

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique



UNIVERSITE AMAR TELIDJI-LAGHOUAT



Faculté des sciences
Département de Biologie

Rapport en vue de l'obtention du diplôme du Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Option : Ecologie et environnement

Thème :

**Contribution à la caractérisation des sols dans la
région d'El Gheicha**

Présenté par :

Mr. BEN MESSAOUD Radouane

Mr. HEBCHI Radoine

Devant le jury :

Président: Mme. SOUFFI Ibtissem

Encadreur : Mr. YUCEFI Mostapha

Co-encadreur : Mr. MECHROUI Chouaib

Examineur (rice) : Mr. BENACEUR Farouk

Année universitaire : 2019 /2020

Dédicaces et Remerciements

Dédicace

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif des membres de ma famille que je tiens à remercier :

Mes parents :

Ma mère, qui m'a toujours guidé vers le bon chemin. A celle qui a tout fait pour ma réussite, pour sa douceur, sa présence, ses sacrifices et ses encouragements.

Mon père,

A qui il vive à mon cœur, a mon sang

Mes frères mes pillées du ma vie

Et spécialement dédié cette mémoire a mon âme, l'ange Nassima khedaoudj

M

A tous ceux qui m'aiment et a tous ce que j'aime.

Benmessaoud Radouane

Dédicaces et Remerciements

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes professeurs, qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Ben Messaoud Radouane

Dédicaces et Remerciements

Remerciements

Nous remercions notre dieu qui nous a donné la force pour achever ce travail.

Nous tenant à remercier sincèrement notre encadreur Monsieur Chaibi Rachid, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos professeurs, pour leur bienveillance et leurs orientations.

La conservation des forêts et la direction d'environnement, pour leur accueil et leur coopération.

*Toute la promotion de troisième année licence écologie et environnement.
Que tous ceux qui nous ont aidés, de prêt ou de loin, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.*

Merci

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes professeurs, qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Hebchi Radoine

Remerciements

Remerciements

Nous remercions notre dieu qui nous a donné la force pour achever ce travail.

Nous tenant à remercier sincèrement notre encadreur Monsieur Youcefi Mostapha et Monsieur Mechraoui chouaib, sons précieux conseils et sons aides durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté a notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos professeurs, pour leur bienveillance et leurs orientations.

La conservation des forêts et la direction d'environnement, pour leur accueil et leur coopération.

*Toute la promotion de Master 2 écologie végétal et environnement 19-20.
Que tous ceux qui nous ont aidées, de prêt ou de loin, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.*

Mercie

Sommaire

Sommaire	page
Liste de tableaux	
Liste de figures	
Introduction	1
Première partie : Étude bibliographique	
Chapitre 1. Généralité sur le couvert pédologiqu	5
1. Définition d'écosystème	5
2. Le sol	6
2.1 Les constituants du sol.	7
2.2 Les grandes fonctions du sol	9
2.3. Les caractéristiques du sol	12
3. Les éléments minéraux dans le sol.	16
3.1 Les minéraux primaires.	16
3.2 Les minéraux secondaires.	18
3.3 Les minéraux argileux.	18
4. Les éléments nutritifs.	18
4.1 Les éléments majeurs. (N, P, K).	19
4.2 Les éléments secondaires (Ca, Mg, S).	21
5. La matière organique.	21
5.1 Rôles des matières organiques du sol	22
5.2 L'évolution des MO dans le sol.	23
Chapitre 2 Présentation de la région d'étude	
1. Présentation de la région d'étude	25
2. La population	26
3. L'emploi	26
4. Caractérisation climatique	27
5. Synthèse climatique	30
6. Le relief	32
7. L'altitude	33
8. caractéristiques édaphiques	33
Deuxième partie : Étude expérimentale	
Chapitre 3. Méthodologie du travaille.	34
1. sortie sur terrain.	34

Sommaire

2. l'analyse au laboratoire.	35
2.1 Analyse granulométrique du sol par tamisage.	35
2.2 Le paramètre d'hygroscopie du sol.	35
2.3 Le paramètre de la potentialité d'hydrogène (pH) du sol.	36
2.4 Le paramètre de la conductivité électrique du sol.	36
2.5 La mesure du Sodium (Na), le Potassium (K) et le phosphore (P).	36
2.6 La mesure du taux de la matière organique.	37
2.7 Calcaire total (CaCO ₃).	37
Chapitre 4 - Résultats et discussions	38
1. la granulométrie.	38
2. L'humidité hygroscopique.	39
3. Le pH.	40
4. La conductivité électrique.	41
5. Les sels minéraux présents dans le sol.	42
6. La matière organique.	43
7. Le carbone organique.	45
8. Le calcaire total	45
Conclusion	52
Références bibliographiques	53

Liste des tableaux

Liste des tableaux	p
Tableau 1. La répartition des constituants du sol. (Soltner, 2005)	8
Tableau 2. L'origine et principaux constituants du sol (Soltner, 2005)	9
Tableau 3. Échelle granulométrique de la texture du sol (Bourgogne. Guide pédagogique 2012)	13
Tableau 4. Caractéristiques de station pluviométrique Source : ONM (2019).	28
Tableau 5. Précipitations moyennes mensuelles (mm) (2008-2018) Source : ONM, (2019).	29
Tableau 6. Variation des températures dans la période (2008-2018). Source : ONM, (2019).	29
Tableau 7. Le degré de la pente de la région étudiée par rapport la superficie. Source : HCDS-BNEDER-(2007)	32
Tableau 8. Le type de lithologie de la région étudiée par rapport la superficie Source : HCDS-BNEDER-(2007)	33
Tableau 9. Le type d'érosion de la région étudiée par rapport la superficie Source : HCDS-BNEDER-(2007)	33
Tableau 10. Résultats des analyses granulométriques des différents échantillons.	38
Tableau 11. Résultats du l'humidité hygroscopique des différents échantillons.	39
Tableau 12. Résultats du pH des différents échantillons.	40
Tableau 13. Résultats du La conductivité électrique des différents échantillons.	41
Tableau 14. Résultats des principaux éléments minéraux (N.P.K) des différents échantillons.	42
Tableau 15. Résultats du taux de la matière organique des différents échantillons.	44
Tableau 16. Résultats du taux de carbone organique des différents échantillons.	46
Tableau 17. Résultats du calcaire total des différents échantillons	47
Tableau 18. Les propriétés physico-chimiques du sol utilisé	47

Liste des tableaux

.

Liste des figures

Liste des figures

Figure	P
Figure 1. Organigramme de l'organisation global d'écosystème	5
Figure 2. Le sol est constitué de trois phases (Hillel, 1974 in Hubert 2008)	7
Figure 3. Diagramme de classification détaillée des textures du service de la carte des sols de l'Aisne (Jamagne, 1967, modifié depuis).	13
Figure 4. Représentation des tailles comparatives des particules de sable (sand), limon (silt) et argile (Hillel, 2004).	13
Figure 5. Situation géographique de la région de Laghouat (CDF Laghouat, 2020).	25
Figure 6. Situation géographique da la région d El Gheicha par rapport Aflou/Oued M'zi/Laghouat (Aissaoui, 2016)	27
Figure 7. L'humidité de l'air dans la période (2008-2018) ONM, (2019).	30
Figure 8. Climagramme pluviométrique d'Emberger.	31
Figure 9. Diagramme ombrothermique de la région d'Aflou.	32
Figure 10. Schéma représentative de la méthode de l'échantillonnage du sol (<i>originale</i>)	34
Figure 11. La classification triangulaire de la texture du sol (USDA, 2005).	38
Figure 12. Histogramme du l'humidité hygroscopique des différents échantillons.	39
Figure 13. Histogramme du pH des différents échantillons.	40
Figure 14. Histogramme du La conductivité électrique des différents échantillons.	41
Figure 15. La projection du résultat du Sodium du sol sur la courbe du talonnage du Sodium	42
Figure 16. La projection du résultat du Potassium du sol sur la courbe du talonnage du Potassium	43
Figure 17. La projection du résultat du Phosphore du sol sur la courbe du talonnage du Phosphore	43
Figure 18. Histogramme de la matière organique des différents échantillons.	45
Figure 19. Tableau d'interprétation de la teneur en MO des sols. (Programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie, 2000)	45
Figure 20. Histogramme du taux de carbone organique des différents échantillons.	46

Liste des abréviations

ANIREF : Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière

ATP : **Adénosine**-TriphosPhate

CAH : Complexe Argilo-Humique

°c : Degré Celsius

CEC : Capacité d'Echange en Cations

EEDD : éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD)

FAO : **Food** and Agriculture Organisation

INRA : Institut national de la recherche agronomique

MO : La matière organique.

MOV : Matières Organiques Vivante

ONM : : Office nationale de la météorologie

PH : Le potentiel hydrogène

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

Introduction

L'écologie est la science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes sortes qui existent entre ces êtres vivants d'une part et entre ces êtres vivants et le milieu d'autre part. Le milieu, ou l'environnement, appartient pour tout ou partie, à trois milieux fondamentaux : atmosphérique (air), aquatique (eau) et édaphique (sol). (Leveque, 2001)

Ce dernier est de plus en plus largement considéré comme un patrimoine menacé qui doit être donc protégé. L'importance du rôle des sols dans l'environnement et la nécessité de sa protection est de plus en plus reconnue. (Leveque, 2001)

Un grand nombre de problèmes se posent quand on envisage l'utilisation rationnelle des terres. Il est bien évident que pour les résoudre, une connaissance complète que possible des propriétés des sols est indispensable.

L'inventaire des ressources en sols constitue un préalable indispensable à toute opération d'aménagement et de mise en valeur agricole. (Leveque, 2001)

En Algérie. La dégradation des milieux naturels dans les zones arides et semi-arides s'est dramatiquement amplifiée au cours de ces derniers temps en raison de l'accélération de la croissance démographique, des mutations socio-économiques et des transformations concomitantes des systèmes d'exploitation des ressources naturelles. En Algérie, l'équilibre de l'écosystème steppique a été pour longtemps assuré par une harmonie très rigide entre l'homme et le milieu dans lequel il vit. Cet équilibre a été à l'origine des pratiques humaines ancestrales qui pouvaient assurer la durabilité et la régénération des ressources naturelles. Cependant, ce territoire qui fut l'espace du nomadisme et des grandes transhumances, a subi des modifications profondes ces dernières décennies par l'apparition de nouvelles pratiques étrangères au mode de vie des populations steppiques. La conséquence de ces modifications étant une dégradation de plus en plus importante ressentie à tous les niveaux du territoire steppique. La dégradation de l'environnement se manifeste avec acuité, notamment dans les zones steppiques. Ces zones, dont les ressources pastorales constituent la principale source de revenu pour 3,6 millions d'habitants, sont en effet depuis plus de vingt ans soumises à une dégradation croissante qui touche essentiellement la ressource « parcours » (Bensouiah, 2003).

Introduction

Les steppes algériennes constituent l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... etc. Depuis plusieurs décennies les ressources naturelles de l'espace steppique (eau – sol – végétation ...etc.) ont subi de sévères dégradations dues aux effets combinés d'une présence humaine et animale croissante et d'une sècheresse aggravante sur ces écosystème. Les potentialités hydrogéologie que s n'échappent pas à cette règle (Haddouche, 2009). L'extension des surfaces cultivées dans les zones steppiques, l'accroissement du cheptel et les modes de gestion et d'exploitation inappropriés ont entraîné différents processus de dégradation: défrichement et prélèvement du couvert végétal, surpâturage, érosion des sols et détérioration de leur fertilité. L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est – il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible. Au fur et à mesure qu'elles se raréfient, les ressources en eau requièrent une gestion toujours plus précise qui réduise au minimum les pertes et les usages non productifs de l'eau. Une telle gestion nécessite une connaissance toujours plus détaillée des différents éléments du bilan d'eau et des processus hydrogéologiques. Selon Bouanani (2004), plus de trois décennies de développement intense en matière d'infrastructure hydraulique ont permis de comprendre que le développement durable du pays devait passer incontestablement par une prise en charge de la question de l'eau sous ses multiples facettes. De nouvelles règles s'opposent pour assurer la sauvegarde de ces ressources (Hydrogéologie en particulier) en vue d'un développement durable ; l'utilisation de l'outil de télédétection et système d'information géographique reste une voie incontournable.

D'après Halitim (1988), les études pédologiques restent très localisées et les sols des zones arides sont aussi insuffisamment connus. La cartographie des sols des zones arides d'Algérie est à son début, puis que moins de 20^{ème} seulement de la surface a été levée topographiquement au 1/100000. C'est dans ce but, que nous essayons d'inventorier les études pédologiques dans quelques régions des Sud-est Algérien.

La texture du sol est déterminée par l'analyse granulométrique qui consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer, les proportions relatives de ces

Introduction

catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral. La proportion des particules minérales du sol classées, après destruction des agrégats, par catégories de grosseurs en plusieurs fractions principales définit la texture du sol en composition granulométrique (Mathieu *et P*, 1997)

Les analyses chimiques peuvent être grossièrement classées en deux catégories. Il y a les analyses élémentaires totales qui, après mise en solution par des acides forts capables de dissoudre les silicates, consistent à doser la totalité d'un élément quelque soit sa forme. Et il y a celles qui s'efforcent de mettre en évidence seulement certaines formes dites : cations échangeables, libres, actives, extractibles, assimilables,...etc. (Baizene *et al.* 2004)

La problématique.

La présente étude qui porte sur la contribution à l'évaluation de la qualité des sols de la forêt, se propose de discuter les questions suivantes :

- La caractérisation des propriétés physico-chimiques du sol et leur influence sur la végétation?
- La description de la végétation et les facteurs qui régissent sa distribution, l'étude de la diversité floristique, de la diversité biologique et phytogéographique?
- Les facteurs qui contrôlent la distribution de ces formations végétales?

Ce mémoire s'articule en trois parties :

- La première partie c'est la partie des recherches bibliographiques est réservée à des généralités sur la pédologie du sol.
- La deuxième partie est répartie en deux chapitres le premier présentera la zone d'étude quant le second abordera le matériel et méthode et méthodologie de travail.
- la troisième partie c'est la partie la plus importante de notre travail, elle est réservée aux résultats et discussions à pour but de répondre à la question posée au début.

Introduction

Nous terminerons par une conclusion générale et perspective ainsi que des recommandations concernant les études pédologiques dans la région El Gheicha Laghouat.

Chapitre 1. Généralité sur le couvert pédologique

1. Définition d'écosystème

En 1935 sous la plume d'Arthur George Tansley. Il définit un écosystème comme étant un « complexe d'organismes et de facteurs physiques. » Il ajoute que « les systèmes ainsi formés sont les unités de base de la nature et offrent la plus grande diversité de type et de taille ».

Le rapport de l'Organisation des Nations Unies sur l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire 2001, définit un écosystème comme un étant un « complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes (Biocénose) et de la nature morte environnante (Biotope) agissant en interaction en tant qu'unité fonctionnelle ».

- ❖ **Biocénose** : La Biocénose est un groupement d'êtres vivants correspondant par sa composition, par le nombre d'espèces et d'individus dans certaines conditions moyennes du milieu à un groupement d'êtres vivants qui sont liés par une dépendance réciproque et qui se maintiennent en se reproduisant dans certains endroits d'une façon permanente.(par le biologiste allemand Karl August Möbius en 1877).
- ❖ **Biotope** : Le biotope est à distinguer d'un biome, qui est un large regroupement d'écosystèmes caractéristique d'un type de climat et de sol. (vient d'Arthur George Tansley1935).

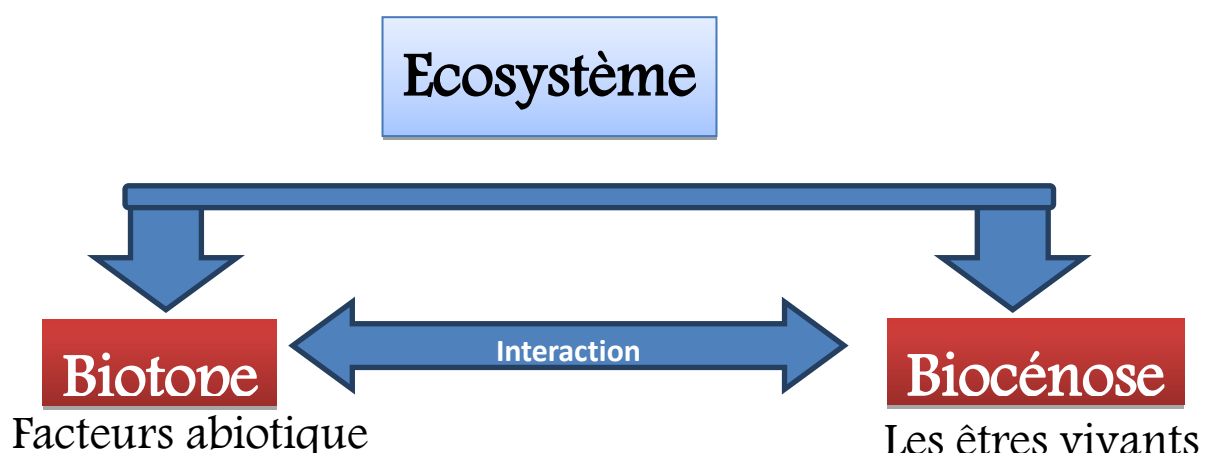


Figure 1. Organigramme de l'organisation global d'écosystème

1.1. Les forêts

Les forêts constituent le stade final de l'évolution dynamique de la végétation (Géhu, 2006)

1.2. Le matorral

D'après Géhu (2006), le matorral est un terme général désignant les végétations ligneuses basses (0,5 à 2 m et plus) xérophiiles, plus ou moins sclérophylles. Les matorrals sont souvent des formations secondaires issues de forêts sous la pression humaine

1.3. La pelouse

Selon UNESCO in Tomaselli (1976), La pelouse est une formation herbacée rase, à rythme saisonnier marqué et à base d'hémicryptophyte, de chaméphytes et de géophytes.

2. Le sol

Un sol est la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (Demolon, 1932).

Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent. (Boulaine et Aubert, 1967).

Le sol est un élément naturel. Il est constitué de minéraux et de matières organiques. Ces derniers sont issus du recyclage de la matière solide pendant un processus long et complexe, qui est la modification de la croûte terrestre (Winegarder, 1995).

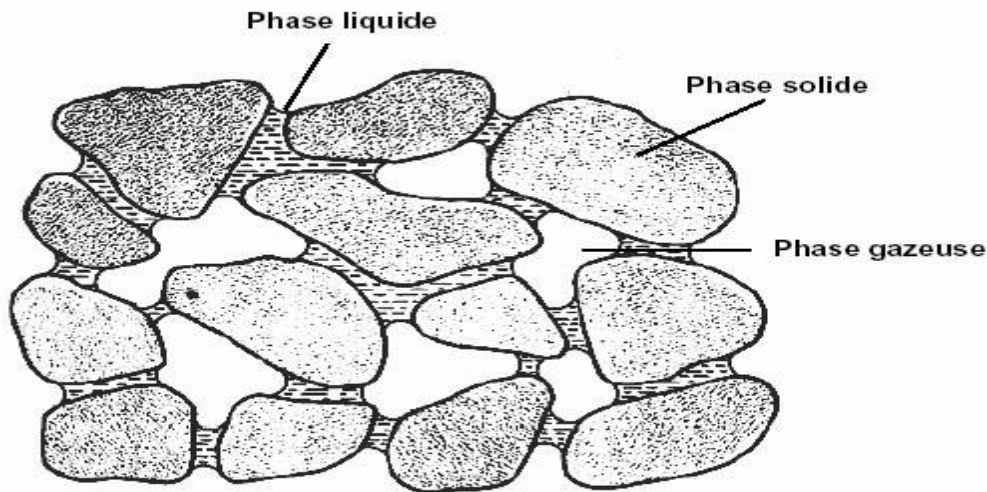
Par sol on entend les horizons extérieurs des roches naturellement modifiés par l'influence mutuelle de l'eau, de l'air et des organismes vivants et morts c'est corps naturel indépendant et variant (Dokoutschaiv 1846_1903).

Pour l'écologie, le sol est un habitat et un élément de l'écosystème qui est le produit et la source d'un grand nombre de processus et interactions chimiques, biochimiques et biologiques.

L'approche écologique vise plutôt à replacer le sol dans un contexte écosystémique. Le sol est situé à l'interface entre biosphère, lithosphère, atmosphère et hydrosphère, le sol a de multiples fonctions environnementales (filtre pour les eaux alimentant les nappes phréatiques, lieu de vie d'organismes) et joue un rôle économique essentiel, notamment dans l'alimentation des populations.

2.1 Les constituants du sol

Le sol est un système hétérogène, poly phasique, finement divisé, dispersé et poreux dans lequel la surface inter faciale par unité de volume peut être extrêmement grande (Hillel, 1974).



Source : Hillel, 1974 in Hubert(2008).

Figure 2 Le sol est constitué de trois phases

2.1.1 La phase solide.

Formée par des constituants minéraux (argile, sable, limon...) et des constituants organiques. 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).

Les éléments minéraux résultent directement de la désagrégation mécanique et de la décomposition chimique des roches du substratum ou des matériaux apportés, alluvions, colluvions et dépôt éoliens, en distingue ainsi : les sables (2mm-50µm), les limons (50µm-20µm) et les argiles (<2µm). (Hillel, 1974)

2.1.2 La phase liquide

(Appelée également solution du sol) formée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la minéralisation de la matière organique et des apports extérieurs exemple : apports d'engrais solubles 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 ». C'est le volume qui remplit partiellement ou totalement les espaces libres (pores) compris entre les particules solide du sol. Il est composé d'eau et de substances minérales ou organiques soluble dans l'eau. La présence de l'eau dans le sol est une importance fondamentale pour les raisons diverses à savoir (Roland, 1988).

2.1.3 La phase gazeuse, ou l'atmosphère du sol

Formée des mêmes gaz que l'air, avec en plus des gaz qui proviennent de la décomposition de la matière organique. 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. (Soltner, 2005)

Tableau 1. La répartition des constituants du sol.

volume	en %
Constituants minéraux	45
Constituants organiques	5
Eau du sol	25
Air (atmosphère) du sol	25

Source : Soltner, (2005).

Le sol contient un ensemble de matière, dont le tableau suivant représente une liste non exhaustive des principaux constituants (Soltner, 2005)

Tableau 2. L'origine et principaux constituants du sol

Constituants solides		Constituants liquides		Constituants gazeux	
Constituants minéraux		Constituants organiques		= solution du sol	= air du sol
Terre fine du sol : Argiles, limons fins, limons grossiers, sables fins, sables grossiers.		Matière organique fraîche : Constituants des tissus végétales celluloses, hémicellulose, tanins... Déjections animales et animaux morts.		Eau du sol + éléments solubles dissous : Substances organiques (acides organiques, sucre...) Ions dans l'eau du sol : Ca ²⁺ , K ⁺ , PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ ...	Constituants de l'air : O ₂ , N ₂ , CO ₂ gaz issus de l'activité des animaux et de la décomposition de la matière organique : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ .
Eléments grossiers : Graviers, cailloux, pierres, blocs				Matière humique : Matière organique transformée	

Source : Soltner, (2005).

2.2 Les grandes fonctions du sol

Les sols que l'on foule au quotidien font partie de notre environnement. Ils nous rendent des services dont on ne réalise pas toujours l'importance ils assurent l'essentiel de la production alimentaire mondiale, filtrent et épurent les eaux, régulent les flux de gaz à effet de serre, sont des archives du passé de l'homme, mais aussi de la Terre. Ces services relèvent de trois grandes fonctions : les fonctions éco systémiques, de support et de production. (Bourgogne, 2012)

2.2.1 La fonction support

Le sol est le support de toute la vie terrestre, végétale et animale. Cette fonction support concerne aussi les activités humaines, à travers l'implantation de nos bâtiments et de nos infrastructures. On associe parfois une fonction culturelle des sols à cette fonction support, car ils conservent les traces du passé de la terre et des Hommes (Bourgogne, 2012).

2.2.1.1 Le sol, support des végétaux et des animaux

Le sol, support des végétaux et des animaux : Les relations entre le sol et le végétal sont complexes. Tout d'abord, les plantes s'ancrent dans les sols, même dans les sols très pauvres, grâce à leurs racines. Au-delà de l'ancrage, les végétaux puisent dans le sol les nutriments et l'eau nécessaire à leur croissance. Les sols peuvent se montrer contraignants pour les végétaux : ils sont asphyxiants en cas d'excès d'eau, certains composants chimiques (aluminium, calcaires...) peuvent se révéler toxiques, la disponibilité en éléments nutritifs peut ne pas être suffisante. Certaines plantes ont développé des adaptations particulières aux différents types de sols. Ainsi à la diversité des sols répond une diversité végétale qui façonne les écosystèmes naturels et les paysages. (Bourgogne, 2012)

2.2.1.2 Le sol, support des activités humaines

Si les sols sont le support de la vie végétale et animale, ils sont aussi le support des activités humaines. Ils portent nos villes, nos villages et toutes nos infrastructures. Les sols urbains ou anthropisés sont fortement remaniés et recomposés, notamment du fait de l'importation et l'exportation de terres et de matériaux. (Bourgogne, 2012)

2.2.1.3 Le sol, archive du passé plus ou moins lointain

Le modelé des paysages et des sols révèle l'histoire de la Terre sur plusieurs échelles de temps, de la centaine de millions d'années à quelques millénaires. Certains sols gardent la mémoire des événements naturels qui se retrouvent ainsi inscrits dans le temps et dans l'espace. (Bourgogne, 2012)

2.2.2 La fonction de production des sols

Sur les sols poussent les arbres et les plantes à l'origine d'importantes filières économiques. Si l'indispensable rôle des sols dans notre alimentation est bien connu, ils sont aussi à la base d'une importante production non alimentaire comme les fibres, des médicaments, des solvants organiques.

Cette fonction consiste en la production de ressources alimentaires à travers l'agriculture, de biomasse pour produire de l'énergie (à travers les cultures énergétiques et la forêt) et de matériaux destinés à la construction (bois, terres, granulats, roches). (Bourgogne, 2012)

2.2.2.1 La production alimentaire

Le sol a pour fonction essentielle assuré la production végétale, source d'alimentation pour l'animal et pour l'homme. Il fournit des éléments nutritifs indispensables à la plante (Bourgogne, 2012)

2.2.2.2 La production de biomasse

Pour l'énergie et les matériaux (bois)

2.2.3 Les fonctions environnementales des sols

2.2.3.1 Sol et cycle de l'eau

Le sol intervient dans le cycle de l'eau, à la fois comme un régulateur et comme un épurateur. Il agit comme une grosse éponge : l'eau de pluie s'y infiltre et est stockée dans les vides du sol (qui constituent la réserve utile des sols). L'eau est utilisée par les plantes ou va alimenter les nappes souterraines. À l'échelle mondiale, on estime que les sols renferment environ 60 % de l'eau douce. En stockant l'eau de pluie et en la restituant lentement, le sol joue un rôle de tampon qui contribue à réguler les cours d'eau, les fleuves. Cette capacité dépend de la taille du réservoir sol, de sa structure et du type de couvert végétal. La présence de nombreuses racines facilite en effet l'infiltration de l'eau et la retient davantage (Stengel et Gascuel, 2009)

2.2.3.2 Sol, cycle de la matière et cycle du carbone

Le sol est un compartiment majeur du cycle de la matière et donc du cycle du carbone, qui compose près de 60% de la matière organique.

-Le sol est un régulateur de l'effet de serre.

-Il est l'un des principaux réservoirs de carbone et il a donc un impact sur le changement climatique.

Les sols renferment 1 500 milliards de tonnes de carbone soit deux fois plus que l'atmosphère (760 milliards de tonnes) et trois fois plus que la végétation (560 milliards de tonnes), ce qui en fait le deuxième plus grand réservoir de carbone après les océans (40 000 milliards de tonnes). (Bourgogne, 2011)

2.2.3.4 Le sol, réservoir de biodiversité

Le sol héberge une densité de microorganismes pouvant atteindre 109 par gramme. Ils contribuent à la formation des sols, aux cycles géochimiques, à la santé et à la croissance des plantes. Ils constituent un grand réservoir de biodiversité qu'il est important de

préserver. Ils transforment l'azote en nitrates assimilables par les végétaux. (Stengel et Gascue, 2009)

2.3. Les caractéristiques du sol

2.3.1. Caractéristiques physique

2.3.1.1 La texture

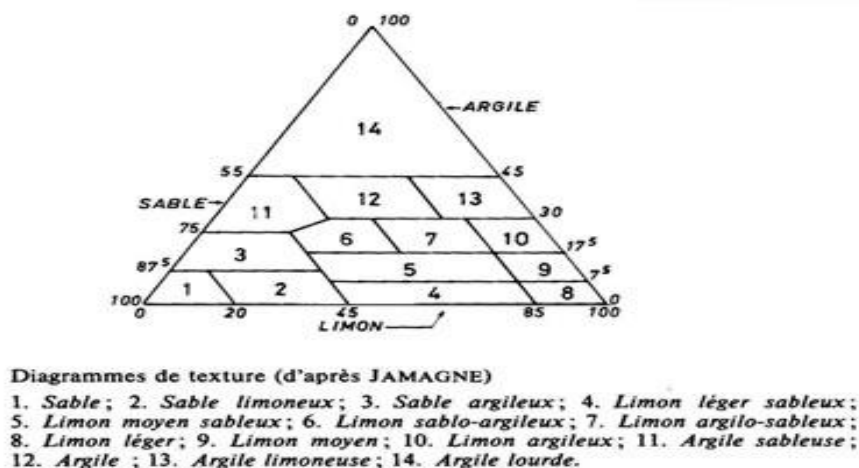
La texture ou granulométrie correspond à la répartition des minéraux par catégorie de taille, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Classiquement, la texture d'un sol est déterminée après destruction de la MO avec un oxydant et séparation des particules avec un dispersant alcalin. Les particules grossières $>50\text{ }\mu\text{m}$ sont séparées par tamisage et les particules (Duchaufour, 1994)

L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les constituants minéraux du sol d'après leur grosseur. L'ensemble formé par les argiles, les limons et les sables constitue la terre fine du sol

La texture est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine du sol. Elle peut être appréciée au toucher sur terrain ou déterminée au laboratoire (analyse granulométrique) où l'échantillon de sol subit divers traitements :

- Tamisage afin d'éliminer le squelette (fractions $> 2\text{ mm}$),
- Destruction de la matière organique,
- Destruction du calcaire,
- Dispersion et agitation afin de démonter les agrégats,
- Sédimentation différentielle et séparation des différentes fractions,
- Dessiccation, tamisage et pesée des différentes fractions.

Les classes de texture peuvent être délimitées graphiquement dans un triangle dont chaque côté soutient une échelle graduée (argile, limon ou sable).



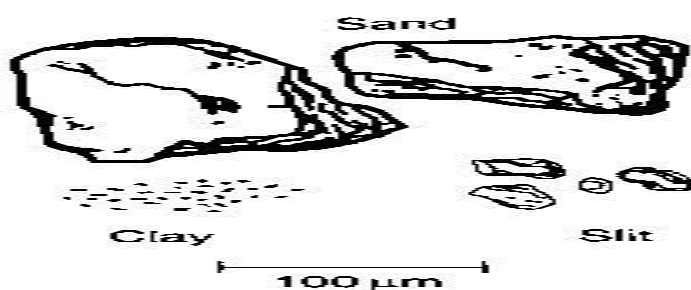
Source : Jamagne, (1967)

Figure 3. Diagramme de classification détaillée des textures du service de la carte des sols de l'Aisne

Tableau 3. Échelle granulométrique de la texture du sol

Particules	Taille
Pierre	de 7 cm à 20 cm
Cailloux	entre 2 cm et 7 cm
Graviers	entre 2 mm et 2 cm
Sables	entre 0,05 mm et 2 mm
Limons	entre 2 microns et 0,05 mm
Argiles	taille inférieure à 2 microns

Source : Bourgogne. Guide pédagogique (2012)



Source : Hillel (2004)

Figure 4. Représentation des tailles comparatives des particules de sable (Sand), limon (silt) et argile

2.3.2.2 La structure

Les agrégats sont les éléments de base de la structure d'un sol. Ils correspondent à la façon dont s'agrègent les matières minérales solides, les humus et les organismes vivants. Une motte de terre correspond à un emboîtement de plusieurs de ces agrégats.

Tous les agrégats ne se ressemblent pas et les sols n'ont pas tous une structure grumeleuse. Il existe par exemple des sols à structure particulaire, qui correspondent à des sols plutôt sablonneux dans lesquels les particules ne peuvent pas s'agréger.

Certains sols ont à l'inverse une structure massive, liée au fait que les particules s'agrègent de façon compacte. Enfin, d'autres sols ont une structure fragmentaire, c'est-à-dire qu'ils sont constitués d'agrégats dont les formes et les tailles peuvent varier à l'infini.

La structure d'un sol se modifie fortement en peu de temps, notamment sous l'effet des pratiques culturales. Cette caractéristique est en perpétuelle évolution et dépend de la texture du sol, de la quantité et de la qualité de l'humus, de l'acidité, de la vie du sol, du climat ainsi que de la richesse en certains minéraux (Bourgogne Guide pédagogique « Les sols, terreau fertile pour l'EEDD »)

C'est le mode d'organisation de différentes particules du sol. Les particules isolées une fois assemblées apparaissent comme des particules plus grosses « grumeaux » il existe plusieurs types de structures : granuleuse, anguleuse, prismatique et lamellaire (Bourgogne, juin 1998)

Contrairement à la texture, la structure d'un sol prend en compte l'arrangement des particules entre elles et les vides que cet arrangement permet (les pores). La porosité est la proportion du sol qui n'est pas occupée par du solide et qui peut être remplie par de l'air et/ou de l'eau (Baver, 1963).

La structure est un paramètre dynamique plutôt qu'un paramètre statique (Hussein et Adey, 1998, Six et al, 2004). Elle évolue en fonction de nombreux paramètres dont la dynamique de la MO, la teneur en eau, l'activité de microorganismes, etc. à une échelle (sub) millimétrique, la structure du sol peut être décrite en étudiant l'assemblage des particules et/ou la distribution des tailles de pores.

2.3.3.3 La porosité

La porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement.

Malheureusement ses composants (volume, dimension, organisation des vides) ne sont pas véritablement accessibles à la description macromorphologique sur le terrain, la porosité ne peut être approchée et quantifiée sérieusement que par des techniques physiques appropriées (mesure au laboratoire) ou par des observations et mesures sur lames minces (micro-morphologie et analyse d'image) en évitant les artefacts liés au dessèchement des échantillons (Inra mensuel, janvier 2009)

Elle correspond à l'ensemble des volumes d'un horizon qui ne sont pas occupés par des matières solides et qui sont disponibles pour l'air, l'eau, les racines ou les êtres vivants. Il existe ainsi tout un réseau de pores et de canaux dans le sol, dont l'existence est essentielle car il assure la continuité des échanges gazeux et liquides. La porosité du sol dépend de sa texture, de sa structure et des activités biologiques qui s'y déroulent. (Inra mensuel, janvier 2009)

2.3.4.4 L'atmosphère du sol

Quand les pores ne sont pas plein d'eau, l'air du sol est confiné, les parties solides gênent les échanges avec l'air extérieur. La porosité du sol et sa distribution conditionnent donc en grande partie, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Malgré les difficultés de sa mesure on constate que la composition de l'air du sol n'est pas la même que celle de l'air ambiant (Benslama, 1996).

2.3.2 Caractéristiques physicochimiques

2.3.2.1 Le pH

Le pH notion importante mesure l'acidité du sol dans une échelle de 1 à 14, un milieu est neutre quand son pH est de 7. En dessous, il est acide, au-dessus, il est basique ou alcalin. Les sols calcaires sont en général basiques, alors que les sols sableux ou très riches en matières organiques sont plutôt acides. La plupart des plantes s'accommodent d'un pH autour de la neutralité (de 6° à 7,5) certains exigent cependant une terre acide (plantes acidophiles) ou au contraire calcaire (Duchaufour, 1977).

2.3.2.2 Le complexe absorbant

On désigne par l'expression complexe absorbant, l'ensemble de colloïdes (au sens large du terme, compose humique et argileux), dotés de charges négatives susceptible de retenir les cations sous la forme dite échangeable, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises (Duchaufour, 2001).

2.3.2.3 La solution du sol

La réserve en eau du sol assure la quasi-totalité des besoins en eau de la plante : selon les espèces végétales, il faut de 250 à 800 litres d'eau pour un kilo de matière organique sèche. Par ailleurs l'eau dissout les éléments nutritifs pour constituer la solution du sol. L'alimentation du végétales s'effectue à partir de la solution du sol.

Elle assure la lixiviation des cations lors de la pédogénèse elle est le siège de nombreuses processus de solubilisation, ou d'in solubilisation par apport aux constituants solides qui traduisent souvent une évolution à long terme. (Duchaufour, 2001)

2.3.2.4 La biodiversité du sol

La faune du sol est classiquement divisée en trois groupes suivant la taille des organismes (Duchaufour, 1994) La microfaune constituée de protozoaires et de nématodes, ils sont les prédateurs de la microflore bactérienne, La mésofaune (de 100µm à 1cm) constituée d'arthropodes (Acariens, Tardigrades, Collemboles) et d'Enchytraéides, La macrofaune (>1cm) constituée entre autres de Lombrics, de larves d'insectes et d'arthropodes supérieurs. (Sottiaux 2009)

La biodiversité des sols représente l'ensemble des espèces d'organismes vivants que l'on trouve dans nos sols. Cela comprend aussi bien les plantes, que les animaux, les champignons, les micro-organismes, et bien d'autres encore (Duchaufour 1994)

3. Les éléments minéraux dans le sol

Les pédologues distinguent habituellement deux types principaux de constituants : les minéraux primaires et les minéraux secondaires. (Bonneau. et Souchier, 1979)

3.1 Les minéraux primaires

(Une dizaine de minéraux essentiels) sont, à l'origine, les minéraux constitutifs des roches magmatiques, c'est-à-dire ceux qui se sont formés lors de la cristallisation des magmas, dans des conditions de température et de pression totalement différentes de celles qui prévalent à la surface de la lithosphère. Ils sont en conséquence plus ou moins instables dans les couvertures pédologiques où l'ambiance physico-chimique est plus oxydante et le milieu plus hydraté ils peuvent alors s'y transformer en minéraux dits "secondaires", à l'issue de processus d'altération plus ou moins intenses et plus ou moins complets (Bonneau. et Souchier, 1979)

Il s'agit essentiellement de silicates et d'aluminosilicates, principaux constituants de l'écorce terrestre puisqu'ils y représentent à eux seuls près de 99 % de sa masse et de son

volume. Ce sont, en général, les plus résistants des minéraux des roches-mères, ceux qui subissent le minimum de modifications par dissolution, hydrolyse, oxydation ou réduction dans le sol. (Bonneau. et Souchier, 1979)

Le plus important est le quartz (un minéral quasi omniprésent et le plus souvent largement majoritaire dans les sols). Il faut un temps très long pour le faire disparaître des sols à cause de sa grande résistance. Les feldspaths sont également répandus dans tous les sols, ou leur abondance est fonction de la nature du matériau parent et de l'intensité de l'altération à laquelle il a été soumis. Il s'agit d'un groupe de minéraux important au point de vue pédologique car leur altération libère non seulement des éléments nutritifs essentiels pour les plantes (calcium, magnésium, potassium), mais aussi les constituants nécessaires à la néoformation de minéraux secondaires tels que les argiles (silicium et aluminium). Les micas constituent le troisième groupe par ordre d'importance, après les feldspaths et le quartz. Ils constituent dans les sols, avec les argiles qui leur sont apparentées (illites) et les feldspaths K, la principale source de potassium. Les amphiboles et les pyroxènes sont peu abondants dans les sols, cela est expliqué par leur forte altérabilité, la plupart des pyroxènes et des amphiboles. Ils constituent néanmoins une source potentielle très importante en calcium, magnésium et oligoéléments, d'où la fertilité généralement élevée des sols formés sur les roches riches en ces minéraux. On peut également trouver des minéraux altérables comme les péridots (olivines), ces derniers indiquent alors que l'on a affaire à un sol peu évolué, ou bien que l'on est près de la zone de départ. (Bonneau. et Souchier, 1979).

Les sols peuvent également contenir deux autres minéraux primaires accessoires comme l'apatite, le zircon, la tourmaline, ces minéraux sont très résistants à l'altération et se retrouvent dans la fraction sableuse des sols évolués. (Duchaufour, 1977).

3.2 Les minéraux secondaires

Sont essentiellement des phyllosilicates (minéraux argileux), des oxyhydroxydes (de fer, d'aluminium, de manganèse,...), des *carbonates* (de calcium, de magnésium), des sulfates (de calcium : gypse) et des *chlorures* (de sodium : halite).

Les minéraux argileux et les oxyhydroxydes sont les constituants caractéristiques de ce que les pédologues appellent le complexe d'altération des sols.

Les minéraux secondaires du sol sont essentiellement représentés par les minéraux argileux (argiles minéralogiques) et les formes cristallines des oxyhydroxydes de fer, d'aluminium et, dans une moindre mesure, de manganèse.

Dans certains sols, une partie ou l'intégralité des carbonates (en majorité des carbonates de calcium) peuvent également être considérés comme des minéraux secondaires lorsqu'ils sont formés par recristallisation à l'issue d'une phase préalable de dissolution de carbonates primaires. (Bonneau et Souchier, 1979)

3. 3 Les minéraux argileux

Le terme "minéraux argileux" recouvre des phyllosilicates de petite taille (microcristaux phylliteux de diamètre $< 2 \mu\text{m}$) et généralement bien cristallisés. Il s'agit de constituants typiques du complexe d'altération des sols. Le comportement physique et les principales propriétés physico-chimiques des sols sont dans une large mesure dominée par les minéraux argileux. Ce sont notamment leurs propriétés de surface qui jouent un rôle majeur au niveau des phénomènes de structuration des sols et des phénomènes d'adsorption ou de fixation des cations. (Sottiaux, 2009) (Bonneau et Souchier 1979).

4 .Les éléments nutritifs

Selon (Bertrand et Gigou, 2000) Les éléments nutritifs, sont classés du point de vue agronomique sur l'importance quantitative et leurs rôles en

- Eléments majeurs : N, P, K
- Eléments secondaires: Ca, Mg, S
- Et oligo-éléments: Fe, Z, Cu, B, Mo, Co

Considérés comme indispensables en quantité importante pour la croissance des plantes, les éléments minéraux sont limités par des quantités disponibles; leur étude dans la gestion et le maintien de la fertilité et par conséquent l'augmentation de la production grainière s'avère nécessaire.

4.1 Les éléments majeurs

4.1.1 L'azote (N)

L'azote (N) est le facteur principal de la croissance des plantes et du rendement des cultures. En effet la plupart des systèmes de cultures non légumineuses exigent l'apport d'azote, particulièrement les variétés à haut rendement. Sa déficience dans le sol devient un obstacle à la production. (Gros, 1967).

L'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. C'est le constituant numéro un des protéines, composants essentiels de la matière vivante. Il s'agit donc d'un facteur de croissance, mais aussi de qualité (teneur en protéines des céréales par exemple) (Gros, 1967).

❖ Importance de l'azote dans la nutrition des plantes

L'azote est l'un des éléments nutritifs utilisés par les plantes C'est le quatrième constituant des plantes qui est utilisé dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle.

L'azote favorise l'utilisation des hydrates de carbone, stimule le développement et l'activité racinaire, favorisant ainsi l'exportation des autres éléments minéraux et la croissance des plantes. C'est donc le pivot de la fumure Il est essentiel pour la synthèse des enzymes de la photosynthèse (Gros, 1967).

D'autres rôles lui sont attribués tels que retard de la sénescence et de la maturation il contribue souvent aussi à un affaiblissement des résistances mécaniques de la plante (verse des céréales) et leur conférer une plus grande sensibilité à certaines maladies cryptogamiques. (Bertrand *et* Gigou, 2000).

4.1.2 Le phosphore (P)

Le phosphore intervient dans les transferts énergétiques (ATP), dans la transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), la photosynthèse et la dégradation des glucides. Cet élément est essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines (Bertrand *et* Gigou, 2000).

Importance du phosphore dans la nutrition des plantes

Le phosphore (P) est un élément qui est largement distribué dans la nature. Il est considéré, avec l'azote (N) et le potassium (K), comme un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. Le phosphore a un rôle dans une série de fonctions du métabolisme de la plante et il est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux. Il a des fonctions à caractère structural dans des macromolécules telles que les acides nucléiques et des fonctions de transfert d'énergie dans des voies métaboliques de biosynthèse et de dégradation, à la différence du nitrate et du sulfate, le phosphore n'est pas réduit dans les plantes mais reste sous sa forme oxydée la plus élevée (Bertrand *et* Gigou, 2000).

4.1.3 Le potassium (K)

Le potassium est mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). (Bertrand, *et* Gigou, 2000).

❖ Importance du potassium dans la nutrition des plantes

Le potassium est l'élément nutritif absorbé en plus grandes quantités que tous les autres éléments minéraux. Il y a dans les sols, une quantité abondante de K. Malheureusement, la portion assimilable par la plante est minime. A l'intérieur du sol, le K est disponible sous formes qu'on peut répartir en trois catégories : relativement indisponible, lentement disponible et facilement disponible. (Achille 2006).

C'est lui qui permet à la plante d'assimiler les autres constituants et favorise les réserves de la plante au niveau des racines et des fruits tout en améliorant le goût. Il est bénéfique en fin de saison pour permettre aux plantes d'affronter l'hiver. On le trouve principalement dans la cendre. Selon (Achille 2006).

4.2 Les éléments secondaires (Ca, Mg, S)

4.2.1 Le calcium (Ca)

Toutes les plantes ont besoin de calcium pour la formation des parois cellulaires, le déplacement des sucres, la formation des poils absorbants sur leurs racines, la neutralité des poisons qu'elles pourraient produire, l'amélioration de leur vigueur en général et la qualité des tissus végétaux (Achille, 2006). Il est indispensable pour la croissance des racines et est tant que constituant des matériaux de la membrane cellulaires.

4.2.2 Le magnésium (Mg)

La concentration de magnésium dans le sol peut varier de 0,05 % à 1,34 % (Achille, 2006). En effet mesure que la concentration de magnésium décroît dans la solution du sol, le magnésium qui est attaché aux sites d'échange des particules de sol est libéré pour rétablir cet équilibre entre la solution du sol et les sites d'échange du sol. C'est le constituant central de la chlorophylle. Il participe aussi à des réactions enzymatiques liées au transfert d'énergie.

4.2.3 Le soufre (S)

Le soufre se trouve dans le sol sous différentes formes, organiques et inorganiques. C'est la matière organique qui contient la plus abondante réserve de soufre (Achille, 2006)

Ce soufre peut être assimilé par les plantes lorsque la matière organique se dégrade. Quand elle est dégradée, les plantes absorbent le soufre sous forme de SO_4^{2-} à partir de la solution du sol. Il est le constituant essentiel des porteurs intervenant dans la formation de la chlorophylle. (Achille, 2006)

5. La matière organique

Le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. (Parent, et Gagné. 2010).

Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols. Elles se répartissent en trois groupes

- (1) les Matières Organiques Vivantes (MOV), animale, végétale, fongique et microbienne, englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...)

- (2) les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «Matières Organiques fraîches ». Associés aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires (évolution de la matière organique fraîche), elles composent les MO facilement décomposables. (Parent, *et* Gagné. 2010)
- (3) des composés organiques stabilisés « MO stable » les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total. (Parent, *et* Gagné. 2010) (Culman. 2014)

5.1 Rôles des matières organiques du sol (Duprarque, Rigalle, 2011)

Le Complexe Argilo-Humique (CAH) est le relais entre les MO du sol et la plante.

Le Complexe Argilo-Humique et capacité d'échange en cations L'humus et l'argile sont associés en un complexe : le Complexe Argilo-Humique.

L'humus protège l'argile : en retenant l'eau, il évite sa dispersion. L'argile protège l'humus de l'action des micro-organismes en ralentissant sa minéralisation. Le tout forme un colloïde qui permet de stabiliser un sol. Argile et humus sont reliés entre eux par des cations comme le Ca^{2+} et le Fe^{2+} ou Fe^{3+} . Tous les cations n'ont pas le même pouvoir flocculant: $\text{Ca}^{2+} > \text{H}^{+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+}$.

Ainsi, parce qu'il fixe les cations, le CAH est le garde-manger de la plante. (Duprarque, Rigalle, 2011)

5.1.1 Le pouvoir adsorbant des colloïdes L'absorption

Est la rétention de composants à la surface d'autres composés sans liaison. Le CAH, chargé négativement sur sa surface peut axer les cations du sol. (Duprarque, Rigalle, 2011)

5.2.2 La Capacité d'Echange en Cations

La Capacité d'Echange en Cations (CEC) est la quantité maximale de cations qu'un poids déterminé de sol peut retenir. Elle joue un rôle fondamental pour l'alimentation en éléments minéraux de la plante. La CEC dépend essentiellement du CAH du sol. La CEC sera élevée pour des sols argileux et/ou humifères et très basse pour des sols

sableux. L'apport de MO dans un sol sableux a pour but d'augmenter cette CEC. L'apport de matière organique dans un sol argileux vise à stabiliser les argiles, limiter le lessivage et augmenter la CEC. (Duchaufour, 1984)

5.2 L'évolution des MO dans le sol

L'évolution des MO dans le sol Les MO du sol évoluent sous l'incidence de divers processus physiques, chimiques ou biologiques. Le processus physique correspond à la séquestration du carbone qui est alors inaccessible par les microorganismes. Les transformations des matières organiques se réalisent essentiellement par les processus de recombinaison (humification) et de dégradation (minéralisation) (Inra, 2009)

5.2.1 L'Humification

La formation des produits stables « formation de l'humus, ou humification » consiste en des recombinaisons et polymérisations de molécules organiques plus ou moins complexes. La nature biochimique des MO apportées au sol détermine le processus d'humification. Une des caractéristiques importantes de ce processus est l'incorporation d'azote (N) dans les macromolécules humiques, conduisant à un stockage de l'azote sous forme organique dans le sol. Tout en partant des mêmes éléments précurseurs, la qualité des humus produits dépendra des conditions physico-chimiques qui règnent dans le sol. Le pH, la teneur en oxygène, la teneur en bases échangeables, en cations seront déterminants. (Duchaufour, 1984)

5.2.2 La Minéralisation

C'est le passage du monde organique au monde minéral. Ce processus se déroule en plusieurs étapes

La minéralisation primaire qui concerne les matières organiques jeunes et la minéralisation secondaire ou minéralisation des produits stables communément appelé « minéralisation de l'humus » (Duchaufour, 1984)

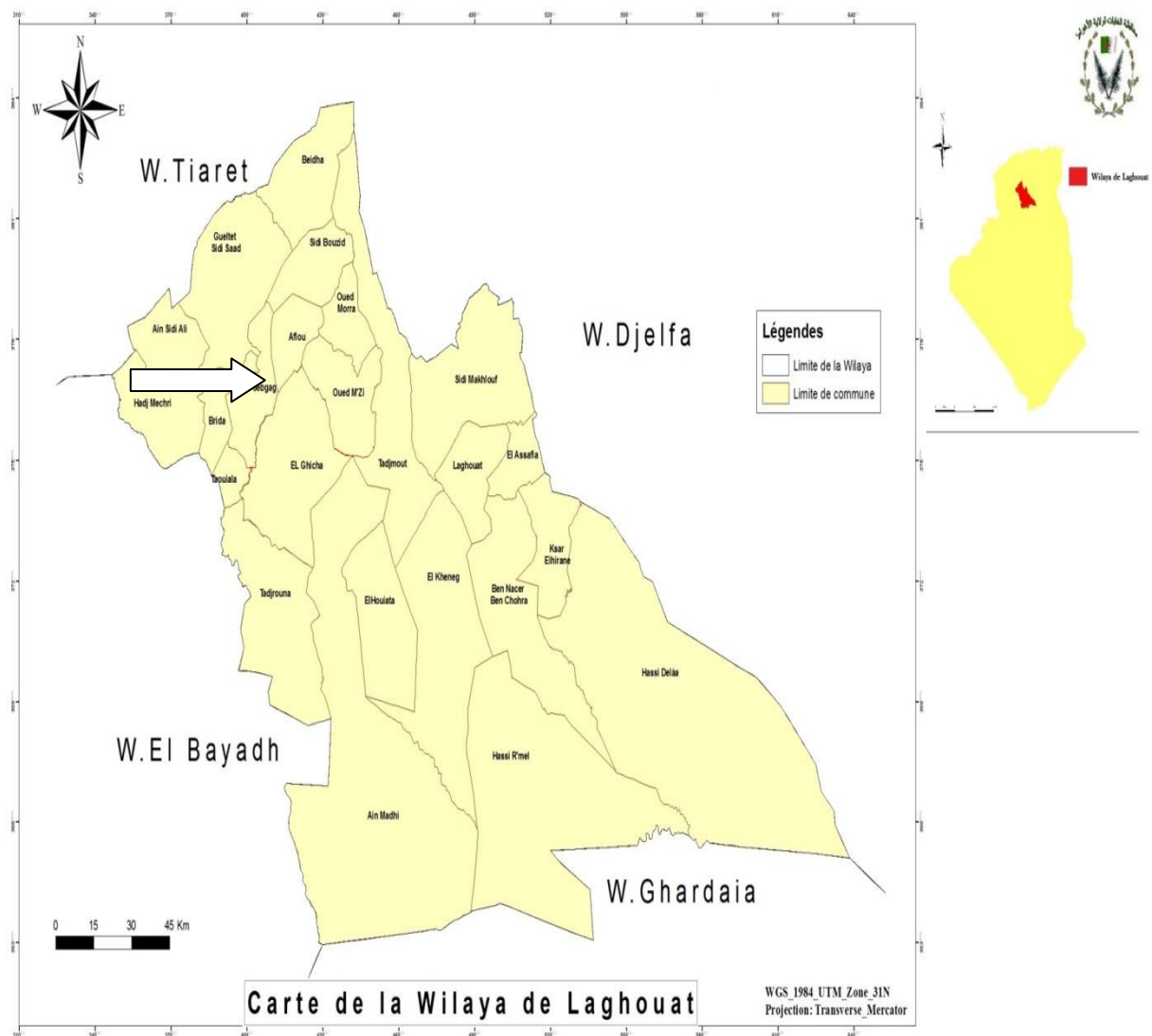
- ❖ La minéralisation primaire M1 est un processus assez rapide. Il aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisations successives des matières organiques. Parmi ces substances, on trouve : l'eau, le CO₂, l'azote nitrique, les phosphates et sulfates, etc... Cette phase se déroule essentiellement sous l'action de la faune du sol et des microbes (champignons et

bactéries). Ces matières minérales peuvent être assimilées par les plantes, adsorbées sur le complexe argilo-humique, perdues par lessivage ou reprise par certains microbes pour la synthèse de l'humine microbienne.

- ❖ La minéralisation secondaire M2 est au contraire un processus très lent, à raison de 2 – 3 % par an. Elle affecte l'humus formé depuis de nombreuses années et libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs considérables qui sont mis à disposition des plantes. (Duchaufour, 1984).

1. Présentation de la région d'étude

La région de Laghouat est située à 400 km au Sud de la capitale Alger, située à plus de 750 mètres d'altitude sur les hauts plateaux, la région de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien avec des sommets qui dépassent les 2000 mètres ("Djebel, Amour" 2200 mètres) situé à 100 km au Nord-Ouest de Laghouat (A.N.I.R.E.F, 2011). La région s'étend sur une superficie de 27560 km², d'une latitude Nord 33°48' et longitude Est de : 02°35', elle est limitée par quatre Wilayas au Nord : Tiaret, au Sud : Ghardaïa, à l'Est : Djelfa à l'Ouest El-Bayadh (D.P.S.P, 2011) (Figure 5).



Source : CDF Laghouat (2020).

Figure 5. Situation géographique de la région de Laghouat

2. La population

La commune de Laghouat est la plus densément peuplée avec 168 184 habitants, soit 420,46 habitants au Km², elle représente 31,15% de la population totale de la région. La population dans la commune d'El Kheneg est estimée de 13 367 hab, quant la population dans la commune de Ksar El Hirane est autour de 27 620 hab (DPSB, 2018).

3. L'emploi

D'après DPSB (2018), la région de Laghouat comptait au 31/12/2017 une population totale de 661 700 habitants, la population active est de 173.842 dont 156.016 occupée, répartie entre cinq secteurs importants :

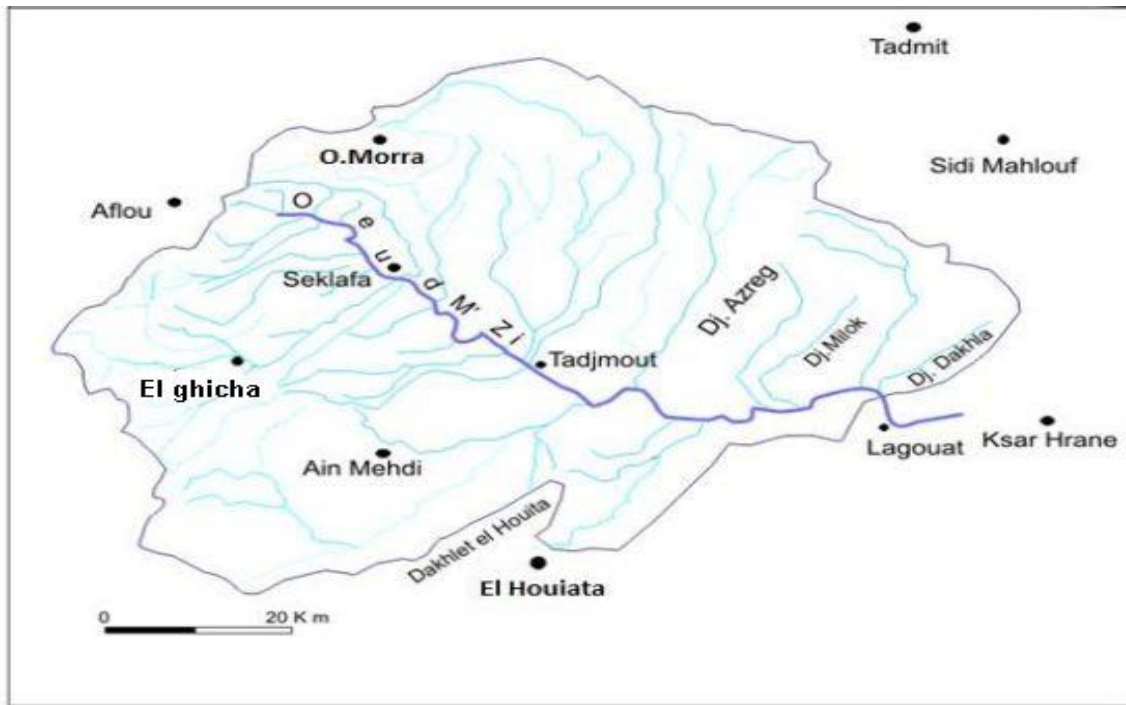
- Agriculture : 34.890, soit 22.42 % ;
- B.T.P : 40.180, soit 25 % ;
- Industrie : 20.100, soit 12.88% ;
- Administration : 16.420, soit 10.52% ;
- Services (Transport, Commerces...) : 44.336, soit 28.42 %.

Le secteur agricole est le troisième secteur pourvoyeur d'emploi dans la région de Laghouat, après celui des services et le BTP.

❖ La région d'El Gheicha se situe au cœur de la chaîne montagneuse des Amours de l'Atlas Saharien dans les coordonnées de 33°59'51" 2°21'33" E et par une altitude entre 1100 à 1300m. Elle est délimitée:

- au nord, par les communes d'Aflou et de Sebgag.
- à l'est, par les communes d'Oued Morra et d'Oued M'zi.
- au sud, par les communes d'Ain Madhi et de Tadjrouna.
- à l'ouest, par la commune de Taouila.

❖ Pour cela la station climatique la plus proche de notre région El Gheicha est la station d'Aflou.



Source : Aissaoui (2016)

Figure 6. Situation géographique de la région d'El Gheicha par rapport Aflou/Oued M'zi/Laghouat

4. Caractérisation climatique

Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du sud en passant par le climat des montagnes, des hauts plateaux, il est nécessaire de pouvoir préciser le type climatique du secteur que l'on étudie. Notre région d'étude, sur le plan météorologique, constitue une zone de transition entre plusieurs phénomènes climatiques, notamment, le passage du régime climatique méditerranéen au climat saharien caractérisé par des influences desséchantes qui règnent, pendant une partie de l'année, sur le Sahara Septentrional.

Décollant du relief, le climat est de type continental au Nord-Ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable (DPSB, 2011).

Les végétaux sont parmi les êtres vivants qui ne peuvent se soustraire à l'action directe du climat. Chaque espèce végétale doit vivre entre les limites extrêmes des valeurs des

différents facteurs climatiques, hors desquels son existence et son développement n'est pas possible (Parde, 1974 In M'hérite et al, 1995).

Le climat intervient dans la répartition des végétaux, la quantité et la composition de la lumière reçue par les végétaux règlent l'activité de la fonction chlorophyllienne ; la température, l'humidité, les précipitations jouent un rôle essentiel sur leur croissance et sur le développement. Le vent intervient dans la dissémination du pollen et des graines. À des conditions qui s'écartent des conditions optimales, les végétaux s'adaptent dans une certaine mesure (M'hérite et al, 1995).

La connaissance des conditions climatiques dans la gestion et la conservation des ressources naturelles en général est fondamentale (M'hérite et al, 1995).

Le climat des Hauts Plateaux Centre (dont la région de Laghouat fait partie) est conditionné par plusieurs facteurs :

- l'altitude comme indiquée précédemment qui apporte des températures froides en hiver et chaudes en été en raison d'un fort ensoleillement ;
- la localisation géographique à l'intérieur des terres soit à environ 300km de la mer en ligne droite pour Laghouat donc un effet très faible de l'influence méditerranéenne ;
- les faibles précipitations qui résultent de l'effet de barrière que constitue l'Atlas Tellien et qui tombent en hiver dans l'Atlas Saharien sous forme de neige (MATE, 2006).

La présente étude présente un bref aperçu sur les particularités du climat de la région de Laghouat.

Tableau 4. Coordonnées de la station pluviométrique.

Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Localisation	Nb d'observation
Aflou	34°6'46" N	2°6'8"E	1406	Aflou	10 ans

Source : ONM (2019)

4.1. La pluviométrie

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).

La pluviométrie est l'élément climatique le plus important compte tenu de sa très grande variabilité spatio-temporelle. L'étude de sa variabilité moyenne annuelle a été effectuée sur 10 ans.

Les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous sont pour la période (2008-2018)

Tableau 5. Précipitations moyennes mensuelles (mm) (2008-2018).

Stations/Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc
Aflou	33,4	28	21,1	29,8	36,3	12	11,5	8,3	33,6	15,5	25,6	17,7

Source : ONM, (2019)

D'après le tableau 5, on remarque que le mois de septembre c'est le mois le plus pluvial par contre le mois de février c'est le mois le plus sec.

4.2. La température

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).

Le tableau suivant indique la variation des températures min et max dans la période (2008-2018)

Tableau 6. Variation des températures dans la période (2008-2018).

		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aût	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Aflou	Max	9,1	11	14,6	17,9	22,8	29,3	33,8	32,3	26,6	20,7	13,7	9,3	20,1
	Min	-5,8	-3,6	-1,8	0,8	4,7	10,2	13,8	12,9	8,6	4,6	-1,5	-3,6	3,3
	Moy	1,7	3,7	6,4	9,3	13,8	19,7	23,8	22,6	17,6	12,7	6,1	2,8	11,7
	M-m	14,9	14,6	16,4	17,1	18,1	19,1	20	19,4	18	16,1	15,2	13	16,8

Source : ONM, (2019)

D'après le tableau 6, nous remarquons que le maximum des températures a été enregistré durant le mois de juillet (23,8 °c) et le minimum enregistré durant le mois de janvier (1,7°c).

Le tableau signale que les températures moyennes mensuelles sont maximales au cours de la période de juin à septembre (saison chaude) pour la station d'Aflou

A Aflou huit (08) mois sont octroyés à la période froide (octobre à mai), et atteint -5.8°C à janvier.

A ce propos les steppes algériennes sont encadrées par les isothermes 'm' -2°C et 6°C . Ces basses températures expliquent l'absence de certaines espèces dont la vie est liée aux hivers tempérés (Benabadji et Bouazza, 2000).

L'amplitude thermique extrême moyenne M-m ou l'indice des écarts thermiques mensuels, appelé également l'indice de continentalité est très important en climatologie. Permet de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée.

La classification thermique des climats proposée est basée sur cette amplitude (Nasr., et al, 2000) :

- ✓ Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$

Cet indice permet de situer notre région d'étude dans trois (03) climats :

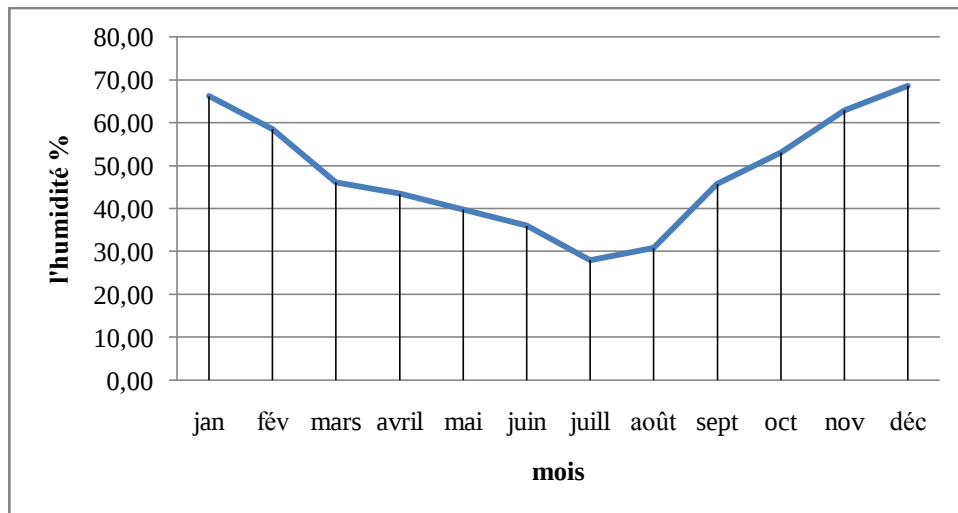
- ♣ Aflou : $M-m = 16,8$. Climat littoral.

4.3. 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 cryptogamiques (Prevost, 1999).



Source : ONM, (2019)

Figure 7. L'humidité de l'air dans la période (2008-2018)

D'après la figure ci-dessus on remarque le pic de l'humidité est enregistré durant le mois de décembre et le mois de janvier avec un moyen de 68%, l'humidité est restée entre 27% et 40% durant l'été.

5. Synthèse climatique

5.1. 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). (P Aflou =272.8 mm)

T : température moyenne annuelle en degré Celsius. (T Aflou =12.65 °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 Aflou a révélé une valeur de 12.04 qui permet de classer la région dans un climat sec.

5.2. Climagramme d'Emberger

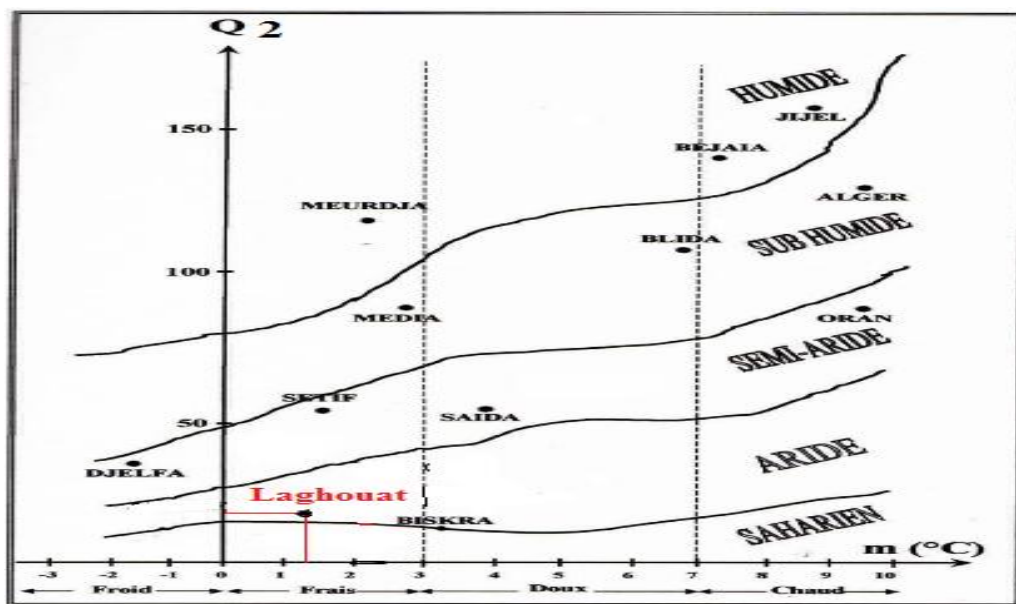
Le climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région, il est représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid, et en ordonnée par le quotient pluviométrique Q2 d'Emberger (Emberger, 1950).

Le quotient pluviométrique Q2 est calculé pour une moyenne de 12 ans allant de 2004 jusqu'à 2015 par la formule modifiée de Stewart, 1969 :

$$Q2 = 3.43 \times P / (M - m).$$

Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger (représente la première coordonnée sur le climagramme). **P** : pluviosité annuelle (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 8, La station d'**Aflou** se situe sous un **étage bioclimatique semi-aride à hiver très froid**, d'où la valeur calculée de $Q_2 (2002/2012) = 23.63$ (avec $m = -5.8^\circ\text{C}$, $M = 33.8^\circ\text{C}$ et $P = 272.8\text{mm}$).



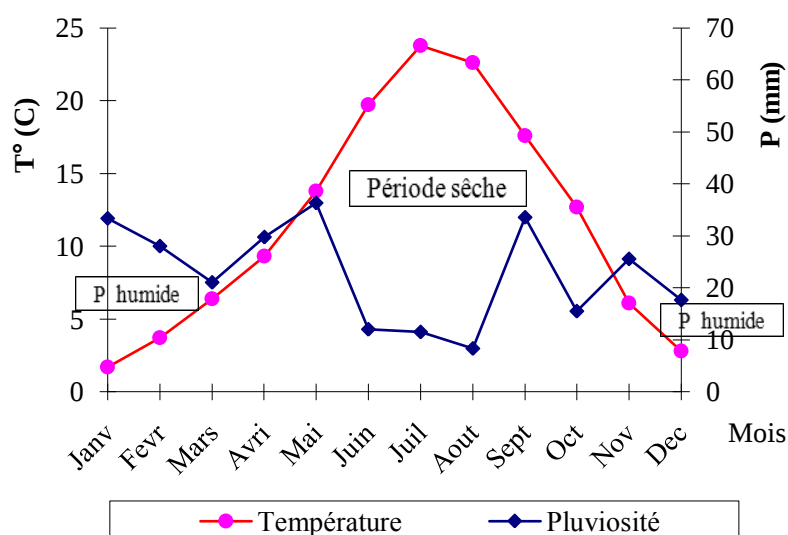
Source : Emberger (1950)

Figure 8. Climagramme pluviométrique d'Emberger.

5.3. 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, Gaussen 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 $P > T$ (Mahi, 2014).



Source : ONM (2019).

Figure 9. Diagramme ombrothermique de la station d'Aflou.

Nous avons établi le diagramme Ombrothermique pour la station étudiée pour la période 2008 à 2018.

Comme la montre la figure 9 la zone étudiée caractérisée par une saison sèche qui s'étend sur six (06) mois pour la zone d'Aflou.

6. Le relief

Les pentes :

Tableau 7. Le degré de la pente de la région étudiée par rapport la superficie.

Pentes	0-3%	3 -12%	12.5 – 25%	> 25%	Total (ha)
Superficie	20317,59	75945,11	17518,02	1180,94	114961,67
%	17,67	66,06	15,24	1,03	100

Source : HCDS-BNEDER-2007

La commune présente une topographie plane, ce qui ne constitue pas une contrainte pour l'érosion. En effet, 66% des terres se trouvent dans la classe des pentes inférieure à 12%.

7. L'altitude

Deux classes modérées d'altitude se distinguent au niveau de la commune. Celles inférieures à 600m qui représente 49,05% des terres et celles comprises entre 600 et 800 m qui constituent 50.95% des terres.

8. Les caractéristiques édaphiques

a. La lithologie :

Tableau 8. Le type de lithologie de la région étudiée par rapport la superficie.

Substrat	Sup. (ha)
1Rc	8936,06
2rc	1609,23
3rC	12842,47
R C+o a	11994,90
R c+R g	25306,45
R g+R c	54127,73
Total	114816,83

Source : HCDS-BNEDER-2007

b. L'érosion :

Tableau 9. Le type d'érosion de la région étudiée par rapport la superficie.

Type	Sup. (ha)
I	1690,51
MS	1958,62
S	111166,41
Total	114815,55

Source: HCDS-BNEDER (2007).

Chapitre 3. Méthodologie du travail

Après l'installation de notre idée et objective du notre étude, on a démarchée par ;

1. sortie sur terrain

Sortie de prospection et de prendre des échantillons du sol aux écosystèmes forestiers d'El Gheicha, cette région qui étend de la ville du Laghouat environ de 80 km de la direction nord-ouest.

Lorsque on a arrivée a notre destination on faire prospection du milieu pour comprendre le system du milieux et choix d une versant homogène pour faire l'opération de l'échantillonnage du sol.

Après le choix du bon sujet représentatif pour la région (versant homogène)

On à Devisée le versant a 4 niveaux de façon verticale, bas versant, pied versant, mi-versant, et haut versant.

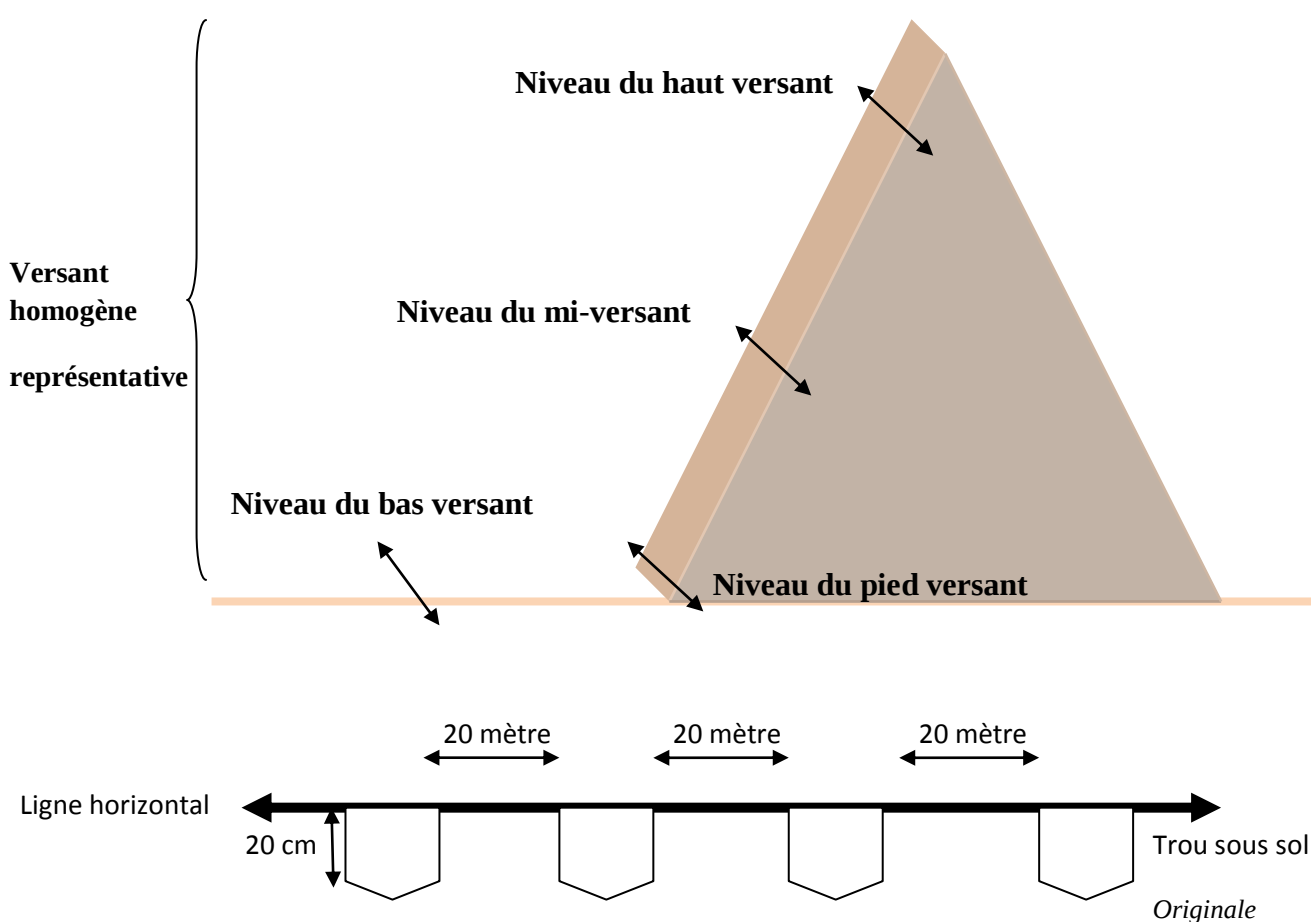


Figure 10. Schéma représentative de la méthode de l'échantillonnage du sol.

Dans chaque niveau, on a creusé 4 trous de 20 cm de profondeur avec distance horizontal entre chaque trou de 20m

On a prendre une quantité du sol de chaque trou de même niveau et faire une mélange du sol de chaque niveau particulièrement

Marquage et conservation de cette échantillons pour l analyse au laboratoire

2. l'analyse au laboratoire

Après le prévenu des outils de labo, on a commencé les opérations de l'analyse de l'échantillon selon les paramètres qui en vont les traites

A. Analyse granulométrique du sol par tamisage

On prenait et pesé 10g du sol du chaque échantillon et mettre la dans la machine du tamisage contient des tamis de ... et lance la machine pour tamisé l'échantillon pendant 1 minute, ensuite en pesé chaque échantillons du sol dans chaque tamis et déduire les résultats dans leur tableau.

La répartition des diamètres d'après Atterberg est la suivante : Argiles $d < 0.002$ mm

Limons fins $0.002 < d < 0.02$ mm Limons grossiers $0.02 < d < 0.05$ mm

Sables fins $0.05 < d < 0.02$ mm Sables grossiers $0.02 < d < 2$ mm

B. Le paramètre d'hygroscopie du sol

Conformément à la norme internationale ISO 16586 (Meynard et al, 1997), on a préparés des 4 capsules en on aluminium et marquée chaque capsule pour un niveau particulière et puis pesée les capsule vide et en suite mètre leur poids a zéro et commence d'ajout l'échantillon du sol lorsque en atteindre le 10g.

Donc on cette point on a 4 capsules contient 10g du sol de chaque niveau, on passe cette échantillons au séchage pour 24h a température de 105°C au four.

Après le séchage on pesé les capsules et mètre les résultats obtenu dans le tableau de cette paramètre.

C. Le paramètre de la potentialité d'hydrogène (pH) du sol

On a commence de prélevé et pesé 5g du sol de chaque niveau par la balance et puis mètre chacun échenillant dans une erlenmeyer.

Et puis on a ajout 12.5ml de l'eau distillée, après de préparé les 4 échantillons dans les erlenmeyers on mètre cette erlenmeyers dans l'appareille du shaker pour 30 min au but de mélangé la solution.

Après de mélangé les solutions on filtre cette solutions par papier filtre et entonnoir dans des béchers, et puis commence la lecture du pH du chaque solution par le pH mètre et déduire les résultats dans le tableau de cette paramètre.

D. Le paramètre de la conductivité électrique du sol

On a commence de prélevé et pesé 5g du sol de chaque niveau par la balance et puis mètre chacun échenillant dans une erlenmeyer.

Et puis on a ajout 25 ml de l'eau distillée, après de préparé les 4 échantillons dans les erlenmeyers on mètre cette erlenmeyers dans l'appareille du shaker pour 30 min au but de mélangé la solution.

Après de mélangé les solutions on filtre cette solutions par papier filtre et entonnoir dans des béchers, et puis commence la lecture de la conductivité du chaque solution par le conductimètre et déduire les résultats dans le tableau de cette paramètre.

E. La mesure du Sodium (Na), le Potassium (K) et le phosphore (P)

1^{er} étape :

On a pesé 5g du sol de chaque échantillon (chaque niveau) avec leurs répétitions et mélangé chaque échantillon avec 50ml de l'eau distille dans les erlenmeyers, et puis pose cette solution dans l'agitateur magnétique pendant 30min pour assure l'assourdissement du sol avec l'eau.

Après l'agitation on a passe pour filtre les solutions par le papier filtre et les entonnoirs dans les erlenmeyers, et on conserve les solutions filtré dans les tubes a essai pour la mesures du Sodium (Na), le Potassium (K) et le phosphore (P).

2eme étape :

Après le terminera de la préparation des solutions, on passe les tubes préparée les un après un au spectre a flamme réglé pour mesuré le Sodium (Na) de la solution et faire la lecture du mesure au l afficheur du spectre, après de terminé le mesure du Sodium (Na) de chaque solution avec leur répétition on réglé le spectre au mesures du Potassium (K) et on faire la lecture et déduire les résultats dans leur tableau.

Après la mesure du Sodium (Na) et le Potassium (K) on passe à la mesure de phosphore (P) par la préparation du réactif du sulfo molybdique.

On a pesé 5g du molybdate d'aluminium et mélangé avec 60ml du l'eau distillée au bécher de 100ml et on ajoute 15ml d'acide sulfurique et complété le volume par l'eau distillée jusqu'à 100ml.

La mesure du phosphore (P) faite par la prendre de 1ml du réactif sulfo molybdique avec 1ml de la solution filtrée dans une cuve et mettre la cuve dans la photo spectromètre pour la lecture du phosphore (P) de la solution et passe l'opération pour toutes les solutions avec leurs répétitions et déduire le résultat dans leur tableau.

F. La mesure du taux de la matière organique

On a prenait des gobelets et pesé la par la balance et marque la et déduire leur poids un par un, et puis mettre leur poids a zéro et ajout l'échantillon du sol avec la mesure du poids du sol posé dans chaque gobelet.

Après le pesage de toutes les échantillons on a mètres les on ordonné dans un four à moufle pendant 5 heures a température de 550 degrés celsuse, ensuit on a pesé leurs poids final et déduire leurs résultats dans leur tableau.

G. Calcaire total ($CaCO_3$)

Il a été déterminé par calcimétrie volumétrique à l'aide d'un calcimètre de Bernard, on utilisant la propriété du carbonate de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide chlorhydrique (HCl), en eau et gaz carbonique, ce dernier est recueilli, dans un tube gradué en millilitres (Aubert, 1978).

Chapitre 4. Résultat et discussions

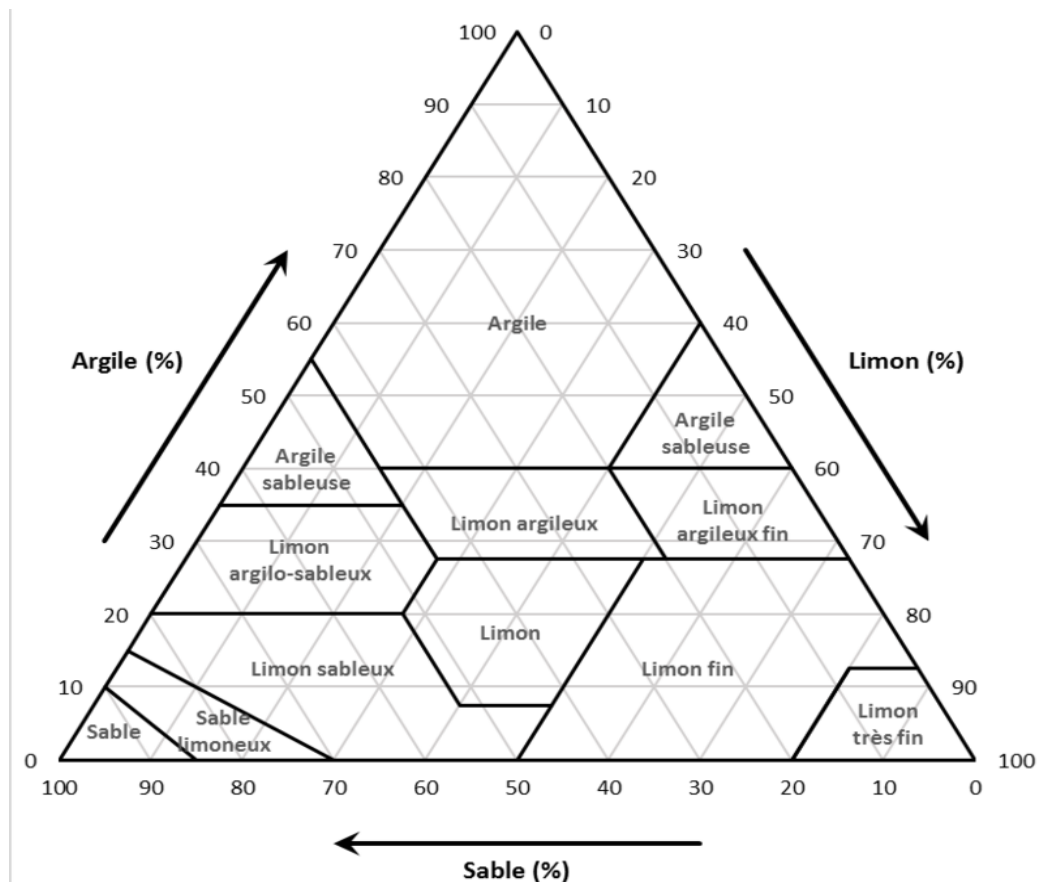
1. la granulométrie

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat.

Tableau 10. Résultats des analyses granulométriques des différents échantillons.

Granulométrie/niveau d'échantillonnage	< 20 Um Argile %	20-50 Um Limon %	50-2 mm Sable %
Bas versant	0.18	0.26	99.56
Pied versant	0.21	2.44	97.35
Mi-versant	0.45	0.13	99.42
Haut versant	0.24	2.94	96.82

Celons la classification adoptée par le département de l'Agriculture américain (USDA) figure 11



Source : USDA (2005)

Figure 11. La classification triangulaire de la texture du sol.

Et celons les résultats du 96.82 %, 99.42%, 97.35% et 99.56% du Sable obtenu. On peut dire que les sols de la région est de texture sableux et à un pouvoir fixateur presque nul du fait de sa forte perméabilité et de l'absence d'un complexe argilo-humique.

2. L'humidité hygroscopique

Elle indique en pourcentage la quantité d'eau retenue par la terre séchée à l'air libre (Aubert, 1978).

Tableau 11. Résultats du l'humidité hygroscopique des différents échantillons.

L'humidité /niveau d'échantillonnage	Le moyen de l'humidité %
Bas versant	4.4
Pied versant	4.6
Mi-versant	4
Haut versant	3.5

Et puis on a la figure 12

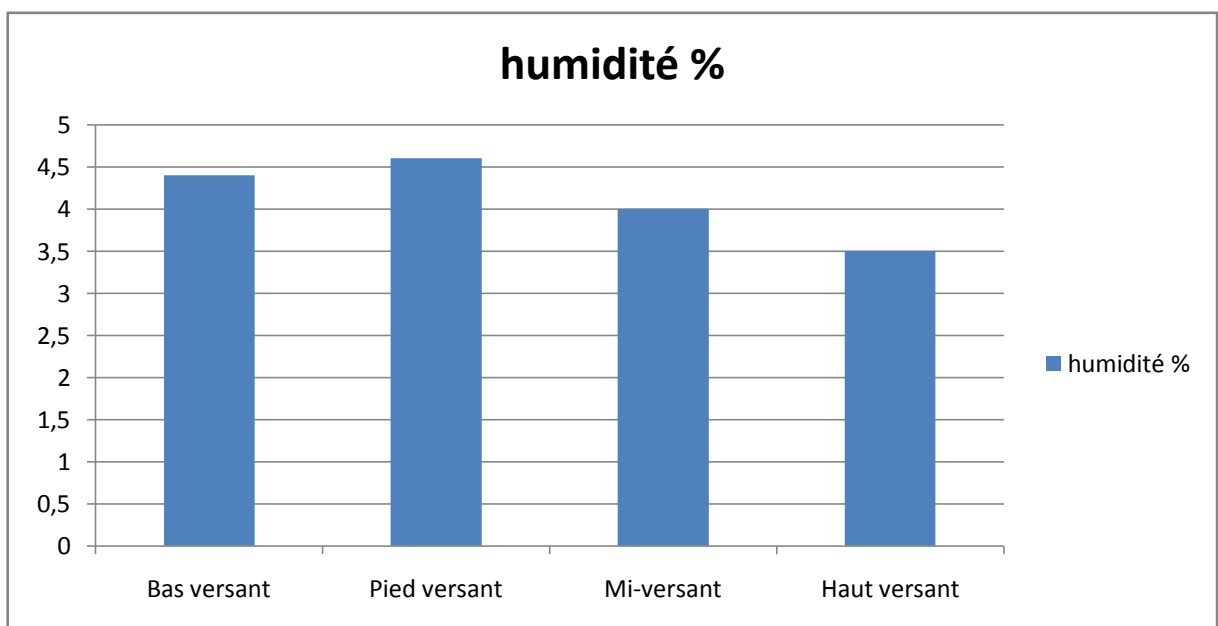


Figure 12. Histogramme du l'humidité hygroscopique des différents échantillons.

On peut dire que les résultats d'humidité du notre sol 4.6 % maximal réfère par une faible Capacité de rétention en eau due a la texture sableux et le manque d'argile.

3. Le pH

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 on a les résultats suivants.

Tableau 12. Résultats du pH du sol des différents échantillons.

le pH /niveau d'échantillonnage	Le moyen du pH
Bas versant	7.90
Pied versant	7.18
Mi-versant	7.44
Haut versant	7.82

Et puis on a la figure 13.

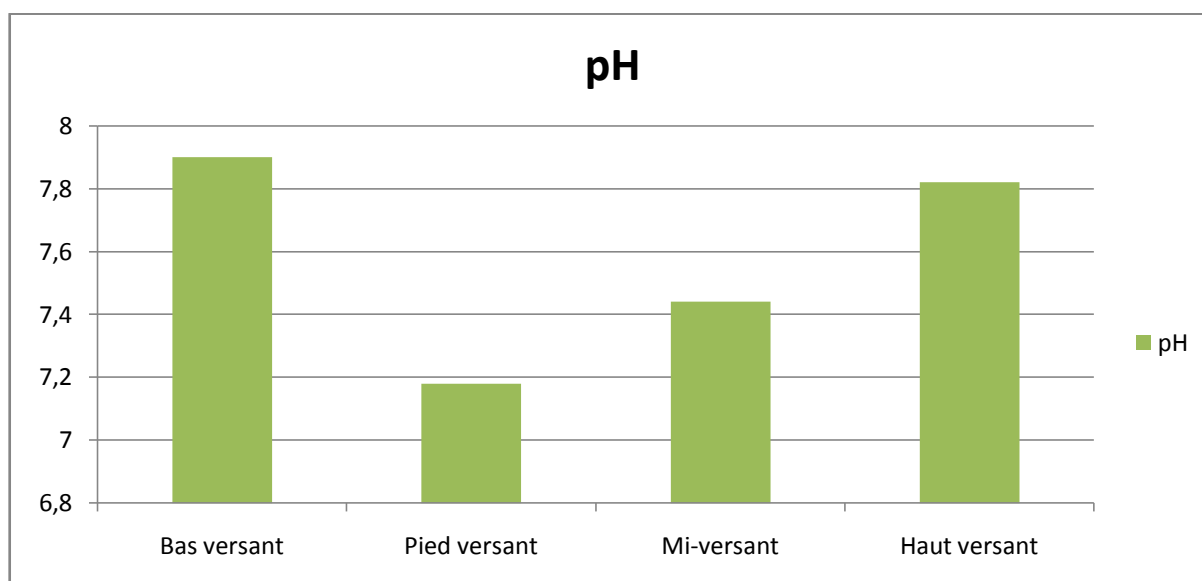


Figure 13. Histogramme du pH des différents échantillons.

Celons les résultats prévus et les normes d'interprétation du statut acido-basique des sols

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).

Le pH de notre sol est estimé à 7.82, 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).

4. La conductivité électrique

La conductivité est en fonction de la concentration de sels dissous dans la solution du sol, et la mesure de la CE est très important pour connaître l'adaptation du sol a la culture (COUTINET, 1965).

Tableau 13. Résultats du La conductivité électrique des différents échantillons.

La conductivité électrique /niveau d'échantillonnage	La conductivité électrique μS
Bas versant	218
Pied versant	1895
Mi-versant	690.5
Haut versant	166.5

On a obtenu

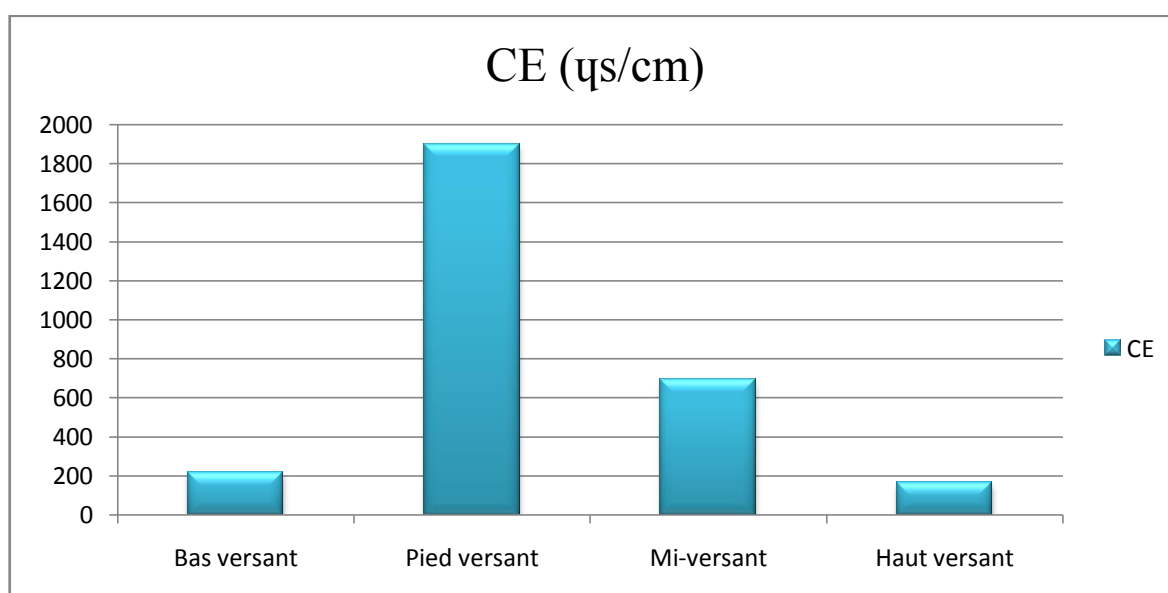


Figure 14. Histogramme du La conductivité électrique des différents échantillons.

5. Les sels minéraux présents dans le sol.

L'analyse des principaux éléments minéraux Sodium, Potassium et Phosphore on a obtenu

Tableau 14. Résultats des principaux éléments minéraux (N.P.K) des différents échantillons.

Les sels minéraux /niveau d'échantillonnage	P	Na	K
Bas versant	0,05	10	5
	0,023	10	5
Pied versant	0,031	2	4
	0,056	2	4
Mi-versant	0,064	2	9
	0,025	2	9
Haut versant	0,034	6	6
	0,05	6	6

Par ces résultats des sels minéraux présents dans le sol on obtenu

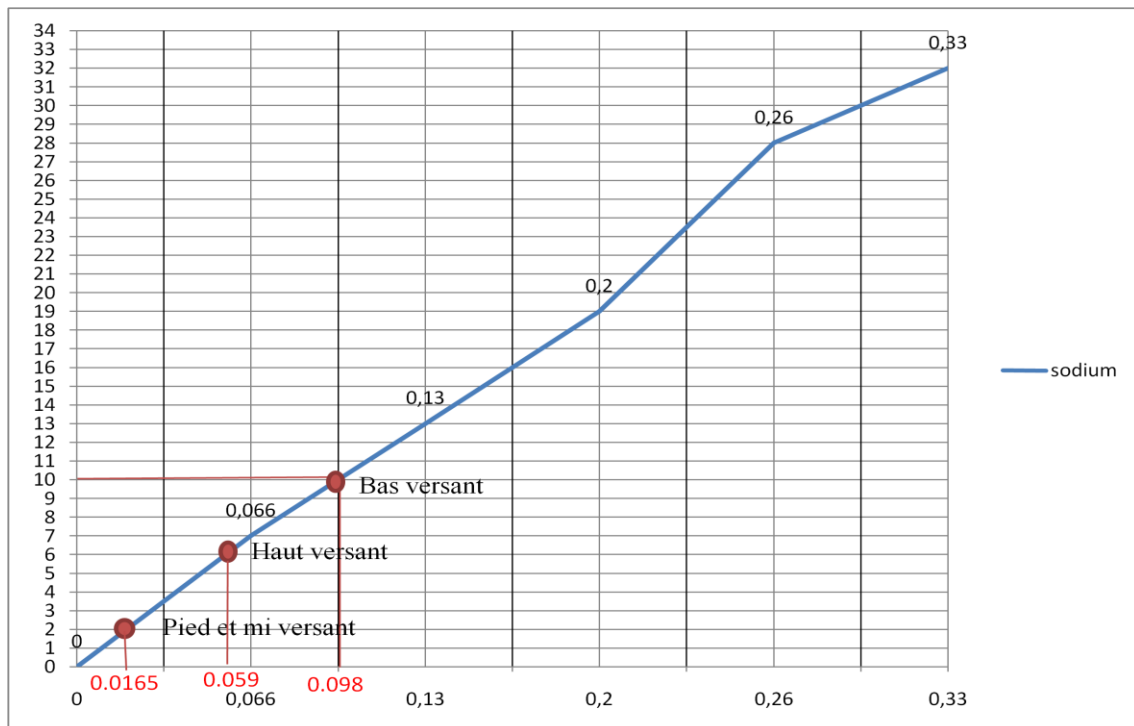


Figure 15. La projection du résultat du Sodium du sol sur la courbe d'étalonnage du Sodium

Et puis on a la figure 16

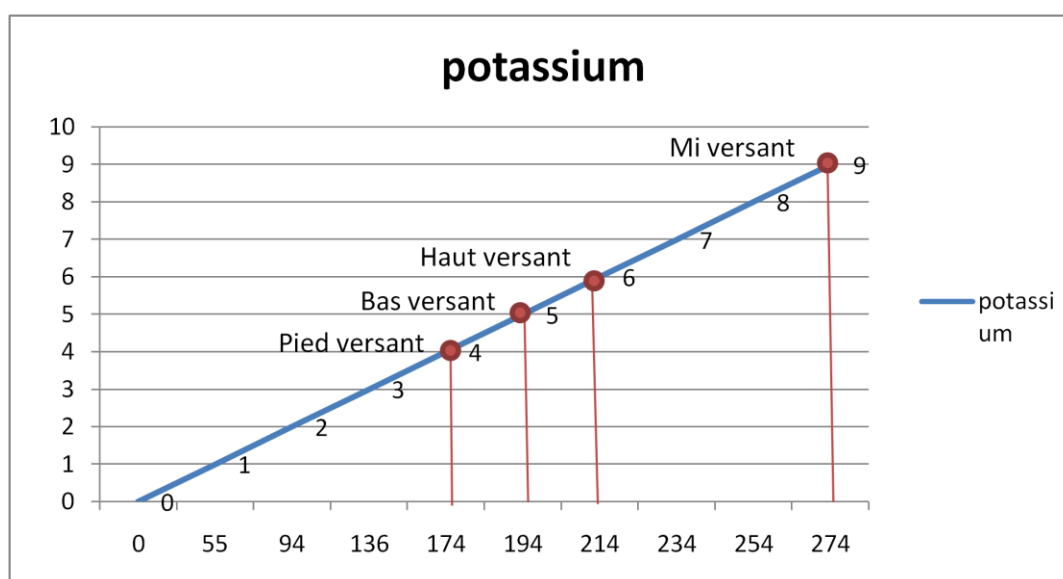


Figure 16. La projection du résultat du Potassium du sol sur la courbe d'étalonnage du Potassium
Et finalement la figure 17

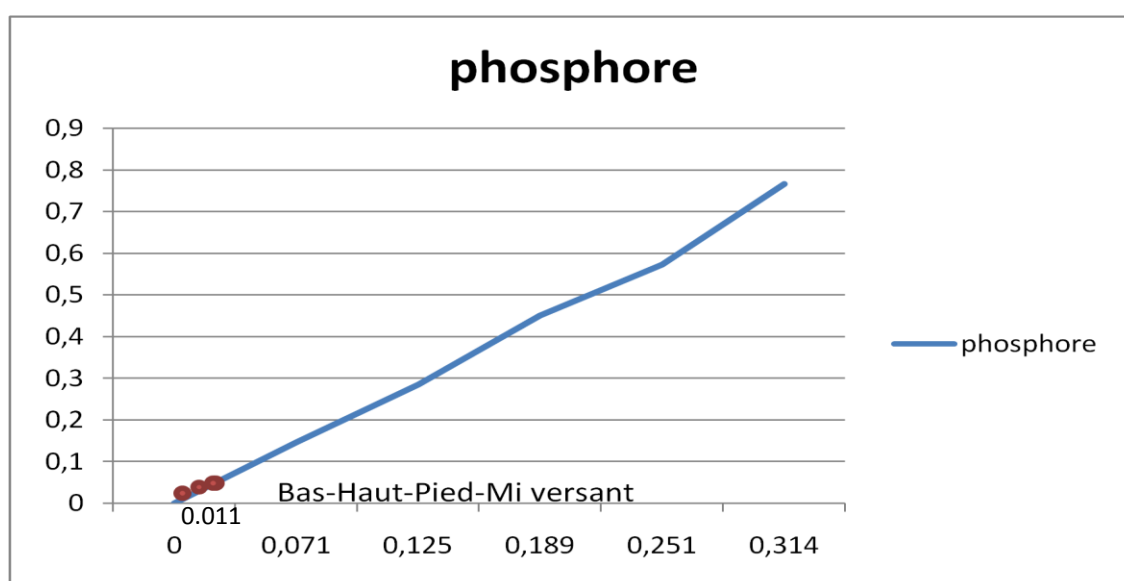


Figure 17. La projection du résultat du Phosphore du sol sur la courbe d'étalonnage du Phosphore

La salinité a un effet sur les propriétés 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).

Pour la conductivité électrique, elle est de l'ordre de 0.18 mmhos/ cm ce qui est considéré comme un sol non salin. D'ailleurs, ce qui explique la présence de nombreuses touffe d'Alfa au niveau de notre zone d'étude.

D'après Pouget (1977), la salinité des sols est faible au niveau des dayas et cuvettes de décantation (cas de notre exploitation agricole), 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.

6. 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.

Tableau 15. Résultats du taux de la matière organique des différents échantillons.

MO% / niveau d'échantillonnage	La matière organique %
Bas versant	0.53
Pied versant	0.59
Mi-versant	0.55
Haut versant	1.31

On a la figure 18.

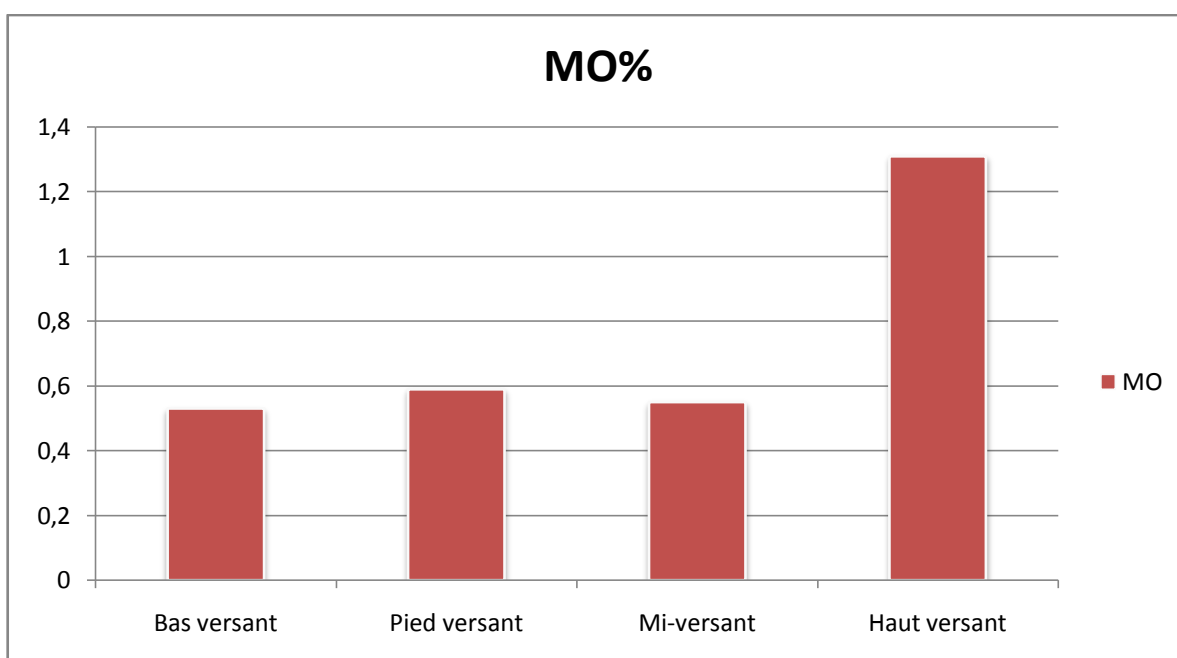


Figure 18. Histogramme de la matière organique des différents échantillons.

Et celons la figure 19.

TENEUR EN MO	INTERPRETATION	
MO < 14 ‰	Sol très pauvre en matière organique	
14 ‰ ≤ MO < 20 ‰	Sol pauvre en matière organique	
20 ‰ ≤ MO < 30 ‰	Argile < 22%	Sol bien pourvu en matière organique
	22% < ARG. < 30% (Ou teneur en argile inconnue)	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30%	Sol pauvre en matière organique
30 ‰ ≤ MO < 40 ‰	Sol bien pourvu en matière organique	
MO ≥ 40 ‰	Teneur élevée en matière organique	

(Source : programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie)

Source : Programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie(2000)

Figure 19. Tableau d'interprétation de la teneur en MO des sols.

L'analyse du sol de nos échantillons montre que ce dernier est pourvu de matière organique 1.31% au maximal, ce qui traduit une très faible teneur en matière organique. Une fertilisation organique est indispensable dans ce cas de figure.

7. Le carbone organique.

Le carbone organique a été dosé par la méthode d'Anne (Jackson, 1965). Qui consiste de à l'oxydation du carbone organique à chaud par du bichromate de potassium en milieu sulfurique ;

Matière organique : le taux de matière organique (M.O) peut être obtenu par la formule : $M.O(\%) = C\% \times 1,72$ (Baize, 2000).

Tableau 16. Résultats du taux de carbone organique des différents échantillons.

MO% / niveau d'échantillonnage	taux du c%
Bas versant	0.30
Pied versant	0.34
Mi-versant	0.31
Haut versant	0.76

On a la figure 20

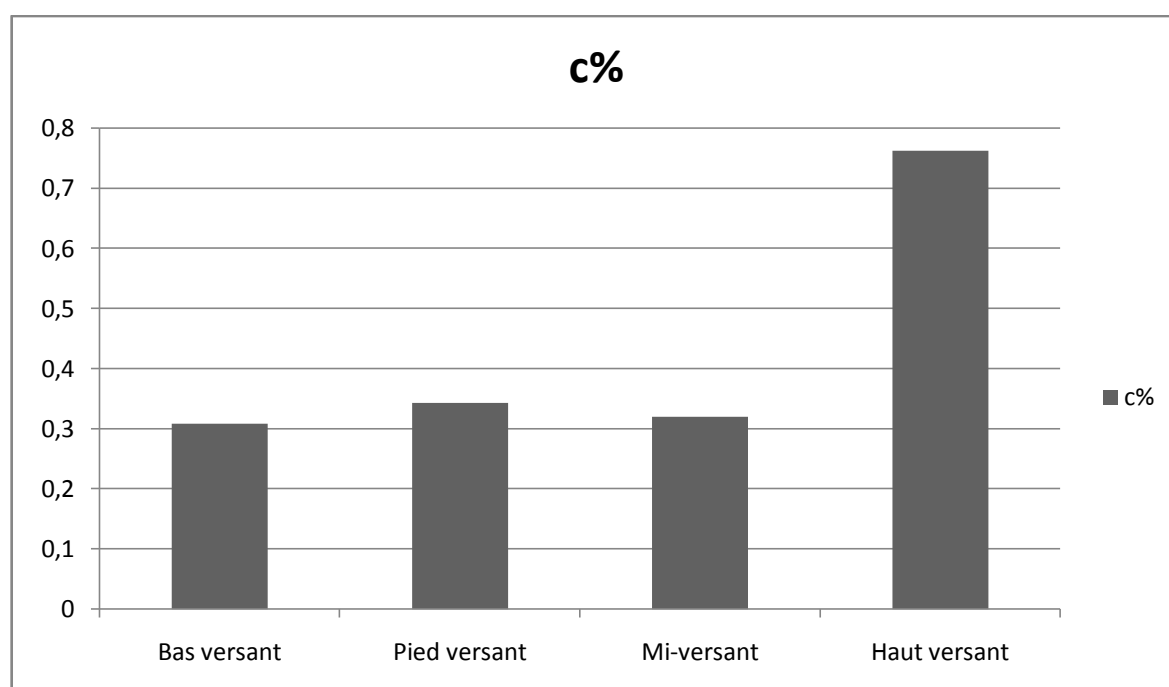


Figure 20. Histogramme du taux de carbone organique des différents échantillons.

8. Le calcaire total

Les quantités importantes de calcaire agissent directement sur la disponibilité du phosphore (immobilisation) et indirectement sur le pH du sol.

En d'autres termes, même si les sels minéraux sont présents dans le sol, le calcaire peut bloquer l'assimilation de ces éléments par la plante. L'analyse de l'échantillon de sol de notre parcelle expérimentale montre que ce dernier est modérément calcaire (7.85%), d'où une nécessité d'une fertilisation organique.

Tableau 17. Résultats du calcaire total des différents échantillons.

calcaire % / niveau d'échantillonnage	calcaire total %
Bas versant	14.68
Pied versant	9.06
Mi-versant	26.56
Haut versant	82.81

Tableau 18. Les propriétés physico-chimiques du sol utilisé.

Eléments	Méthodes d'analyses	Normes	Résultats				Interprétations
			Nv1	Nv2	Nv3	Nv4	
Argile	Par tamisage	Triangle texturale	0.18	0.21	0.45	0.24	Sol sableuse
Limon			0.26	2.44	0.13	2.94	
Sable			99.56	97.35	99.42	96.82	
P2O5 ppm	Spectrophotomètre	95.5 ppm	0.063	0.043	0.044	0.042	Presque Moyen
K2O ppm	Spectrophotomètre à Flamme	200 ppm	5	4	9	6	Presque Moyen
Calcaire totale %	Méthode volumétrique	<5%	14.68	9.06	26.56	82.81	Fortement calcaire
pH	PH-mètre 1/2.5	5.6 à 7	7.9	7.18	7.44	7.82	Elevé (alcalin)
C.E μ s à 25°C	Conductimètre 1/5	< 2 mmhos/cm	218	1895	690.5	166.5	Peut salé
Matière organique %	MO%=C%x1.72	2.5 à 5 %	0.53	0.59	0.55	1.31	Très faible
C %	Méthode d'Ann	1.8 à 2.8	0.30	0.34	0.31	0.76	Très faible
Humidité %	Etuve	74	4.4	4.6	4	3.5	Capacité de rétention faible

Discussion des résultats

Les sols de la région 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).

Et celons les résultats obtenus on vue que le type de notre sol échantillonnée de la région El Gheicha est de texture sableux et de nature calcaire, qui caractérise le type des sols des régions arides et semi-arides, ce paramètre explique

- La forte infiltration et perméabilité du l'eau.
- L'absence d'un complexe argilo-humique (faible taux de la matière organique et le carbone organique).
- un niveau du pH élevé (alcalin).

La variation des concentrations des sels minéraux majeurs N P K et la conductivité électrique du sol dans notre région du haut niveau vers le bas est due a

- le phénomène du lessivage du cette sels aux bas horizons du sol
- de l'amont vers l aval par la pente et le fort drainage de l eau causé par la faible rétention en eau, et avec la faiblesse de couvert végétal (l'érosion hydrique)

Le calcaire peut bloquer l'assimilation de ces éléments par la plante et agissent directement sur la disponibilité du phosphore et indirectement sur le pH du sol.

Conclusion

Conclusion

A l'issue de notre étude et l'ancien études concernée, nous avons pu mettre en évidence

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

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. Au Nord dans les bas-fonds, ils sont plus structurés et plus lourds avec une proportion d'argile qui les constitue (DSA, 2014).

La région de Laghouat se distingue principalement par trois grands ensembles de sols, l'un se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien, le second par la plaine alluviale de l'Oued M'Zi et l'autre par un plateau à surface plane avec une charge caillouteuse en surface, ces sols sont généralement peu profonds. Les roches mères de ces sols sont le plus souvent constituées par des formations marneuses et calcaires, ce qui explique leur richesse en sels solubles et en calcaires(DPSB. 2018) .

Les résultats et les explications en ce qui concerne l'analyse physique-chimique du sol de la région aride compatible de dire notre sol de la région El Gheicha est de texture légère sableux vont avoir tendance à sécher très rapidement et sensible à l'érosion éolienne, fortement calcaire avec une faiblesse du taux de la matière organique due a les paramètres climatiques du la région (aridité, périodes des sécheresses, les vents et la poussier) et les paramètres biologiques (faible couverture végétal, faiblesse de la diversité) et anthropiques (labour élicite, la piétinement et l'élevage non organisé , le défrichement).

Ces sols avec ses caractéristiques physique-chimique est notamment fragiles, exposés à l'érosion hydrique qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol (la perte de sol due à l'eau qui arrache et transporte les sols vers un lieu de dépôt) par plusieurs formes d'érosion sachant que érosion en nappe, en ravine, en rigole...et provoquent le problème de la désertification.

Nous espérons que la mise à jour des données de ce rapport dans l'avenir avoir un développement et amélioration de l'état de ces écosystèmes et leurs entendus et constitutions biologiques.

Résumé :

Ce travail consiste à faire un inventaire sur les études pédologiques dans la région d'El Gheicha dans le la wilaya de Laghouat.

A travers une recherche bibliographique, qui a touchée tous types de référence et des d'analyse physico-chimique des sols pour divers échantillons de sol.

L'importance d'analyse physico-chimique des sols permet aux agriculteurs d'évaluer les niveaux de fertilisations physique et chimique des sols et d'adapter aux programmes de fertilisation complémentaire en fonction des besoins des sols et des Cultures.

Les analyses permettent à l'agriculteur :

- Connaitre l'état de son sol, son évolution et son développement.
- Obtenir le meilleur rendement au niveau de productivité.
- Maitriser les couts de production.
- Protéger l'environnement

Mots clés: sol, études pédologiques, analyse physico-chimique.

تلخيص.

يشتمل هذا العمل على جرد لدراسات جودة التربة في منطقة الغيشة في ولاية الاغواط انطلاقا من البحث البيبليو غرافي الذي مس كل أنواع المراجع والبحث إلى القيام بتحليل كيميائي وفيزيائي في المختبر لمختلف عينات التربة حيث يتمثل الهدف منها في القيام بدراسة لجميع الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة والعوامل التي تتأثر بها .
إن أهمية التحليل الكيميائي و الفيزيائي للتربة تسمح بتقييم جودة التربة ومستويات التخصيب الفيزيائي والكيميائي لها والتكيف معها وتسمح أيضا ب

-تحديد العلاقة بين نوعية التربة وتطور النبات

-التعرف على حالة التربة وتطورها

-الحصول على أفضل إنتاجية

-حماية البيئة

الكلمات الدلالية: التربة، دراسة التربة، التحليل الكيميائي و الفيزيائي

Abstract

This work consists in making an inventory on the pedological studies and the Soil quality in the area of El Gheicha in wilaya of laghouat Through a library search which touched all types of reference and Doing chemical and physical analyzes For various soil samples in the laboratory Where the The objective of this work is to study the physical and chemical characteristics of soil And the factors that are affected by it

The importance of physical-chemical and biological analysis of agricultural soils allows to evaluate the levels of physical and chemical fertilization of soils and to adapt to supplementary fertilization programs according to the needs of the soils and cultures

The analyzes allow the farmer to:

- Know the state of its soil, its evolution and its development.
- Get the best performance at the level of productivity.
- Maintain production costs.
- Protect the environment.

Keys words: Soil, pedological studies, chemical and physical analyzes.

Bibliographie

1. Achille, C. 2006. Eléments nutritifs pour les plantes [en ligne] Disponible sur ;
«[http : www.capinov.fr/file/cahier-agronomie.html](http://www.capinov.fr/file/cahier-agronomie.html)»
2. Baver L.D. (1963) Soil Physics. John Wiley & Sons, New York, pp. 489
3. Benslama M., 1993. Contribution à l'étude de la couverture Eco-pédologique et de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert
4. Benslama M. 1996. Dégradation des sols du complexe humide d'EL KALA (cas de Nechaa Rigiha), 1er coll Eco dev Adrar Algérie.
5. Bonneau M. et Souchier B., Ed. Masson, 1979 extraits de « Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. »
6. Boulaine Jean (géographie de sol, 1ère Edition 1975 partie 1ère, chapitre première page : 10)
7. Bourgogne Alterre Les sols (un support vivant, des services multiples. Alterre Bourgogne. Repères n°58, 2011)
8. Bourgogne.(Sols. Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne. Repères n°10, juin 1998)
9. Bourgogne Alterre Les sols des fonctionnalités à mieux connaître pour mieux les utiliser. Alterre Bourgogne. Rapport technique, octobre 2012
10. Bertrand, R. et Gigou, J. 2000. La fertilité des sols Tropicaux. éd Maisonneuse & Larose. Paris, 397 p
11. Calvet R., 2003 (Le Sol propriétés et fonctionet: Tom I II. Ed Dunod.)
12. Duchaufour Ph. (1984 Abrégé de pédologie. E D. Masson ; Paris 317 p.)
13. Duchaufour, P., 1977. Pédologie : Pédogenèse et classification. Tome 1, Paris, Masson.
14. Dokoutschaiev, ((1846-1903) géographe et naturaliste russe, en 1883 dans sa thèse « le chernozem russe »)
15. Duchaufour P. ((1994) Pédologie. Sol, végétation, environnement. Abreges. MASSON. pp 324)
16. Duprarque A, Rigalle P, 2011 (Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.)
17. Duchaufour Ph., 1984 : Abrégé de pédologie.

18. Dossier Inra, 2009 : *Le Sol*, Editions Quae, janvier 2009.
19. Georges Siegenthaler vigneron (LE SOL DE LA VIGNE Dr Georges Siegenthaler vigneron Domaine de Vens – le – Haut -74910 Seyssel, France PAGE 4)
20.) Guide pédagogique « Les sols, terreau fertile pour l'EEDD » 11 Volet 1 - Apport de connaissances Rédaction : Christine COUDURIER, Alterre Bourgogne
21. Avec la contribution d'Hélène TOUSSAINT, Alterre Bourgogne
22. Gros, A. 1967. Engrais: guide pratique de la fertilisation (5 éd), Maison Rustique, Paris, 430 p
23.) Hillel, D., (1974. L'eau et le sol: principes et processus physiques, Louvain, 288 pp)
24. HALITIM, A. 1988. Sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.V., Alger, 384p
25. Hussein J. and Adey M.A. (1998) Changes in microstructure, voids and b-fabric of surface samples of a Vertisol caused by wet/dry cycles. *Geoderma*, 85(1):63-82
26. Khelil, A.1997, L'écosystème steppique : Quel avenir ? Edition Dahleb, Alger
27. LEVEQUE, C.2001.L'ecologie de l'écosystème à la Biosphère.DUNOD, paris, 502p.
28. Le houérou H. N., 1995. Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sècheresse* n : 2-1995-vol 6. 167-182p.p.
29. Nedjraoui D., 2003, Les mécanismes de suivi de la désertification en Algérie proposition d'un dispositif national de surveillance écologique à long terme. Doc. OSS, 37 P
30. Rolland, P (1988. Le système des grandes tourbières équatoriales. *Ann. Géographie* N°97 (544).pp942-666.)
31. Robert, M., 1996 (Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement, Paris, 241 pp)
32.) Soltner D., 2005. (Les bases de la production végétale le climat-la plante. 21ème science technique agricole,)

33. Senoussi A., Chehma A. et Bensemaoune Y., 2011. La steppe algérienne à l'aube du III^{ème} millénaire : quel devenir ?. Annales des Sciences et Technologie. Vol. 3, N° 2. 129-138p.p.
34. Sottiaux B. (Etude du Milieu - Eléments de Pédologie - Cours industriels et commerciaux Couillet)
35. Wingardner Duane L (1995. An introduction to soils for environmental professionals. Ed. Lewis Publishers, USA)