base contenant une fraction de l'échantillon.



Figure 15. Tamisage du sol.

1.2.7. Dosage de calcaire:

- Préparer une solution saturée de NaCl (environ 1/4 de litre) ; la verser jusqu'à mi hauteur de l'ampoule.
- Tarer la balance puis peser l'échantillon de un gramme du sol.
- Placer dans l'erlenmeyer :l'échantillon.
- Coller une boulette de pâte à modeler sous le petit tube.
- A l'aide d'une pipette, verser dans le tube de l'HCl assez concentré.
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'erlenmeyer.
- Boucher l'erlenmeyer



Figure16. Erlenmeyer et le tube

- mettre le niveau 0 dans le tube.
- Incliner l'erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Reposer 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 CO₂ dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure.

1.2.8. Le phosphore : on utilise la méthode spectrométrique.

On a préparé une solution :

- Peser de 5 g molybdate d'ammonium;
- Ajouter 60 ml d'eau distillée;
- Ajouter 15 ml d'acide sulfuré;
- On ajout l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

Le dosage

- 1 ml de filtra + 1 ml de la solution précédente;
- Mesurer le phosphore avec le spectrophotomètre.



Figure 17. spectrophotomètre.

1.2.9. Le potassium et Le sodium: on utilise le spectromètre à flamme :

- 10 g de filtra et mesurer le Na et le K avec le spectro à flamme.



Figure 18. spectro à flame.

1.2.10. Dosage de l'azote total

- **Dosage de l'azote total** : le dosage a été fait par la méthode de KJLDAHL ; l'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal ; sous l'action de l'acide sulfurique concentrée à l'ébullition se comporte comme oxydant. Les substances organiques sont décomposées ; le carbone se dégage sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne de l'eau et l'azote est transformé en azote ammoniacale, ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium. Pour accentuer l'action oxydant de l'acide sulfurique, on élève la température d'ébullition, en ajoutant du sulfate de cuivre et du sulfate de potassium qui jouent le rôle de catalyseur. La matière organique totalement oxydée, la solution contenant de sulfate d'ammonium est récupérée. On procède ainsi à un dosage de l'azote ammoniacal par distillation après l'avoir déplacé de combinaison par une solution de soude en excès.

1. Interprétation des données de l'analyse physico-chimique du sol

1.1. La texture

La texture conditionne l'ensemble des propriétés physique et chimique des sols : phénomènes d'échange, capacité de rétention, l'infiltration...etc. (Derdour, 1999).

Tableau.10. La texture du sol de la région étudié.

Fractions	A%	L%	S%
Niveau 1	0.38	0.26	99.36
Niveau 2	0.21	0.62	99.17
Niveau 3	15.16	0.74	84.1
Niveau 4	0.18	2.47	97.35

A: argile; L: limon; S: sable

Les échantillons du sol ont une texture à dominance sableuse (entre 84.1% et 99.36, % éléments sableux). A partir de cette texture, nous pouvons dire que notre sol à un pouvoir fixateur presque nul du fait de sa forte perméabilité et de l'absence d'un complexe argilo-humique.

1.2. Le pH

Le pH élevé sont eux aussi un facteur défavorable à la mobilité de nombreux éléments, tels que le fer, le manganèse, le cuivre et le zinc, qui ont un grand rôle physiologique au niveau des plantes (photosynthèse, fabrication des enzymes) ou l'humification (catalyseurs pour l'oxydation des polyphénols). Une augmentation de pH bloque l'absorption de ces éléments sous des formes oxydées, que les plantes ne peuvent pas assimiler (Rognon, 1994).

La figure suivante indique le pH dans les différents niveaux dans nos échantillons

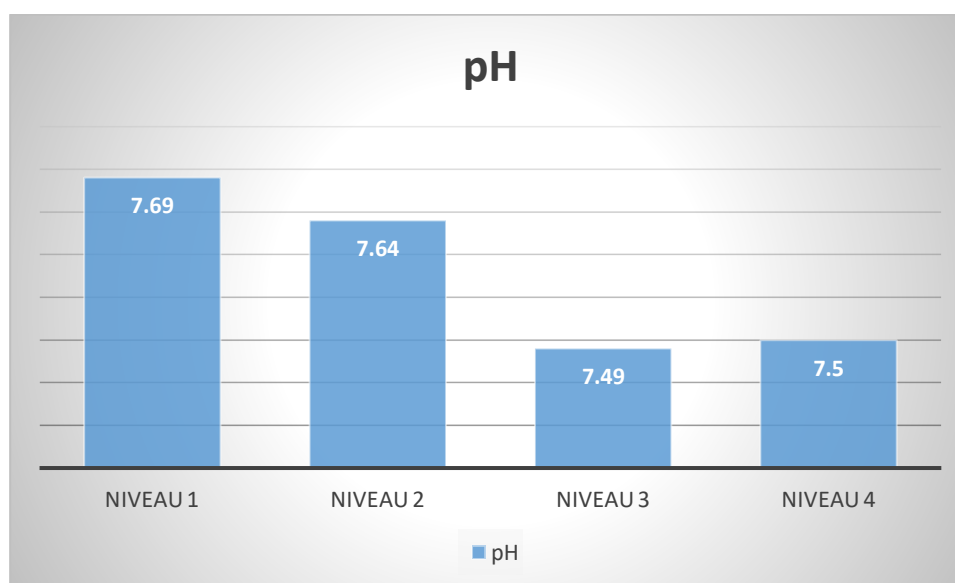


Figure 19. Le PH dans les différents niveaux dans nos échantillons.

Le pH dans le niveau 1 est estimé à 7.69, ce qui correspond à un sol légèrement alcalin.

Le pH dans le niveau 2 est estimé à 7.64, ce qui correspond à un sol légèrement alcalin.

Le pH dans le niveau 3 est estimé à 7.49, ce qui correspond à un sol légèrement alcalin.

Le pH dans le niveau 4 est estimé à 7.5, ce qui correspond à un sol légèrement alcalin.

Ce type de pH a tendance à limiter l'absorption de certains éléments tels que le phosphore, le fer, le zinc, le cuivre, le bore et le manganèse par la plante. (Moumen, 1995).

1.3. La salinité

La salinité a un effet sur la propriété du sol, car la présence de sodium soluble dans le sol modifie le complexe absorbant et dégrade la structure, aussi un sol salé peut limiter les prélèvements en eau et inhibe la nitrification de l'azote, en plus de cela la possibilité de formation d'une "croûte de surface" qui conduit à une asphyxie racinaire. (Moumen, 1995).

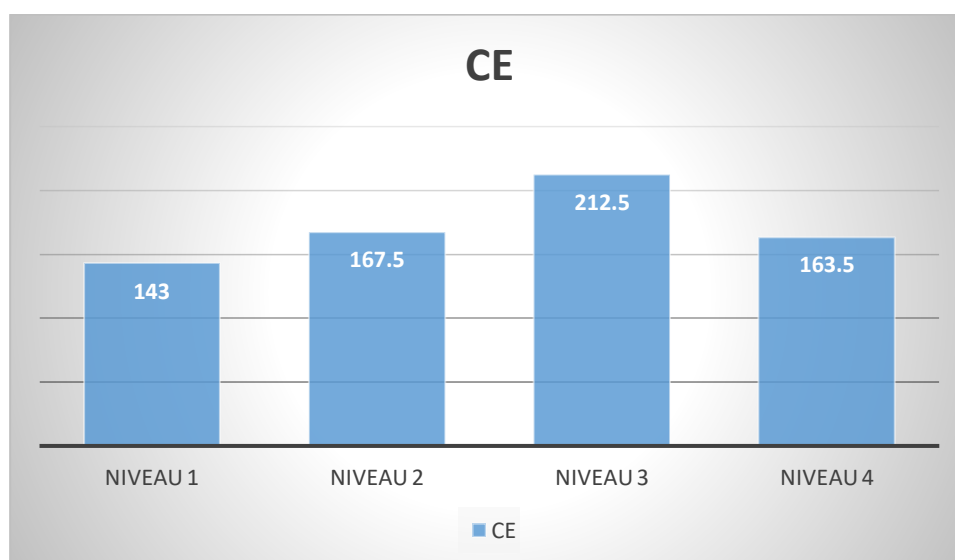


Figure20. La conductivité électrique dans les différents niveaux dans nos échantillons.

Pour la conductivité électrique, elle est de l'ordre de 0.14 mmhos/cm, 0.16 mmhos/cm, 0.21 mmhos/cm, 0.16 mmhos/cm, ce qui est considéré comme un sol non salin.

D'après Pouget (1977), la salinité des sols est faible au niveau des dayas et cuvettes de décantation, cette faible salinité est due à plusieurs facteurs parmi eux :

- Un bon lessivage dû à la texture sableuse du sol ;
- Absence d'irrigation, puisque le sol est vierge et n'a pas été cultivé précédemment ;
- Il n'y a eu aucune application d'amendement.

1.4. La matière organique

Un faible pourcentage de la matière organique accentue le lessivage du sol du fait que la matière organique joue un rôle important dans la capacité de rétention d'eau et des sels minéraux (Moulai, 2001). Un sol pauvre en matière organique a tendance à être également pauvre en oligo-éléments. Les substances organiques jouent un rôle dans la minéralisation avec libération d'oligo-éléments (Gervy, 1970).

Selon Kiekens (1985) in Reguieg *et* Hocine (1992), la matière organique constitue une source d'approvisionnement important en oligo-éléments pour le sol ; celle-ci, provenant essentiellement des déchets des récoltes ou d'excréments, subit dans le sol une biodégradation microbienne libérant les oligo-éléments dans la solution du sol.

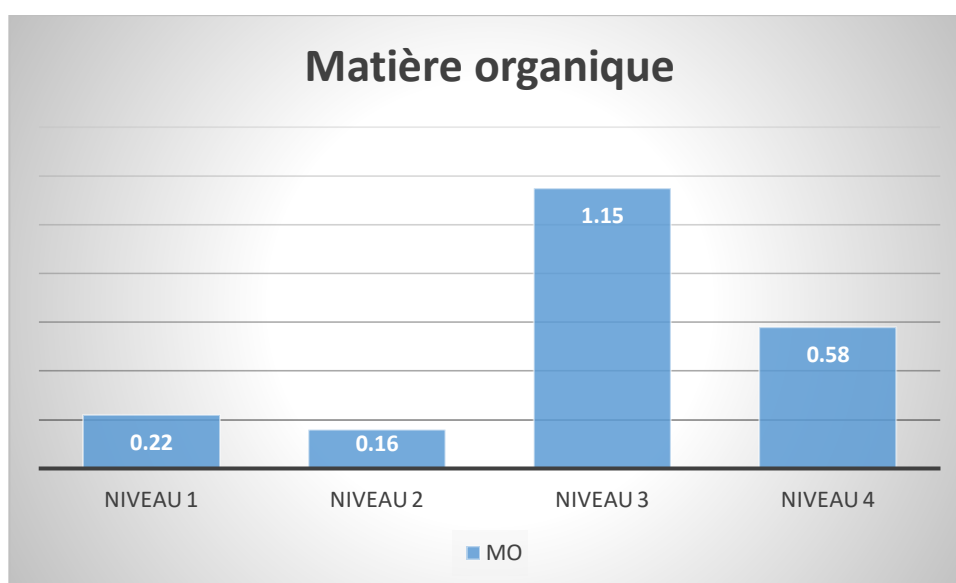


Figure 21. Le pourcentage de matière organique dans les différents niveaux dans nos échantillons.

L'analyse du sol de nos échantillons montre que ces derniers sont très pauvres en matière organique (0.22% et 0.16 %), pour le niveau 1 et niveau 2. Ils sont plus riches en matière organique (1.15 % et 0.58%) pour le niveau 3 et 4 respectivement.

1.5. L'humidité du sol

Sur un sol sec, le Manganèse devient moins disponible. Cependant, l'engorgement du sol rend l'absorption du fer plus difficile (Moumen, 1995).

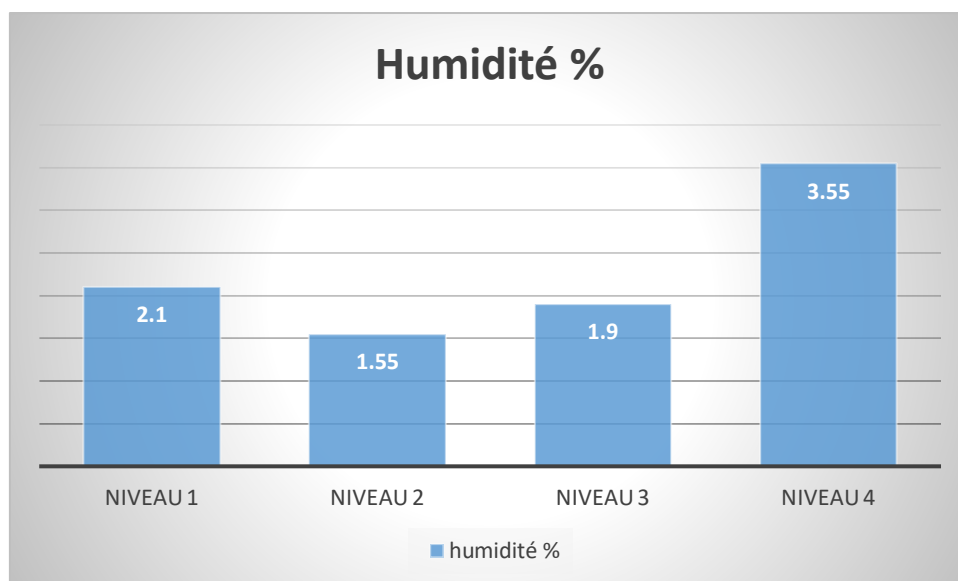


Figure 22. Le pourcentage d'humidité dans les différents niveaux dans nos échantillons.

1.6. Taux de carbone

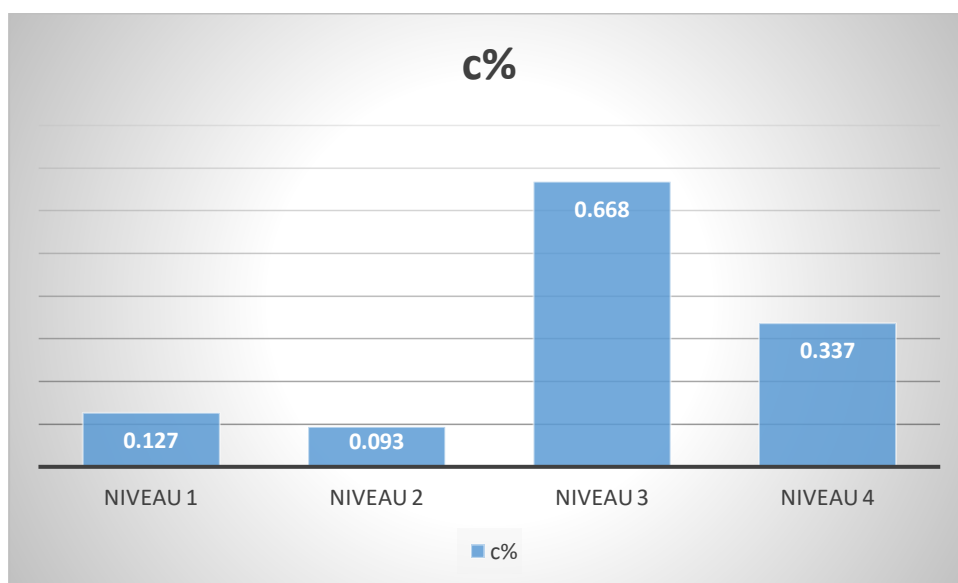


Figure23. Le taux de carbone dans les différents niveaux dans nos échantillons.

1.7. Les sels minéraux présents dans le sol

L'analyse des principaux éléments minéraux (Na.P.K), nécessaires à la bonne croissance des plantes montre que notre sol est très pauvre en PK. Ainsi le phosphore ne représente que 0.033 ppm dans le niveau 1 et 0.0269 ppm dans le niveau 2, et pour le niveau 3 représente 0.0255 ppm, et 0.0241 ppm dans le niveau 4. Alors que le sodium est de 0.0165 ppm dans le niveau 1 et 0.033 ppm dans les niveaux 2 et 4, et pour le niveau 3 représente 0.099 ppm.

Le potassium représente 274 ppm dans les niveaux 1 et 3, et 254 ppm dans le niveau 2 et 608 ppm pour le niveau 4.

L'analyse des sels minéraux au niveau du sol démontre la nécessité d'une fertilisation adéquate.

- **Le potassium K**

Cet ion a un pouvoir flocculant aussi faible que celui du sodium. Son abondance dans un sol, lorsque les teneurs en calcium diminuent, disperse même l'argile (par remplacement d'un ion très flocculant par un autre ion au pouvoir flocculant plus faible).

Tableau.11. Le taux de potassium.

	niveaux	mg/kg
1	9	274
2	8	254
3	9	274
4	20	608

- **Le phosphore**

Tableau.12. Le taux de phosphore.

	niveaux	mg/kg
1	0.0465	0.033
2	0.038	0.0269
3	0.036	0.0255
4	0.034	0.0241

- **Le sodium Na**

En présence d'eau salée, l'argile floccule. Mais en présence d'eau douce(pluie), l'argile sodique est fortement dissociée (Na^+ tend à s'écarter des micelles).

Le sodium va alors agir sur l'eau pour former avec les ions OH^- , une base forte NaOH.

Le PH du sol va alors augmenter (jusqu'à 8-9). NaOH étant une base forte, la dissociation en ions Na et OH^- est complète. Les OH^- auront tendance à se recombinaer aux H pour former des molécules d'eau. Afin de faire face à la diminution d' H^+ dans la solution du sol. Les argiles vont perdre progressivement ceux qui sont situer à leur surface: l'argile se disperse.

Nous retiendrons donc que le sodium a une action dispersante sur l'argile. Il est donc important d'éviter l'emploi d'engrais sodiques (sylvinite, nitrate de soude) en sols argileux.

Tableau 13. Le taux de sodium.

	niveaux	mg/kg
1	2	0.0165
2	4	0.033
3	8	0.099
4	4	0.033

Les analyses du sol traitées au niveau du laboratoire de l'Université Amar Téliidji sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : les propriétés physico-chimique du sol utilisé dans la culture de pomme de terre.

Eléments	Méthodes d'analyses	Normes	Résultats				Interprétations
			Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	
Argile	Pipette de Robinson	Triangle texturale	0.38	0.21	15.16	0.18	Sol sableuse
Limon			0.26	0.62	0.74	2.47	
Sable			99.36	99.17	84.1	97.35	
Na	Spectrophotomètre à Flamme	0.15 à 0.25 %	0.0165	0.033	0.099	0.033	Très pauvre
P2O5 pp	Spectrophotomètre	95.5 ppm	0.033	0.0269	0.0255	0.0241	Très pauvre
K2O ppm	Spectrophotomètre à Flamme	200 ppm	274	254	274	608	Très riche
Calcaire totale %	Méthode volumétrique	<5%	16.406	23.906	34.844	143.75	Modérément calcaire
Ph	PH-mètre 1/2.5	5.6 à 7	7.69	7.64	7.495	7.505	Elevé (alcalin)
C.E μ s à 25°C	Conductimètre 1/5	< 2 mmhos/cm	143	167.5	212.5	163.5	Non salé
Matière organique %	MO%=C% x 1.72	2.5 à 5 %	0.22	0.16	1.15	0.58	Extrêmement faible
C %	Méthode de four à moufle	1.8 à 2.8	0.127	0.093	0.668	0.337	Très faible
Humidité	séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C°	2.1	1.55	1.9	3.55

2. Discussions autour des propriétés physico-chimiques du sol de notre parcelle expérimentale

La couverture pédologique de notre parcelle expérimentale située dans la région de L'mbed (Commune d'El Assafia), est constituée essentiellement des sols minéraux bruts résultant des conditions climatiques de la région, à savoir un climat aride caractérisé par de faibles précipitations et des températures élevées favorisant l'érosion du sol. Ce sol est à forte dominance d'éléments grossiers (plus de 99% de sables) ce qui se traduit par une dominance sableuse.

Le sol est constitué essentiellement de squelette (sables fin et grossier) dont l'agrégation est très faible à nulle par absence de matière organique. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles étant donné que leur capacité de rétention en eau est très faible. De ce fait, ils nécessitent des apports d'eau très peu espacés dans le temps.

Outre, un sol à forte dominance sableuse constitue une contrainte qui peut être très sévère pour la production agricole si certains correctifs ne sont pas amenés, à savoir :

- Très faible fertilité minérale en raison de l'absence de complexe argilo-humique. En effet, la réserve en Na, P est presque nulle, il faudrait donc assurer les deux fumures : de redressement et d'entretien ;
- Bien que la texture est très légère, ce qui assure une bonne la lixiviation des sels solubles. Cependant, elle est très mauvaise pour la rétention des nutriments ;
- Le pH est alcalin, ceci pose un problème d'absorption de certains éléments nutritifs. Un amendement organique peut contribuer à baissé l'alcalinité du sol.

Au final, nous pouvons dire que notre sol n'est qu'un support pour les cultures, la maîtrise de la fertilisation est encore plus que nécessaire pour l'obtention d'un bon rendement agricole. La fertilisation doit prendre en considération l'ensemble des paramètres physico-chimiques du sol. Dans ce cas, seule la fertilisation organique est capable d'assurer une bonne alimentation minérale tout en assurant : la reconstitution d'un complexe absorbant, en baissant le pH du sol ainsi que la teneur en calcaire. A cela s'ajoute la maîtrise de l'irrigation (dose et fréquence), un excès ou un déficit peut s'avérer préjudiciable pour la plante.

Conclusion

Une analyse du sol est une méthode visant à déterminer la composition du sol et les valeurs physico-chimique de la terre. Les analyses de sols sont couramment utilisées afin de connaître le potentiel d'exploitation des parcelles agricoles.

Les sols étudiés présentent, en surface (0-20 cm), une texture sableuse et un pH a tendance à limiter l'absorption de certains éléments tels que le phosphore comme nous l'avons enregistré dans le niveaux 1 (0.033 ppm), et dans le niveaux 2 (0.0269 ppm), et le niveaux 3 (0.0255 ppm), et le niveaux 4 (0.0241 ppm).

Le potassium (k) dans les niveaux 1 et 3 (274 ppm), et le niveaux 2 (254 ppm), et le niveaux 4 (608 ppm).

Le sodium(Na) dans le niveaux 1 (0.0165 ppm), et les niveaux 2 et 4 (0.033 ppm), et le niveaux 3 (0.099 ppm).

Ils sont relativement mauvais en matière organique.

Le bilan des éléments nutritifs révèle, des carences en éléments .minéraux dont les plus marquées concernent le sodium et le phosphore

Ensuite, la teneur de la matière organique et en éléments majeurs (sodium, phosphore et potassium) ne sont pas en suffisantes pour optimiser le rendement optimal de la culture.

Il y existe une corrélation entre les indicateurs de la fertilité et les paramètres physico-chimiques des échantillons de sols étudiés.

Les carences en nutriments observées peuvent être corrigées par l'application d'une fertilisation d'entretien adéquate en sodium (Na), en phosphore (P) et en potassium (K) sont indispensables et importants pour la croissance et obtenir un bon rendement.

Néanmoins, des études complémentaires s'avèrent nécessaires pour bien cerner l'environnement de production nécessaire, à production durable et à haut rendement, et améliorer le revenu.

Références bibliographiques:

Glossary of Soil Science Terms, 1965 ; Ed. Soil Science Society of America. Am. J. Potato Res. **42**, 346.[Online] <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>.

Legros, J.P., 2007 : Les grands sols du monde. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne, 574 p.

Duchaufour, 1984: Abrégé de pédologie. E D. Masson ; Paris 317 p.

Pedro G., 1985 : Les grandes tendances des sols mondiaux. Cultivar, 185, 1-4.

Boulaine J. 1989 : Histoire des pédologues et de la Science du Sol. Ed. INRA.285 p.

Morel R., 1989 : Les sols cultivés. Lavoisier. 2ème Edition. Paris.373 p.

Baize, D. et Girard, M.C., 1995 : Référentiel pédologique, Paris, 332 pp.

Girard, M.C., Walter, C., Rémy, J.C., Berthelin, J. and Morel, J.L., 2004 : Sols et environnement, Paris, 816 pp.

Duchaufour, ph., 1997 in Grosbellet, 2008: Abrégé de Pédologie. Sol, végétation, environnement. Masson, Paris. 291p.

Robert, M., 1996 : Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement, Paris, 241 pp.

Demolon A., 1966 : Principe d'agronomie : dynamique du sol. Ed. Dunod.

Hillel, 1974 in Hubert 2008: L'eau et le sol: principes et processus physiques, Louvain, 288 pp.

Hillel, D., 1982: Introduction to Soil Physics. Ed. Academic Press. New York, USA, 364 p.

Duchaufour Ph., 1984 : Abrégé de pédologie. E D. Masson ; Paris 317 p.

Chenu et Bruand, 1998: Clay-organic matter in soils : microstructure and contribution to soil stability. XVI congrès mondial de science du sol, Montpellier.

Benslama, 2005: Cours d'écopédologie 3ème année Ecologie et Environnement. Université Badji Mokhtar. Annaba.

Baldok J.A et Nelson., 2000: The chemical composition of soil. In Handbook of soil science. Edited by Sumner, M.E (CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington.DC).

Duchaufour Ph., 1995 : Pédologie : sol, végétation, environnement. Ed. Masson ; Paris 317p.

Andreux F., 2004 : Effet des substitutions d'essence sur le fonctionnement organo-minéral de l'écosystème forestier, sur les communautés Fongique mycorhiziennes et saprophytes. Revue Française des sciences forestière Vol.29 N°4. 2002P.

Andreux F., 2002 : XXXVème Congrès du groupe Français des Pesticides produits phytosanitaires « Impact environnementale, gestion et traitement Université de Bourgogne.

Bruckert S., 1972 : Influence de la composition chimique des litières sur la pédogenèse en milieux acide. Bull. ENSAIA, Nancy 14, 163- 275.

Gobat Gobat, J.M., Aragno, M. and Matthey, W., 2003 : Le sol vivant - Bases de pédologie – Biologie des sols. 2e éd. Col. Gérer l'Environnement, Presse Polytechniques et Universitaires de Lausanne. 568 p.

Bronick C.J. & Lal R., 2005: Soil structure and management: a review. Geoderma, 124, pp. 3- 22.

Quenea K., 2004 : Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sol d'un chrono séquence forêt/maïs (Cestas, sud-ouest de la France), Thèse de doctorat de l'université Paris VI, Spécialité : Fonctionnement physique, chimique et biologique de la biosphère continentale

Pedro G, 2008: Le sol, maillon-clé de la gestion écosystémique de la biosphère anthropisée. Etude et Gestion des sols, 15(1): 69-76.

Chenu C., Balabane M., 2001 in Laboubée, 2007: Matières organiques et activités biologiques des sols cultivés: Une approche des matières organiques par leurs fonctions, Perspectives Agricoles, n°272, pp. 42-45.

BNEDER, 2005: Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.

Emberger,L.; 1950: Une classification biogéographique des climats. Nature. Monspl. Série Bot ;(7).

Atlas et al., 1991; Doran et Zeiss, 2000: Responses of microbial populations to environmental disturbance. Microbial Ecology 22:249-256.

Benslama-Zanache H., 1998 - Contribution à l'étude de la diversité des microorganismes (champignons saprophytes des sols du complexe humide d'El-Kala, Nord-Algerien). « Cas des station d'El-Khoubzi, Righia et Lac Noir ».

Lambert., 1975 : Classes d'abondance de la matière organique.

Calvet R., 2003 : Le Sol propriétés et fonction: Tom I et II. Ed Dunod.

Toutain F., 1974: Etude écologique de l'humification dans les Hétraies acidophiles Thèse du Doctorat. Etat. Unev Nancy I, 114p.

Dabin B., 1976: Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol application a quelques études pédologiques et agronomiques des sols tropicaux. Cah. ORSTOM? Ser. Pédo. Vol 18 N° 3-4 p, 197- 215.

Calvet, R., 2003: Le sol propriétés et fonction: Tom I & II. Ed Dunod.

Barles, S., Breyesse, D., Guillerme, A. et Laeyval, C., 1999: Le Sol Urbain. Collection VILLES, Economica, Paris. 278p.

Mac Carthy *et al.*, 1990: Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. Madison, Wisconsin, Soil Sci. Society of America. Mackowiak, C. L. P. R. Grossi and B. G. Bugbee (2001). "Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat." *SoilSci. Soc. Am. J.* 65(6): 1744-1750.

URBATIA KM., 1995: Biodiversity assessment in ecological restoration above the timberline. *Biodiversity and Conservation* 4: 679-695.

USDA, 1996: Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service, April 1996. www.nssc.nrcs.usda.gov

Pankhurst *et al.*, 1997: Biological indicators of soil health. CAB International, Wallingford.

Karlen *et al.* (1997), et la USDA (United State Department of Agriculture) (1996): Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of American Journal* 61:4-10.

Muller, 1995; Ginocchio, 2000). Doran *et al.* (1996): Les bioindicateurs végétaux de pollution. ANPP, Colloque International Marqueurs Biologiques de Pollutions, Chinon 21-22 sept. 1995, 227-238.

Oades, 1998 – Stevenson, 1999 – Baldock *et Nelson*, 2000: The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma* 56:377-400.

O'Neill *et al.* (1986): A hierarchical concept of ecosystems. Princeton University Press, Princeton.

Gobat JM, Aragno M, Matthey W (1998): Le sol vivant. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

Sommerfeldt *et Chang*, 1985; Ovreas *et Torsvick*, 1998; Wander *et Bollero*, 1999; Hess *et al.*, 2000: The rhizosphere as a habitat for soil microorganism. In : *Modern soil microbiology*. (eds van Elsas *et al.*), pp. 21-45. Marcel Dekker, Inc, New York.

Staben *et al.*, 1997: Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheat fallow soils. *Soil Science Society of American Journal* 61, 124-130.

Mausbach MS, Tugel A (1997): Soil quality : A multitude of approaches. Kearney Foundation Symposium. California Soil Quality : from critical research to sustainable management. Berkeley, California, March 25.

Rapport *et al.*, 1997 ; Van Bruggen *et Semenov*, 1999: Ecosystem health – more ..than a metaphor. *Environmental Values* 4: 287–309.

HALITIM A., 1988- Les sols des régions arides d' Algérie. Ed. O. P. U, Alger. 384 p.

(C.D.F, 1998) et (FAO, 2005):

Ramade F, 2003: *Elément d'écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 688p.

Faurie et al., 2003: Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris,180-284

Prevost, 1999:

Derdour, 1999:

Rognon P., 1994. Les conséquences de la sécheresse sur la pédogenèse. Sécheresse, 3(5) : 173-184.

Moumen, 1995: « Guide d'irrigation localisée », Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, ORMVAD, FAO

Moulai, 2001:

GERVY R; 1970 : Les phosphates et l'agriculture. Edition DUNOD, Paris.298p.

Kiekens (1985) in Reguieg et Hocine (1992):

Castri, 1970 ; Lavelle, 1987:

inSamai 2007:

Damay et Julien, 1995:

Samai, 2009:

Aubert, 1978: Méthodes d'Analyses des Sols. Marseille, France: Centre National de Documentation Pédologique.

Dajoz, 1985:

Samai, 2007:

Mechraoui, C; 2014. *Essai d'établissement d'une fumure organique de la fiente de volaille sur la culture de pomme de terre dans la région d'El Assafia la wilaya de Laghouat.* Mémoire d'ingénieur. Université amar teliji Laghouat. 111 p.