

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

*Filière : Sciences Biologiques*

*Option : Ecologie et Environnement*

### THEME

---

**Contribution à l'étude des compositions du sol dans  
le Djebel de région Sidi Brahim Ben Nougba wilaya  
de Laghouat**

---

Présenté par :

**M<sup>me</sup> Loubaki hadjer**

**M<sup>lle</sup> Nakh Djalila**

**Devant le jury:**

**Président(e) : M<sup>r</sup>. Benaceur Farouk**

**Rapporteur : M<sup>r</sup>. Youcefi Mustapha Naceur**

**Co-Rapporteur : M<sup>r</sup> Mechraoui Couaib**

**Examineur: M<sup>r</sup> Chiabi Rachid**

**2019/2020**

## Abstract

The characterization of the agro-pedological potentialities of the soils of Djebel Sidi Brahim ben Nogba was made by the physico-chemical evaluation of four soil profiles, realized at the level of properties on the ground.

The location observations and the different parameters analyses in the laboratory, supported by analytical analyses have shown that the soils belongs to a class of soil rich of potassium and limes and poor of humidity, organic material, and salinity. Also the PH is considered basic.

In another hand. We can affirm that most of the soils present interesting structural, textural and chemical characteristics, thus confirming the presence of appreciable lack of physico-chemical fertility despite some deficiencies in carbon and phosphorus

**Key words:** sidi brahim ben nougba, pedology, physico-chemical fertility

## ملخص

تم توصيف امكانية التربة لجبل سيدي براهيم بن نقبة عن طريق التقييم الفيزيائي و الكيميائي لاربعة ملامح ترايبية اقيمت في مناطق من الجبل سيدي براهيم بن نقبة  
الملاحظات في الموقع و التحاليل المخبرية لمختلف العناصر اظهرت ان التربة تنتمي الى فئة التربة الغنية بالبوتاسيوم و الكلس وتفقر لكثير من الملامح منها الرطوبة و المادة العضوية و الملوحة كما ان عامل الحموضة يعتبر قاعدي  
من جهة اخرى ان نعظم انواع التربة يعرض خصائص هيكلية و تكوينية و كيميائية مهمة مؤكدا وجود نقص في الخصوبة الفيزيائية و كيميائية كبيرة على الرغم ايضا من اوجه القصور معينة من الكربون و الفسفور .

## كلمات رئيسية

التربة .سيدي براهيم بن نقبة . تقييم الفيزيائي و الكيميائي . علوم التربة

## Résumé :

La caractérisation des potentialités agro-pédologiques des sols de djebel SISI BRAHIM BEN NOUGHBA s'est faite par l'évaluation physico-chimiques de quatre profils pédologiques

réalisés au niveau de propriétés su sol .

Les observations *in situ* et les analyses des différents paramètres au laboratoire, appuyées par une analyse analytique, ont montré que les sols appartiennent à la classe des sols riches en potassium et calcaire et pauvre en humidité et la matière organique et le teneures de pH dans le sol sont basique .

En outre, nous pouvons affirmer que la plupart des sols présente des caractéristiques structurales, texturales et chimiques intéressantes, confirmant ainsi la présence d'une pauvreté de fertilité physico-chimique appréciable, en dépit aussi de certaines carences en carbone, en phosphore

**Mots clés :** sidi brahime ben nougba, pédologie, fertilité physico-chimique



---

## *Je dédie ce travail*

*A ma chère maman zohra chouikh*

*Qui sont les meilleurs parents dans ce monde, en témoignage de ma profonde gratitude et de mon incontestable reconnaissance.*

*À mes frères et mes beaux frères et leurs femmes.*

*Zaid, Yasine et sara , khaled et djihade , tidjani et fatima .*

*.Que Dieu vous protège et vous prête bonne santé et longue vie.*

*A mes chers petits neveux, Mohamed Arabi, Ahmed Bensalem, salsabile ,roumaissa, marieme, zainabe , aicha et asma .*

*En témoignage de mon amour infini.*

*À tout mes oncles tantes de ma famille .*

*En témoignage de mon amour, mon profond respect et ma reconnaissance.*

*À mon grand frère et son famille.*

*Sidi mahmoud djallal eddine tidjani et son femme khadidja djedaoui*

*Et à leurs enfants achraf , yacine, taha, mouhamed elhafed , raihana*

*Pour votre présence et votre amour. Que Dieu vous Protège.*

*À ma chère copine fatiha kharchi , hadjer loubaki , chaima bouzekri , fatima chikhaoui, fatima et nafissa ben lakhder , oum elkhir chouikh , rahil ben masseoude.*

*Merci pour votre aide et votre soutien morale durant toute la période de travail, pour tout les bon moments de joie que nous avons partagé.*

*A mes chères amies .*

*En témoignage de mon profond amour et ma sincère gratitude.*

*A tous mes collègues de Université.*

*A Tous ceux qui ont une relation de proche ou de loin avec la réalisation du présent mémoire.*

**DJALILA**



## *Dédicace*

*Je dédie cet humble travail avec grand amour,  
sincérité et fierté:*

*A mon père Ahmed, symbole de bonté,  
de soutien et de compréhension.*

*A ma mère Larmaria, synonyme d'amour,  
de sagesse et de courage.*

*A mon cher frère Abdelhak  
A mes chères sœurs Fatima, Imane, Soumaï,  
et Hania en témoignage de la fraternité,  
A mon cher mari Ghiles, qui m'a encouragé,  
avec mes souhaits de bonheur et de santé et de  
succès. Et à tous les membres de ma famille.*

*A tous mes amis, et Tous mes professeurs et à  
tous qui compulse ce modeste travail.*

*Hadjer*

## **REMERCIEMENTS**

*Dans l'impossibilité de citer tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail, nous adressons nos remerciements particulièrement à :*

*Mr.mechraoui chouaib et yousfi moustafa ; Co-promoteur, responsable de cette étude, pour l'encadrement et pour nous avoir encouragé, et guidé par son sens d'accueil, et ses multiples conseils, en dépit de ses occupations.*

*Nous tenons à remercier sincèrement **Mr.CHAIBI** Rachid ; maitre permanent et chef du département de biologie.*

*Notre expression de profonde reconnaissance et respectueuse gratitude s'adresse à Nos supérieurs, nos formateurs et professeurs du Département de biologie de l'université de Amar Telidji, Laghouat.*

*Il serait ingrat de ne pas remercier nos familles pour leurs grandes participations aussi bien morales que matérielles.*

*Nous remercions les membres du jury qui ont bien voulu accepter, et ce nonobstant, leur lourdes et exaltantes responsabilités pour procéder à l'évaluation de ce modeste travail.*

*Nous tenons à témoigner notre reconnaissance, et notre gratitude à monsieur le conservateur des forêts des la wilaya de Laghouat de nous avoir faciliter toute procédure administrative et nous avoir accorder son accord.*

*Nous profitons de cette tribune pour remercier les éleveurs et toute personne qui de passage, a pu nous apporter leur contribution, que ce soit au niveau des idées qu'à celui des conceptions. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.*

*Que nos amis et collègues de département trouvent à travers ces lignes l'expression de notre profond attachement.*

*Que toute autre personne non citée ayant contribué de loin ou de près à la réalisation du présent travail trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

N°	Titres	page
	Introduction	1
	<b>CHAPITRE 1. Généralité sur le sol</b>	<b>3</b>
1	Définition	3
2	Le sol et ses constituants	5
2.1	La phase solide du sol	5
2.2	La phases liquides su sol	6
2.3	La phases gazeuse du sol	6
3	Les Fraction	6
3.1	Fraction minérales	6
3.2	Fraction organiques	7
4	Classification des sols	7
4.1	Chimique	7
4.2	Climatique	8
4.3	Mixte	8
4.4	Génétique	9
4.5	Ecologique	9
5	Les Fonction	9
5.1	Les fonctions écologiques	9
5.2	Les fonctions techniques	10
6	Horizon	10
<b>II</b>	<b>CHAPITRE 2. Le sol et ses paramètre physico chimique</b>	<b>12</b>
1	Fractions minérales	12
1.1	Origine et processus de formation	12

2	La texture	13
2.1	La fraction grossie	13
2.2	Le triangle texturale	15
3	Structure du sol et la notion de stabilité structural	16
3.1	La composition de la structure du sol	16
3.2	Facteurs influençant la stabilité structurale	17
3.3	La perméabilité	18
4	Fraction organiques du sol	19
4.1	Définition de la matière organique	20
4.2	La dynamique de la matière organique	20
5	Complexe argilo humique	21
5.1	Définition	21
5.2	Structures du complexe argilo-humique	22
5.3	Les Cation basique échangeables	22
5.4	Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	24
5.5	Potassium ( $\text{K}^+$ )	25
5.6	L'azote et sa biodisponibilité	26
5.7	Cycle de carbone	27
5.8	Le phosphore	28
6	La fertilité des sols	28
	<b>Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude</b>	<b>31</b>
1	Présentation générale de la wilaya	31
2	La population	33
3	L'emploi	33

<b>4</b>	Caractérisations climatiques	<b>33</b>
<b>4.1</b>	La pluviométrie	<b>34</b>
<b>4.2</b>	La température	<b>35</b>
<b>4.3</b>	L'humidité relative de l'air	<b>35</b>
<b>5.</b>	Synthèse climatique	<b>36</b>
<b>5.1</b>	L'indice de Martounne	<b>36</b>
<b>5.2</b>	Climagramme d'Emberger	<b>36</b>
<b>5.3</b>	Diagramme ombrothermique	<b>37</b>
<b>6</b>	Nature des sols	<b>38</b>
<b>7</b>	L'agriculture	<b>39</b>
	<b>La commune de Ain Madhi</b>	<b>40</b>
<b>1</b>	Situation géographique	<b>40</b>
<b>2.</b>	Caractéristiques naturelles de la commune	<b>40</b>
<b>3</b>	Les caractéristiques édaphiques	<b>40</b>
<b>4</b>	Les caractéristiques socio-économiques	<b>41</b>
<b>5</b>	Les ressources en eaux	<b>41</b>
<b>6</b>	Utilisation actuelle des terres	<b>42</b>
	<b>Chapitre3. Matériel et méthode</b>	
<b>1</b>	Prélèvement des Echantillon	<b>44</b>
<b>2</b>	Le profil pédologique du sol	<b>46</b>
<b>3</b>	Analyses granulométriques	<b>47</b>
<b>4</b>	L'humidité	<b>48</b>
<b>5.</b>	PH et La conductivité électrique(CE)	<b>50</b>
<b>6</b>	Matière organique et le taux de carbone	<b>52</b>

7	Le Potassium (K+) et Sodium (Na)	53
8	phosphore	54
9	Calcaire totale	56
	<b>Chapitre5. Résultats et discussions</b>	
1	L'humidité	59
2	pH	59
3	Conductivité électrique	60
4	Calcaire	61
5	La granulométrie	62
6	Carbone	63
7	La matière organique	64
8	Le sodium	64
9	Le potassium	65
10	Le phosphore	66

## La liste des figure

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>1</b>	les trois phases du sol en poids et en volume	<b>4</b>
<b>2</b>	Les différentes horions d'un profil de sol	<b>11</b>
<b>3</b>	Classification des composants de la terre fine	<b>13</b>
<b>4</b>	Triangle des textures USDA	<b>15</b>
<b>5</b>	Répartition de la fraction organique	<b>20</b>
<b>6</b>	Rôles et fonctions de la matière organique	<b>21</b>
<b>7</b>	le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol	<b>23</b>
<b>8</b>	Structure du complexe argilo-humique	<b>24</b>
<b>9</b>	Cycle du calcium et du magnésium dans le sol	<b>25</b>
<b>10</b>	Région de Laghouat	<b>32</b>
<b>11</b>	L'humidité de l'air dans la période (2008-2018).	<b>36</b>
<b>12</b>	Climagramme pluviométrique d'Emberger.	<b>37</b>
<b>13</b>	Diagramme ombrothermique de la région de Laghouat.	<b>38</b>
<b>14</b>	Situation géographique de la commune d'Ain Madhi	<b>40</b>
<b>15</b>	Le site de prélèvement des échantillons de sol.	<b>44</b>
<b>16</b>	L'Echelle internationale de la classification de sol.	<b>47</b>
<b>17</b>	Le pourcentage d'humidité du sol dans les 4 niveaux	<b>59</b>
<b>18</b>	La valeur de PH du sol dans les 4 niveaux	<b>60</b>

## La liste des figure

<b>19</b>	La valeur de la conductivité du sol dans les 4 niveaux	<b>61</b>
<b>20</b>	La valeur de calcaire du sol dans les 4 niveaux	<b>61</b>
<b>21</b>	Graphique granulométrie du sol dans les 4 niveaux.	<b>63</b>
<b>22</b>	La teneur de carbone du sol dans les 4 niveaux	<b>63</b>
<b>23</b>	Le pourcentage de la matière organique dans les 4 niveaux	<b>64</b>
<b>24</b>	La quantité du sodium du sol dans les 4 niveaux	<b>65</b>
<b>25</b>	La quantité de potassium du sol dans les 4 niveaux	<b>65</b>
<b>26</b>	La quantité de phosphore du sol dans les 4 niveaux	<b>66</b>

### La listes des tableaux

N°	Titres	pages
<b>1</b>	les principaux constituants du sol	<b>5</b>
<b>2</b>	Classement et nomenclature des éléments grossiers	<b>14</b>
<b>3</b>	Caractéristiques de station pluviométrique	<b>34</b>
<b>4</b>	Précipitations moyennes mensuelles (mm) <b>(2008-2018)</b> .	<b>35</b>
<b>5</b>	Variation des températures dans la période <b>(2008-2018)</b> .	<b>35</b>
<b>6</b>	Occupation du sol de la wilaya de Laghouat	<b>38</b>
<b>7</b>	les pentes	<b>40</b>
<b>8</b>	lithologie	<b>41</b>
<b>9</b>	L'érosion	<b>41</b>
<b>10</b>	Les caractéristiques socio-économiques	<b>41</b>
<b>11</b>	Utilisation actuelle des terres	<b>43</b>
<b>12</b>	La granulométrie du sol dans les 4 niveaux	<b>62</b>
<b>13</b>	Les propriétés physico-chimiques du sol dans la région de Sidi Ibrahim Nogba	<b>66</b>
<b>14</b>	Normes internationales d'interprétation des calcaires total et actif	<b>68</b>
<b>15</b>	Les domaines de pH et les qualificatifs correspondant extraits du « Référentiel pédologique »	<b>68</b>
<b>16</b>	Normes d'interprétation de la conductivité électrique	<b>68</b>
<b>17</b>	Normes internationales de d'interprétation des teneurs en Phosphore	<b>69</b>
<b>18</b>	Classification des sols suivant leur teneur en matière organique.	<b>69</b>

## Liste de photos

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Tracé le points de prélèvement	<b>44</b>
<b>2</b>	Le profil pédologique	<b>45</b>
<b>3</b>	les étapes de pélevements	<b>46</b>
<b>4</b>	Des échantillons du sol	<b>46</b>
<b>5</b>	Profil du sol de niveau 2	<b>47</b>
<b>6</b>	Tamis mécanique	<b>48</b>
<b>7</b>	Balance électrique	<b>48</b>
<b>8</b>	Identification des récipients	<b>49</b>
<b>9</b>	Le pesée d'échantillon du sol	<b>49</b>
<b>10</b>	L'étuve	<b>50</b>
<b>11</b>	Chiker	<b>51</b>
<b>12</b>	Filtration de la solution du sol	<b>51</b>
<b>13</b>	Mesure de pH et conductivité	<b>51</b>
<b>14</b>	Les echogntillon des sol dans les crusé	<b>52</b>
<b>15</b>	Four à moflant	<b>53</b>
<b>16</b>	solution du sol dans agitation	<b>54</b>
<b>17</b>	tube a ésseyée	<b>54</b>
<b>18</b>	Flame photomètre	<b>54</b>
<b>19</b>	Ammonium molybdate	<b>55</b>
<b>20</b>	Solution acide sulfurique avec AM	<b>55</b>
<b>21</b>	Le spectrophotomètre	<b>56</b>
<b>22</b>	Tube de Hcl	<b>56</b>

## Liste de photos

<b>23</b>	La réaction de l'acide avec l'échantillon du sol	<b>57</b>
<b>24</b>	Le calcimetre	<b>58</b>
<b>25</b>	Tamis mécanique	<b>69</b>
<b>26</b>	L'étuve à 105°C.	<b>70</b>
<b>27</b>	pH mètre et conductivité mètre	<b>70</b>
<b>28</b>	Four à moflant	<b>71</b>
<b>29</b>	Flame photomètre	<b>71</b>
<b>30</b>	Le calcimetre	71

## Liste d'abréviation

- °C : degré Celsius
- °K : degré Kelvin
- A : argiles
- AIS: association international du sol
- ANRH : Agence Nationale des Ressources
- BNEDER : bureau national d'études pour le développement rural
- C : carbone
- Cac : calcaire actif
- Cat : calcaire total
- CE : conductivité électrique
- CEC: Capacité d'échange cationique
- cm : centimètre
- cm/h : centimètre par heure
- grammes
- Hydrauliques.
- Is : indice d'instabilité
- K : indice de perméabilité
- Km : kilomètre
- Km<sup>2</sup>: kilomètre carré
- L : limons
- log<sub>10</sub> : logarithme décimal
- M (°C) : température maximale mensuelle
- m (°C) : température minimale mensuelle
- m : mètre
- meq/100g : microéquivalent par 100
- Mm<sup>3</sup>/an: million de mètre cube par an
- MO : matière organique
- ms/cm : millisiemens par centimètre
- N : Azote
- P (mm) : précipitations mensuelle en millimètre
- P : phosphore

- **ppm** : partie par million
- **S** : sables totaux
- **SF** : sables fins
- **SG** : sables grossiers
- **SnHn'** : station n, horizon n
- **USDA** : department de argriculture des états-unis
- **AM** : Ammonium molybdate
- **ED** : eau distilé
- **Na** : sodium
- **K** : potassium

### **Introduction**

La région méditerranéenne abrite une diversité biologique de première importance. En raison de sa situation particulière et de l'impressionnant gradient bioclimatique Nord-Sud qui la caractérise, l'Algérie offre des opportunités exceptionnelles pour l'évaluation et pour la compréhension des mécanismes impliqués dans la diversification et l'adaptation des plantes en relation avec l'évolution de leur environnement (Amirouche et Misset, 2009).

Le sol est l'élément principal de l'environnement qui règle la répartition de la végétation. Il se développe en fonction de la roche mère, la topographie et les caractéristiques du climat (Ozenda, 1958). Le sol est une réserve de substances nutritives et un milieu stable pour l'activité biologique (Duchauffour 1960), Le sol représente pour les organismes qui y vivent un milieu très complexe car, très hétérogène. Il est constitué d'une phase solide dominante, formée de particules de tailles et de nature variable d'une phase aqueuse et d'une phase gazeuse, renfermant de très nombreux êtres vivants (microflore, méso- et macrofaune) dont l'activité est en lien plus ou moins direct avec leur " fonctionnement " en général et certaines de leur propriété agronomique en particulier. Il est donc tout à fait légitime de chercher à utiliser des mesures biologiques pour mieux connaître les sols et les gérer (Gael, 2002).

Le sol est une ressource naturelle que la plupart d'entre nous ignore ou tient pour acquise. Pourtant, la mince couche de « terre » qui couvre une grande partie de la surface de la planète est vitale pour l'environnement, et sa valeur est inestimable pour nos sociétés (Amirouche *et* Misset, 2009)

Dans les zones arides, la présence de la végétation est tantôt dictée par un déterminisme climatique mais dans certains cas c'est plutôt le déterminisme édaphique qui s'impose (Kaabeche, 1990).

Dans le milieu naturel l'évolution ou les caractéristiques d'un sol sont directement liés aux facteurs mésologiques et spécialement la végétation où il existe d'étroites liaisons entre les composantes biotique et abiotique (Halitim, 1988)

Le sol est une formation naturelle, un milieu organisé qui se transforme continuellement sous l'influence de processus physiques, chimiques, biologiques et humains. Il évolue dans le temps et dans l'espace.

Il se développe et croit à la fois par sa base à partir de la roche mère (matière minérale) et à la fois par sa surface constituée de matière organique (débris d'origine végétale et animale).

## *Introduction*

Le sol résulte de l'union de la matière minérale provenant de la roche mère décomposée en argiles et de la matière organique fraîche provenant des débris organiques décomposée en humus. La croissance et l'évolution des sols se fait à des vitesses variables selon les zones climatiques.

De nombreux facteurs interfèrent dans la formation des sols, ce qui explique la grande diversité des types de sols rencontrés. Les facteurs les plus importants sont la nature de la roche mère ou matériau d'origine, le climat, le temps, la végétation. D'autres facteurs comme le relief, la topologie du terrain et l'intervention de l'homme ont également leur importance.

Comment influent ces facteurs ?

Laghouat, situé dans une zone aride à semi-aride, est caractérisé par plusieurs contraintes environnementales dont une forte sécheresse et une dégradation accrue des sols liées respectivement à un déficit pluviométrique et à une érosion éolienne.

Quelle sont les caractéristiques physico-chimiques (texture, salinité et alcalinité) des sols qui influencé sur le type du la flore ?

C'est ainsi que nous avons axé notre travail sur les caractéristiques physicochimiques des sols de la région de SIDI BRAHIM BEN NOGHBA wilaya de LAGHOUAT , et sur l'évolution et le dynamique des caractéristiques physico-chimiques du sol , ainsi que sur son influence sur les modifications des propriétés et leur fonctions des sols, et aussi la relation existante entre le climat et sol et la végétation de cette zone. Elle nous sera certainement très informative.

Notre travail est devisé en trois parties :

La première partie c'est recherches bibliographiques elle présenté en deux chapitres :

Le premier est dédié aux généralités sur les sols, le second il abordera les caractéristiques physico-chimiques du sol

La deuxième partie matériels et méthodes elle est aussi présenté en deux chapitres

Le premier la présentation de la zone d'étude, le second matériels et méthodes

La troisième partie c'est la partie la plus importante de notre travail elle est porté sur les résultats obtenus durant notre travail et leurs interprétations et discussion.

Et enfin une conclusion et perspectives.

**Chapitre 1. Généralité sur le sol**

**1. Les définitions du sol**

La définition du sol est difficile, la vision de ses fonctions et ses propriétés change d'un auteur à un autre. Aussi vaudra-t-il citer bon nombre de définitions possibles :

Le sol est une base essentielle de la vie humaine, le lieu de la production agricole et forestière un endroit de stockage des matières premières et des déchets, un élément constitutif du paysage et un miroir des civilisations et des cultures (Gobat *et al*, 2003).

Les sols sont des systèmes multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limon, argile, matière organique (MO) nutriments, écosystèmes...etc.) en outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère ( Sposito, 1997), ils doivent accomplir cinq fonctions principales de base :

- ✓ Offrir un habitat physique, chimique et biologique pour les organismes vivants ;
- ✓ Réguler les flux d'eau, le stockage et le recyclage des cycles des nutriments et d'autres éléments ;
- ✓ Maintenir les activités et diversités biologiques pour subvenir à la croissance des plantes et la productivité des animaux ;
- ✓ Filtrer, tamponner, transformer, immobiliser et détoxifier les substances organiques et inorganiques ;
- ✓ Fournir un support mécanique aux organismes vivants et à leurs structures (Nortcliff, 2002).

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes. Qui est dénommée couverture pédologique (Potato, 1965).

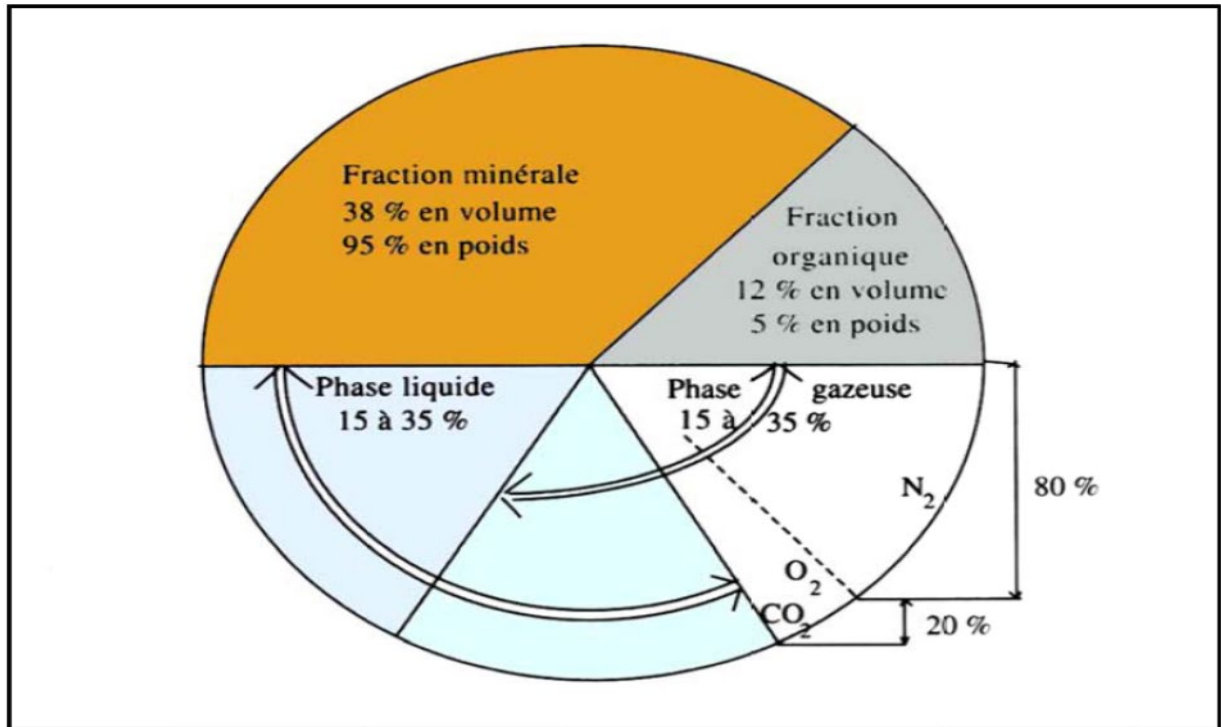
**2. Le sol et ses constituants**

Le sol est un milieu très dimensionnel organisé structuré qui peut être observé sur des échelles dont les dimension varient de plusieurs ordres de grandeur de puis l'agencement des feuillets minéraux des argiles qui composent sa phrase solide jusqu'à l'agencement complexe des couches des sol qui constituent la couverture pédologique, le sol est constitué

## Chapitre 1. Généralités sur le sol

des 3 phase liquide , solide , gazeuse , chaque une d'elle peut être caractérisé indépendamment des autres mais elles sont en réalisé intimement mâles (moeys, 2007).

Le sol contient deux fractions intervenant principalement dans la sorption des polluants à savoir les fractions organiques et minérales.



Source : Morel, (1989).

Figure 1. Les trois phases du sol en pois et en volume.

## Chapitre 1. Généralités sur le sol

**Tableau 1.** Les principaux constituants du sol.

	Constituants solides		Constituants liquides (solution du sol)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organiques		
<b>Origine</b>	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, matières en décomposition, respiration
<b>Critères de classement</b>	Taille (granulométrie) Qualité (minéralogie)	Etat (vivant, mort) Qualité chimique (originelle, transformée)	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique) Qualité chimique	Origine (air, organismes) Qualité chimique
<b>Catégories</b>	Selon granulométrie : .Squelette (sup. 2mm) .Terre fine (inf. 2mm) Selon minéralogie .quartz . minéraux silicatés .minéraux carbonatés	.organismes vivants .organismes morts .matières organiques héritées : cellulose, lignine, résine . matières organiques humifiées : acides fulviques, humines	eau . substances dissoutes : glucides, alcools, acides organiques et minéraux, cations et anions	gaz de l'air : N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> .gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>

*Source : Soltner, (2005).*

### 2.1.La phase solide du sol

Constitué par des minéraux et des matières organiques en proportions variables, la nature des minéraux du sol est déterminée à la fois par les roches sur lesquelles ils se sont formés et par Le processus de pédogenèse.

Les matières organiques proviennent principalement des résidus végétaux qui subissent diverses transformations physiques et chimiques, et leur abondance dans le sol dépend en premier lieu du climat mais aussi de la végétation et des modalités d'utilisation des sols. La

## Chapitre 1. Généralités sur le sol

teneur en matières organiques est toujours plus grande en surface et décroît en profondeur et s'annule souvent à la roche Mère. (Nortcliff, 2002).

### **2.2. La phase liquide du sol (solution du sol)**

Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques ionisées et Non ionisées dont la nature et la concentration dépendent de plusieurs phénomènes. Généralement, elle est difficile à décrire et à étudier en raison des variabilités spatiales et temporelles de sorte qu'il n'existe pas de composition type. Cependant (Sposito, 1989) à distingué deux grandes catégories de solutés :

- ✓ Les micro-éléments dont la concentration est inférieure à  $10^{-6}$  mol. L<sup>-1</sup>, il s'agit d'éléments traces métalliques.
- ✓ Les macroéléments dont la concentration est supérieure à cette limite, les éléments les plus fréquents et les espèces chimiques correspondant sont : C (HCO<sub>3</sub>), N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Na (Na<sup>+</sup>), Mg (Mg<sup>+2</sup>), Si (Si (OH)<sub>4</sub>), S (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), Cl (Cl<sup>-</sup>), K (K<sup>+</sup>).Ca (Ca<sup>2+</sup>)...

Elle contient aussi des ions H<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup> dont les concentrations déterminant le pH de la solution du sol est variable à cause notamment des sols salés ou des sols irrigués par des eaux saumâtres et l'épandage des fertilisants.

### **2.3. La phase gazeuse du sol (Atmosphère du sol)**

Sa composition est souvent voisine de celle de l'air, mais elle peut varier dans l'espace et dans le temps. Elle dépend de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère c'est-à-dire la profondeur dans le sol et de l'activité biologique (Sposito, 1989).

Elle est composée notamment de : CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S et parfois de composés organiques volatils.

## **3. Les fractions constitutives du sol**

Le sol contient deux fractions intervenant principalement dans la sorption des polluants à savoir les fractions organiques et minérales.

### **3.1. Fractions minérales**

Il existe trois catégories majoritaires dans le sol :

- **Les Silicates :**

Sont des oxydes de silice qui ont des structures très diverses (Unités isolées (olivine (Fe, Mg)<sup>2</sup> [SiO<sub>4</sub>]); Chaîne (pyroxène (Mg, Fe)<sup>2</sup> (SiO<sub>3</sub>)<sup>2</sup>); Feuillet (smectite) et sont souvent associés à des cations métalliques tels que l'aluminium, le fer ou le magnésium.

- **Les Oxydes :**

oxy-hydroxydes et hydroxydes les plus importants et les très abondants dans les sols sont :

La gibbsite (oxyde d'Aluminium  $Al(OH)_3$ ), La goethite et l'hématite (oxydes de fer ( $FeO-OH$ ),  $(Fe_2O_3)$ ), la birnessite et la lithiophorite (oxydes de manganèse).

- **Les Carbonates :**

Les plus abondants sont les carbonates de calcium (Calcite) et les carbonates de magnésium (Dolomite  $(Ca, Mg)(CO_3)_2$ ).

Ceux-ci peuvent Co-précipiter avec d'autres métaux (exemple : calcite magnésienne) ou former un revêtement sur d'autres minéraux (coating) en changeant ainsi leurs propriétés de surfaces. (Sposito, 2008).

### **3.2.Fractions organiques**

En ce qui concerne la matière organique ou phase organique du sol, elle correspond à tout ce qui est constitué de carbone organique, qu'il soit vivant ou non vivant (insectes, plantes, humus, microorganismes...etc.). (Pansu *et* Gautheyrou, 2001).

L'humus est un terme qui regroupe l'ensemble de la matière organique non vivante du sol et qui peut être classé en deux catégories :

#### **Substances non humiques**

Correspondent à la fraction de matière organique dont les caractéristiques biophysicochimiques sont reconnaissables (exemple : les hydrates de carbone, les protéines, les acides aminés, les lipides...etc).

#### **Substances humiques**

Sont issues de la transformation chimique ou biologique (altération, polymérisation,etc.) de la matière organique du sol (Pansu *et* Gautheyrou, 2001).

### **4. Classification des sols**

Elle fait appel aux critères suivants :

#### **4.1.Chimique (Classification chimique) :**

Elles s'appuient sur les propriétés chimiques du sol :

Classification de (Gedroiz 1929) : basée sur la notion de complexe adsorbant :

✚ Sols à adsorbant détruit : latérites ;

## Chapitre 1. Généralités sur le sol

- ✚ Sols à complexe adsorbant partiellement détruit : podzols ;
- ✚ Sols à complexe adsorbant intact : chernozems ;
- ✚ Classification de Glinka 1914 : distingue les sols endodynamorphes et ectodynamorphes ;
- ✚ Classification de Pallman 1947 : distingue la nature chimique de (filtre), celle de percolât et le sens du lessivage ;
- ✚ La classification de Von Sigmond (1933) : classe les sols d'après l'ion adsorbé en majeure partie ;
- ✚ Sol H<sup>+</sup> : podzols ;
- ✚ Sol Ca<sup>+2</sup> : rendzines, chernozems ;
- ✚ Sol Na<sup>+</sup> : sols salins ;
- ✚ Sol H<sup>+</sup> Ca<sup>+2</sup> : sols bruns forestiers ;
- ✚ Classification de Kubiena : d'après pH du sol ;
- ✚ Classification de Blanquet : d'après les types d'humus (Lozet et Mathieu, 1997).

### **4.2. Climatique (Classification climatique) :**

Elles ont pour base le climat, et divisaient les sols en trois grands groupes (Lozet et Mathieu 1997).

- Sols zonaux :

Sols diversement évalués, mais parvenus à leur état « d'équilibre » avec le climat, par exemple : sols arctiques podzols boréaux tchernozems, sols bruns tempérés (Lacoste, 2001)

- Sols azonaux :

Sols peu évalués, correspondant à des stades initiaux de la pédogenèse, dont en principe les caractères dépendent encore fortement de la roche mère comme par exemple : les sols bruts ou les sols colluviaux alluviaux.

- Sols intra zonaux :

Sols diversement évalués, mais relativement « stabilisés » dans un sens différent de celui qui imposerait en principe le climat, par exemple : certaines rendzines, sols hydromorphes (Lacoste et Salanon, 2001).

### **4.3. Mixte (Classification mixte) :**

Elles font intervenir à la fois le climat et la base chimique (Lozet et Mathieu, 1997)

La classification de Robinson (1949) est basée sur le degré de lessivage et le climat on distingue :

- Sols à lessivage complet des carbonates, climat humides (pédalfers) ;
- Sols à lessivages empêché totalement ou partiellement par une nappe d'eau (sols intra zonaux) (Lozet *et* Mathieu, 1997).

#### **4.4.Génétique (Classification génétique) :**

Dans cette classification en tenant compte de l'origine et l'évaluation des sols (Ramade, 2003) C'est-à-dire favorisant à la fois les facteurs et les processus de la pédogenèse, ainsi que les caractères en résultant au niveau des profils (Lacoste *et* Salanon, 2001).

#### **4.5.Ecologique (Classification écologique) :**

C'est-à-dire qui intègre l'ensemble des paramètres biotique et abiotique intervenant dans la pédogenèse (Ramade, 2003).

### **5. Les fonctions du sol**

Les sols exercent plusieurs fonctions qu'il est commode de regrouper en trois ensembles : des fonctions écologiques, des fonctions technologiques et des fonctions sociologiques. Bien qu'elles soient interdépendantes, il est utile de les distinguer, pour des raisons à la fois méthodologiques et phénoménologiques (Doran *et al* , 1996 ; Lal, 2008 ; Bouma, 2010) :

#### **5.1.Fonctions écologiques**

- La production de biomasse. Le sol permet à ce titre de nourrir les hommes et les animaux, son potentiel de production certes variable en fonction de la fertilité, étant permis par les processus d'adsorption, de biotransformations (carbone, azote) et de régulation, présents à son niveau ;
- La permanence de la biodiversité. Le rôle du sol en tant qu'habitat biologique, réserve génétique, est considérable et ceci à différentes échelles, notamment à l'échelle microscopique (en particulier rôle des microorganismes décomposeurs).
- La fonction épuratrice et régulatrice. Le sol a un rôle de filtre, de tampon entre l'atmosphère et la lithosphère, de réacteur chimique permettant les échanges. Il s'agit d'une fonction essentielle à la protection de notre environnement, à la gestion de nos déchets, à la préservation de la qualité des nappes d'eau source d'eau potable et à la lutte contre l'effet de serre (rôle du sol dans le stockage du carbone). (Winfried, 2001).

### 5.2. Les fonctions techniques, socio-économiques et culturelles

- Le sol est la base spatiale du développement et de l'évolution des sociétés. Dans cette acception le concept sol fait référence à l'espace, Donc aux civilisations : « un espace c'est d'abord une civilisation », Fernand Braudel ;
- Source de matériaux bruts. Le sol fournit des argiles pour l'artisanat ou les industries De transformation (porcelaine, tuileries, poteries) du sable et des graviers, pour l'activité de la construction ;
- Le sol est un héritage géogénique et culturel formant le socle du paysage dans lequel nous vivons, mémoire de notre histoire (archéologie). Entre sol et paysage il existe des liens étroits qui dépassent les relations déterministes associant la nature d'un sol au type de paysage (plaine calcaire, bocage hennuyer, monts granitiques, marais côtiers...). Les liens s'établissent au niveau du sensible, de la perception, de la symbolique, du religieux, perceptibles au travers de l'observation de l'emboîtement des traces laissées par les générations passées dont le sol garde et conserve la mémoire (Camuzard, 2004).

S'agissant des fonctions sociales du sol, comme l'a très justement observé le pédologue *Alain Ruellan*, président de l'Association internationale du sol (AIS), on peut donc penser qu'il existe des relations étroites entre l'évolution des sols et le comportement des sociétés humaines... et qu'il y a une relation forte entre les systèmes pédologiques et les systèmes sociaux, notamment les systèmes agraires (Ruellan in Lahmar et Ribaut, 2001).

## 6. Différents horizons d'un sol

Un sol est une pellicule d'altération recouvrant une roche, il est formé d'une fraction minérale et de matières organiques (l'humus). Les processus d'altération, d'humidification et de différenciation aboutissent à l'apparition de couches superposées plus ou moins distinctes et différentes selon la texture, la structure et la composition chimique. Ces différentes couches correspondent aux horizons dont l'ensemble constitue le profil du sol. Ces horizons peuvent être déclinés en différents sous horizons en fonction du type de sols rencontrés. On distingue quatre horizons majeurs (Baize et Jabio, 1995) :

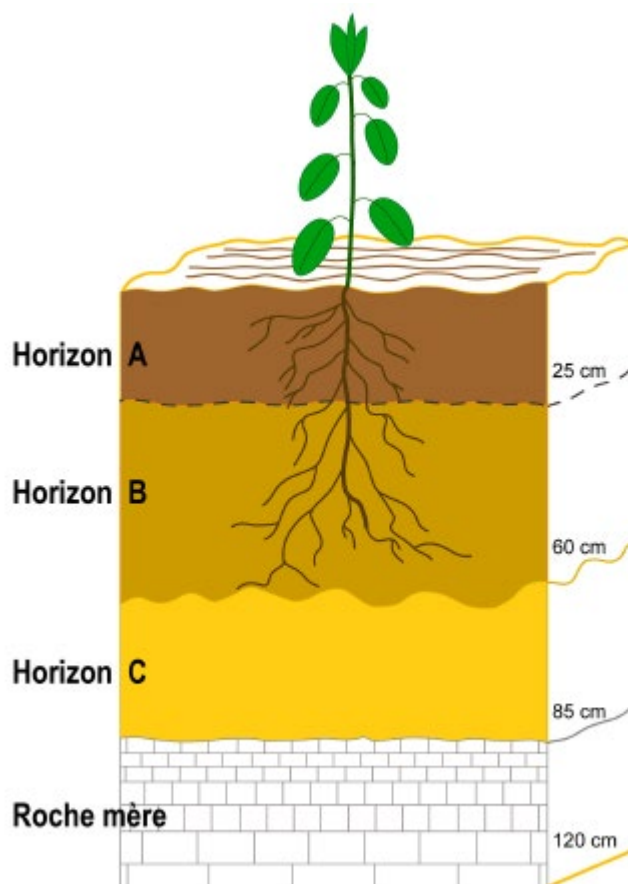
6.1. *L'horizon A* : est un horizon majeur occupant la partie supérieure du profil (0-25 cm) et présentant une quantité importante de matière organique et une faible quantité

## Chapitre 1. Généralités sur le sol

en argile, fer et aluminium. Cette matière organique provient des plantes en phase de décomposition. (Baize et Jabio, 1995)

6.2. **L'horizon B** est de (60-85 cm), il est caractérisé par des teneurs en argile, fer et humus plus élevées que les horizons A, b et C. Cet enrichissement peut être du soit à des transformations des minéraux préexistants, soit à des apports illuviaux. La matière organique présente dans cet horizon est plus âgée et provient de l'horizon supérieur (A). Elle est adsorbée sur les argiles et les oxydes de fer et d'aluminium.

6.3. **L'horizon C** situé au-dessous de B (en dessous de 150 cm) est un horizon minéral avec une faible teneur en matière organique. (Baize et Jabio, 1995)



*Source : INRA, (2008)*

**Figure2.** Les différents horizons d'un profil de sol

O : horizon organique, A : horizon organo-minérale, B : horizon illuvial (enrichi d'éléments des horizons extérieurs, C : matériau parental altéré.

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

### Chapitre2. Le sol et ses paramètre physico chimique

#### 1. Le Fraction minérale du sol

##### 1. Origine et processus de formation

Les constituants minéraux du sol proviennent, soit de la désagrégation physique de la roche Mère dont sont hérités les minéraux primaires, soit de la transformation chimique des Précédents, ils sont appelés, dès lors, les minéraux secondaires. L'ensemble des minéraux Secondaires sont appelés « complexe d'altération » (Duchaufour, 1984 ; Gobat *et al*, 2003).

Lors de la désagrégation physique, les agents climatiques tels que le vent, le gel, l'eau ainsi que les glaciers fractionnent la roche en morceaux de plus en plus petits, tout en conservant la composition minéralogique de départ. La vitesse de transformation est particulièrement rapide sous les climats contrastés (Gobat *et al*, 2003).

Selon Duchaufour (1984), l'altération biogéochimique des roches fait intervenir d'autres processus :

- **Héritage** : simple micro division sans transformation chimique (exemple : quartz) ;
- **Transformation** : intéresse les micas, dont la micro division est accompagnée de processus chimiques mineurs (perte de certains ions). La structure initiale des cristaux étant conservée (ensemble des argiles « micacées » : illites et vermiculites) ;
- **Solubilisation** : les éléments constitutifs de minéraux primaires sont libérés à l'état soluble ou pseudo-soluble, ils restent sous cette forme un certain temps ; certains sont perdus par drainage, d'autres évoluent lentement vers des gels amorphes ou paracristallins (allophanes : amorphisation), le plus souvent après avoir subi une redistribution dans le profil ;
- **Néoformation** : il y a, la encore, libération des constituants, certains sont entraînés hors du profil, mais la plus grande partie évolue rapidement, sur place, vers une forme cristalline : les argiles de néoformation (montmorillonite ou kaolinite, suivant le milieu).

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

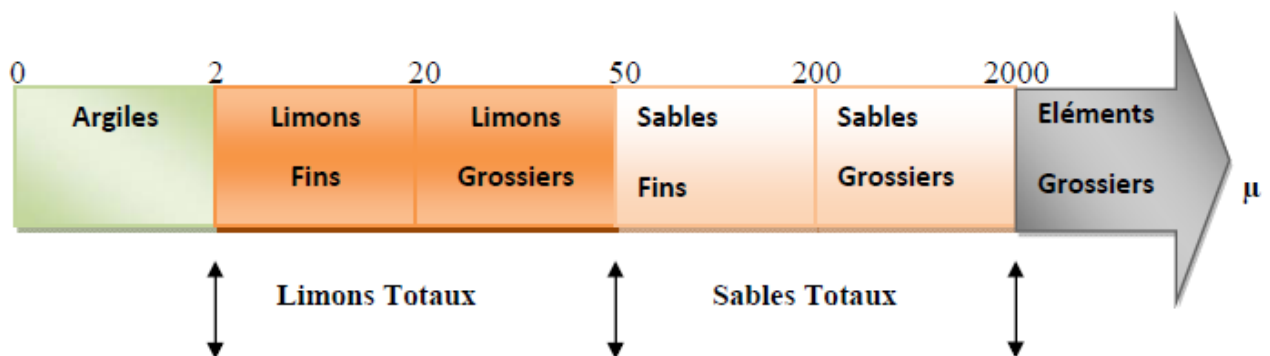
### 2. La texture

La texture correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur (en fait diamètre, les particules étant supposées sphériques) (Duchaufour, 1984). Elle est directement liée à celle de la composition granulométrique déterminée au laboratoire après destruction des ciments et annulation de toutes les forces de cohésion (Baize et Jabiol, 1995). La composition granulométrique peut s'exprimer en utilisant un diagramme triangulaire divisé en classes texturales (Baize, 1988) correspondant chacune à des proportions spécifiques des trois principales fractions granulométriques : argiles, limons et sables. Sur le terrain, en absence de toute analyse, un diagnostic tactile de la texture reste possible (pétrissage entre les doigts), tout en s'aidant des sensations optiques et auditives. Il permet de décrire un soum, et de porter un jugement immédiat. Une personne expérimentée peut parvenir à une estimation extrêmement précise et fidele (Baize, 2000 ; Delaunois, 2006).

#### 2.1. La fraction grossière et la fraction fine

Par convention internationale, elle regroupe les constituants minéraux individualisés d'une dimension supérieure à 2 mm, la plupart des analyses pédologiques néglige cette fraction et s'intéresse d'une manière générale à la fraction dite « terre fine ». L'analyse granulométrique et la plupart des analyses en pédologie s'intéressent à cette fraction, elle correspond à l'ensemble des éléments de dimension inférieure à 2mm.

- *La fraction fine*



Source : Baize et Jabiol, (1995).

Figure 3. Classification des composants de la terre fine

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

**Les sables** : sont généralement siliceux, formés de grains de quartz- très résistants et subsistant longtemps, même en cas d'acidification intense du sol, les sables carbonatés, vite altérés, sont rares et limités à certains sols peu évolués (Gobat et al, 2010).

Les sables grossiers facilitent la pénétration de l'eau et de l'air (perméabilité), retiennent peu l'eau (filtration), et ne peuvent s'agglomérer en mottes, le sol est, donc, léger, sensible à l'érosion et facilement pénétrable par les racines(Gobat et al, 2010).

**Les limons** : comme les sables, proviennent de la désagrégation physique des roches. Ils contiennent :

- Du quartz pratiquement inaltérable.
- D'autres silicates, altérables lentement et constituant une réserve nutritive à long terme, Comme les pyroxènes, les amphiboles, les micas ou les feldspaths.
- Des minéraux carbonatés, altérables rapidement par l'eau chargée en CO<sub>2</sub> et fournissant le calcium et le magnésium au complexe adsorbant. (Baize et Jabiol, 1995).

**Les argiles** : formées en majeure partie d'argiles minéralogiques différenciées selon le Nombre de couches constituant les feuillets (kaolinite, illites, vermiculites, chlorites et argiles gonflantes : Smectites, montmorillonites), mais elles contiennent aussi des oxydes métalliques ou des gels colloïdaux. Il est rare de trouver un seul type d'argile dans un sol. Souvent, la fraction argileuse se compose de plusieurs types d'argile en fonction de l'histoire pédologique de chaque sol (Mhiri, 2002).

- **La fraction grossière**

Les éléments grossiers forment le squelette du sol. Quand ils constituent la part essentielle dans la composition du sol, ils donnent ce que l'on peut appeler des sols squelettiques (Certains sols de montagne).

**Tableau 2:** Classement et nomenclature des éléments grossiers

Catégorie	Limité
blocs	Supérieur à 20
pierres	5-20
cailloux	2-5
graviers	0.2-2

*Source : Baize et Jabiol, (1995)*

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

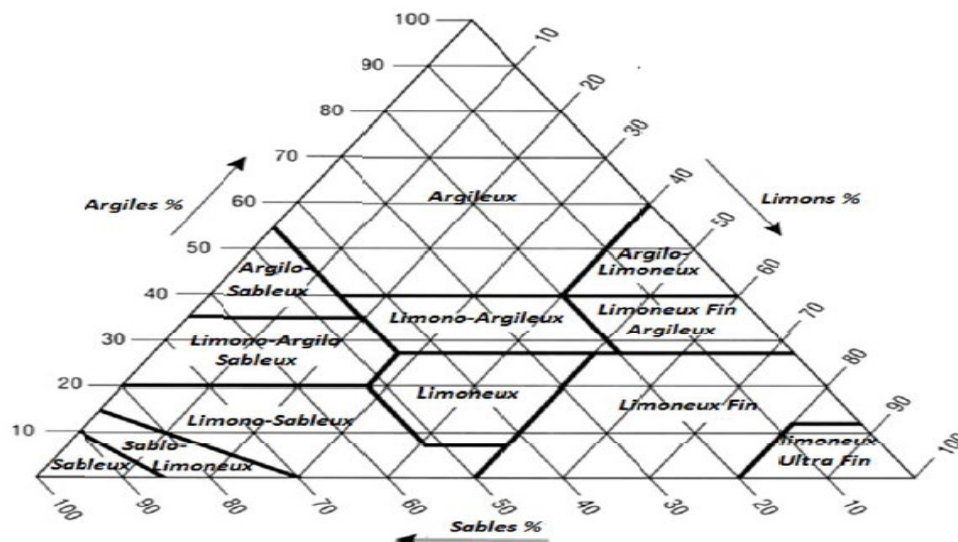
- . Réserve minérale du sol : leur altération chimique libère des éléments minéraux qui contribuent à l'alimentation des plantes.
- . Augmente la perméabilité du sol à l'eau et à l'air.
- . Réservoir de chaleur
- . Constitution de réserves d'eau : certaines roches poreuses peuvent retenir l'eau (exemple du calcaire).

### 2.2. Le triangle des textures

Les compositions granulométriques sont pratiquement, toujours, à trois fractions : argile, limon et sable, la somme de ces trois fractions est égale à 100%. Il existe de nombreux modèles de représentation triangulaire, mais le principe est toujours le même, que le triangle soit équilatéral (Baize, 2000).

On positionne la composition granulométrique selon deux des trois fractions, la troisième est égale au complément à 100% et se trouve ainsi fixée. Chaque point du triangle correspond donc à une répartition granulométrique bien définie des constituants du sol (Richer De Forges, 2008).

Au cours de ce mémoire, nous ferons usage du diagramme **USDA (United States Department of Agriculture)** qui fait référence dans le monde entier, il comprend 12 classes texturales.



Source : USDA(2008)

Figure 4. Triangle des texture

## **Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique**

### **3. La structure du sol et la notion de stabilité structurale**

La structure du sol définit la façon dont le sol est organisé dans l'espace (Dexter, 1988) et dans le temps (Roger, 1995). Kay (1990), cité par Abiven (2004), proposait une description de la structure du sol en trois composantes : la forme, la résilience et la stabilité.

#### **3.1. Les composantes de la structure du sol**

##### ***- La forme structurale***

Décrit l'arrangement hétérogène des solides et des vides existants dans le sol en un temps donné. La porosité totale, la distribution des tailles de pores, la continuité du système poreux, l'arrangement des particules solides entre elles, l'organisation des zones de fractures sont des exemples de caractéristiques de cette forme structurale (Cauley, 2005).

Henin (1976), en tenant compte de la forme des particules et de leur constitution, a proposé la nomenclature suivante :

Structure à éléments particuliers

Structure continue ou fondue

Structure fragmentaire

Dans cette dernière, il distingue :

Type anguleux : cubique, prismatique, colonnaire, lamellaire, en plaquettes

Type arrondi : grenue, nuciforme, sphéroïdale

Type polyédrique : anguleuse ou subanguleuse

Type grumeleux : contours irréguliers mais arrondis (Delecourt, 1978).

##### ***- La résilience structurale***

Définit la capacité d'un sol à retrouver sa forme structurale initiale grâce à des processus naturels lorsque les contraintes physiques s'atténuent ou cessent d'être appliquées. D'après Kay et Rasiah (1994), cité par Abiven (2004), les processus en jeu peuvent être nombreux : Activité biologique (racines, macrofaune et microflore), cycles dessiccation/ré humectation et gel/dégel.

##### ***- La stabilité structurale***

Correspond à la capacité d'un sol à conserver son arrangement entre particules solides et vides lorsqu'il est exposé à différentes contraintes. Ces contraintes peuvent être de

## **Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique**

différentes intensités, comme par exemple l'impact d'une pièce d'un outil de travail du sol, l'impact de gouttes de pluies ou l'humectation (Le bissonnais, 1996).

A partir de ces trois composantes, il est possible de définir les évolutions de la structure du sol dans le temps et dans l'espace et de définir une vulnérabilité du sol à son environnement (Kay, 1990 cité par Abiven, 2004). Un sol instable avec une faible résilience va être particulièrement vulnérable aux contraintes extérieures.

Néanmoins, d'entre les composantes de la structure, la stabilité structurale demeure la plus importante étant donné qu'elle permet de définir la sensibilité du sol à la dégradation au cours du temps. La résistance des agrégats à des contraintes physiques détermine la sensibilité d'un sol à la battance et à l'érosion (Le bissonnais, 1996a).

Elle est, de ce fait, particulièrement à prendre en compte dans les questions touchant à la fertilité physique et aux paramètres environnementaux liés au sol.

### **3.2. Facteurs influençant la stabilité structurale**

Les principales propriétés du sol influençant la stabilité structurale ont fait l'objet de nombreuses études et revues, les principales sont les suivantes :

#### ***- La texture du sol***

La stabilité structurale augmente avec la teneur en argile, sans toutefois qu'il soit possible d'établir des corrélations significatives généralisables à tous les types de sols (Le Bissonnais, 1996b). Les sols limoneux et sableux sont plus fragiles que les sols argileux (Abiven, 2004).

#### ***- La minéralogie des argiles***

Le type d'argile joue un rôle ambivalent sur la stabilité structurale. Les argiles avec une capacité d'échange cationique forte induisent des agrégats plus résistants, car elles offrent une surface de contact plus importante, mais elles peuvent se disperser plus facilement quand les conditions s'y prêtent (Abiven, 2004).

#### ***- La matière organique***

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

La matière organique influence la stabilité structurale par plusieurs mécanismes. Elle joue le rôle de liant entre les particules et modifie les propriétés hydriques du sol. Certaines études montrent une relation directe entre la teneur en carbone total et la stabilité structurale (Dutartre, 1993; Le bissonnais *et al*, 2002). D'autres suggèrent que la relation n'est probablement pas linéaire et dépend de la nature des interactions particules de sol-matière organique (Le bissonnais, 1996b).

### - *La teneur en cations (notamment le sodium et le calcium)*

La teneur et la nature des cations échangeables influencent la stabilité structurale par leur effet sur les processus de dispersion/floculation des argiles. Cette caractéristique est fortement liée à la texture du sol et au type d'argile. (Dutartre, 1993; Le bissonnais *et al*, 2002)

### - *La teneur en calcaire*

L'apport du CaCO<sub>3</sub> à un effet favorable sur la stabilité structurale. Cependant, son action n'est significative que lorsque la teneur en argile est suffisante. L'effet du calcaire est principalement dû à l'effet de l'ion Ca<sup>2+</sup>.(Dutartre, 1993; Le bissonnais *et al*, 2002)

### 3.3. La perméabilité

La nutrition minérale et l'alimentation hydrique du végétal dépendent étroitement de l'état physique du sol. L'amélioration de ce dernier suppose la connaissance et l'estimation de certains paramètres propres à le caractériser. On s'accorde généralement pour dire que c'est l'état structural qui détermine la circulation de l'air et de l'eau dans un sol et, par voie de conséquence, le développement racinaire. (Flogeac, 2004).

La nature même du matériau et sa porosité complexe rendent difficile et fixent des conditions strictes à l'application des lois physiques classiques destinées à expliquer la circulation des fluides dans un tel milieu. (Flogeac, 2004).

Une des méthodes d'appréciation des qualités physiques d'un sol consiste ainsi à mesurer sa perméabilité dans des conditions de saturation qui autorisent l'application de la loi de

**DARCY**. Les techniques utilisées sont basées sur la percolation de l'eau à travers un poids de terre donné. On mesure ainsi ce que certains auteurs appellent un coefficient de perméabilité, d'autres une vitesse de filtration (Talineau, 1969).

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

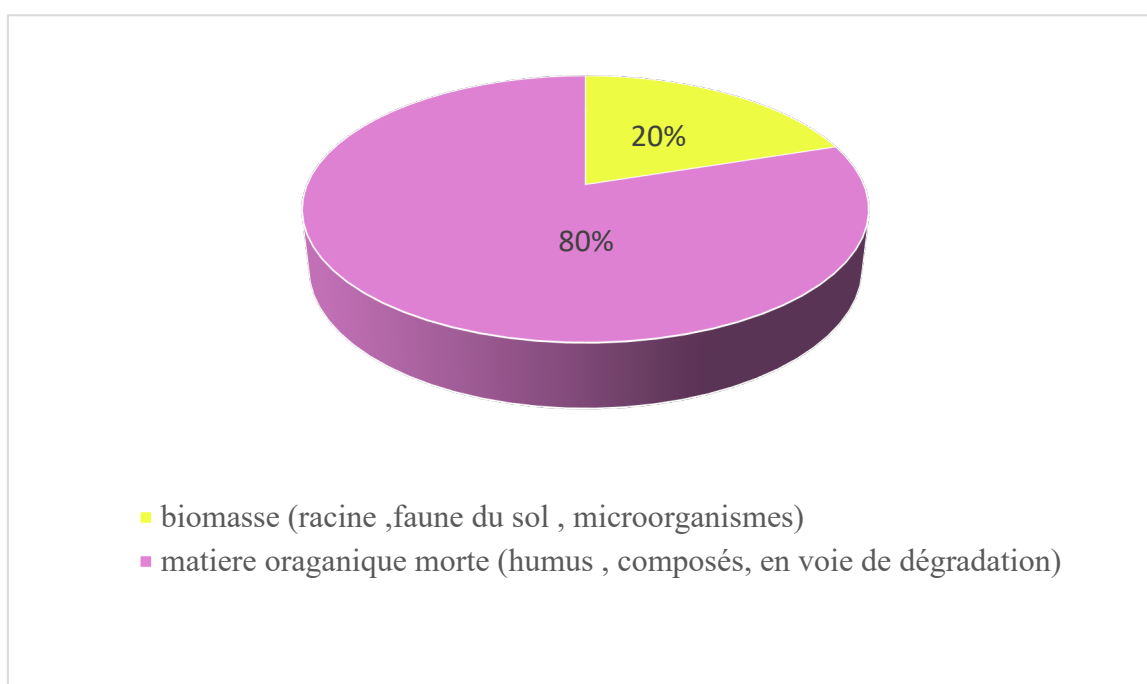
### 4. La fraction de la matière organique

La fraction organique représente généralement 1 à 5% de la fraction solide du sol. Elle peut être définie comme une matière hydrocarbonée provenant d'êtres vivants végétaux et animaux. Elle est composée d'éléments principaux (C, H, O, N) et d'éléments secondaires (S,P, K, Ca, Mg) (Flogeac, 2004).

La fraction organique est constituée à plus de 80% de matière organique (MO) morte (tissus végétaux, résidus d'organismes). La MO morte subit de nombreuses transformations dans le sol : elle est fragmentée, altérée chimiquement mais aussi biologiquement car, au cours de la minéralisation, elle sert de source d'énergie pour les organismes vivants du sol. (Quenea, 2004).

Certaines molécules non minéralisées vont subir une humification, c'est-à-dire une réorganisation en molécules plus ou moins complexes qui constituent les substances humiques. (Quenea, 2004).

Dans la fraction organique, on trouve aussi des organismes vivants : des bactéries, les actinomycètes, les champignons mais aussi des racines ou encore la faune (protozoaires, nématodes, certains insectes, vers de terre). Bactéries et champignons sont les principaux responsables de la minéralisation des MO mais ils participent aussi à l'humification notamment par l'excrétion d'enzymes dans le sol ainsi qu'à la formation des complexes organe-minéraux (Quenea, 2004).



## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

Source : Flogeac, et Quenea, (2004)

Figure 5. Répartition de la fraction organique

### 4.1. Définition de la matière organique du sol

Par le terme « MO des sols (MOS) » on entend l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation. Les quantités de MOS et de carbone organique sont corrélées. Il est arbitrairement admis que la MOS est le double du carbone organique dans un sol non cultivé et que dans un sol cultivé, elle est égale à 1.73 fois la teneur en carbone organique (Duchaufour, 2001). D'après Oades, (1993), la majorité du carbone organique du sol provient des plantes vasculaires (racines et feuillages).

### 4.2. La dynamique de la matière organique

La matière organique qui constitue une source de carbone, d'énergie et de nutriments pour les organismes vivants du sol, est biodégradée, bio-transformée et bio-minéralisée par des processus biochimiques impliquant pour la plus grande part des micro-organismes (Duchaufour, 1997 ; Girard *et al*, 2005). Selon les mêmes auteurs, la matière organique, à son arrivée au sol, subit trois types de transformation

- **L'humification** : transformation par voie biologique ou physico-chimique de la matière Organique fraîche en composés humiques, plus résistants à la biodégradation et qui peuvent Contracter avec les composés minéraux des liaisons qui accentueront d'avantage leur stabilité, (Monrozier et Duchaufour, 1986).

- **La minéralisation** : il s'agit de processus physique, chimique et biologique transformant les constituants organiques en constituants minéraux. Il s'agit donc de l'ultime phase de Transformation des substances organiques ; elle se traduit par la libération dans l'atmosphère et le sol de produits minéraux tels l'eau, le gaz carbonique, l'acide nitrique, l'ammoniac, les sels minéraux (K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>,.). (Duchaufour, 1997 ; Girard *et al*, 2005)

- **L'assimilation** : à l'extrémité des chaines des détritux, par les micro-organismes, ultime Maillon des consommateurs.

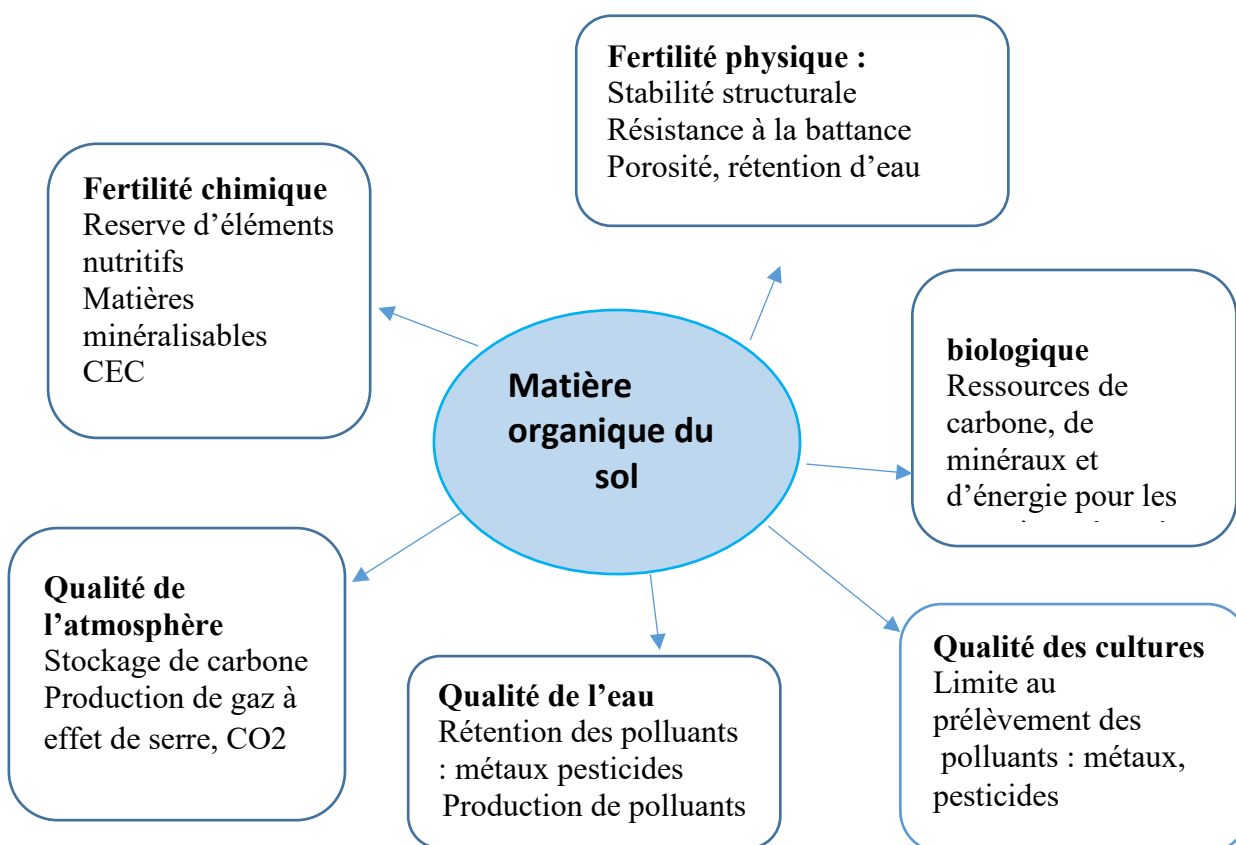
#### - Rôle et fonctions de la matière organique

La matière organique du sol représente l'indicateur principal de la qualité des sols, à la fois Pour des fonctions agricoles (c'est-à-dire la production et l'économie) et pour les fonctions

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

Environnementales (parmi elles la séquestration du carbone et la qualité de l'air). La matière organique est le principal déterminant de l'activité biologique, la quantité, la diversité et l'activité de la faune et des micro-organismes sont en relation directe avec la présence de la matière organique (Van Wesemael *et* Brahy, 2013).

Robert (1996), souligne l'influence majeure de la matière organique sur les propriétés Physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Les conséquences directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. Le carbone des sols affecte aussi la dynamique et la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs. (FAO, 2002). De nombreuses autres fonctions sont assumées par les matières organiques du sol : elles sont résumées dans la figure 6 :



*Source : Agriculture et Territoires, (2011)*

**Figure 6.** Rôles et fonctions de la matière organique

### 5. Le complexe argilo – humique

#### 5.1. Définition

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

Dans l'écosystème, le sol est le siège privilégié de la rencontre entre les mondes minéraux et organique (Gobat *et al*, 2010). C'est ainsi que l'association des argiles et de l'humus donne naissance à ce qu'on appelle communément le complexe argilo-humique ou complexe adsorbant Duchaufour (1984), l'a défini comme étant l'ensemble des colloïdes au sens large du terme, composés humiques et argiles dotés de charges négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises.

### 5.2. Structure du complexe argilo-humique

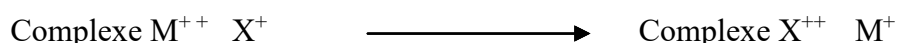
Argile et humus sont reliés entre eux par le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ou le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), en formant un pont entre les deux. Le calcium donne des liaisons solides, très stables, qui empêchent une minéralisation trop rapide de la matière organique humifiée et qui s'opposent à la dispersion des argiles, le complexe humus-calcium-argile confère au sol une teinte noire, bien visible dans les sols carbonatés. Le Fer remplace peu ou prou le calcium dans les sols décalcifiés ou dans les sols calciques riches en fer, la liaison y est plus fragile. Le complexe humus-fer argile colore le sol en brun.

La formation et la stabilité du complexe adsorbant dépendent ainsi de la quantité et de la Qualité de la matière organique, de la présence de certaines argiles, notamment les smaltites, et de cations de liaison ; elles sont favorisées par la faune et la microflore (Gobat, 2010).

### 5.3. Les cations basiques échangeables

Le sol possède la propriété de retenir diverses substances. En effet, les cations et les anions Peuvent être retenus par le complexe adsorbant du sol, c'est-à-dire l'ensemble des colloïdes dotés de charges négatives ou positives.

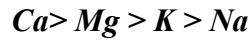
Les ions y seront retenus sous forme échangeable. En d'autres termes, si on traite un sol par une solution contenant des ions différents de ceux retenus par le complexe, il y aura échange entre les ions du complexe adsorbant et ceux de la solution (échange réversible)



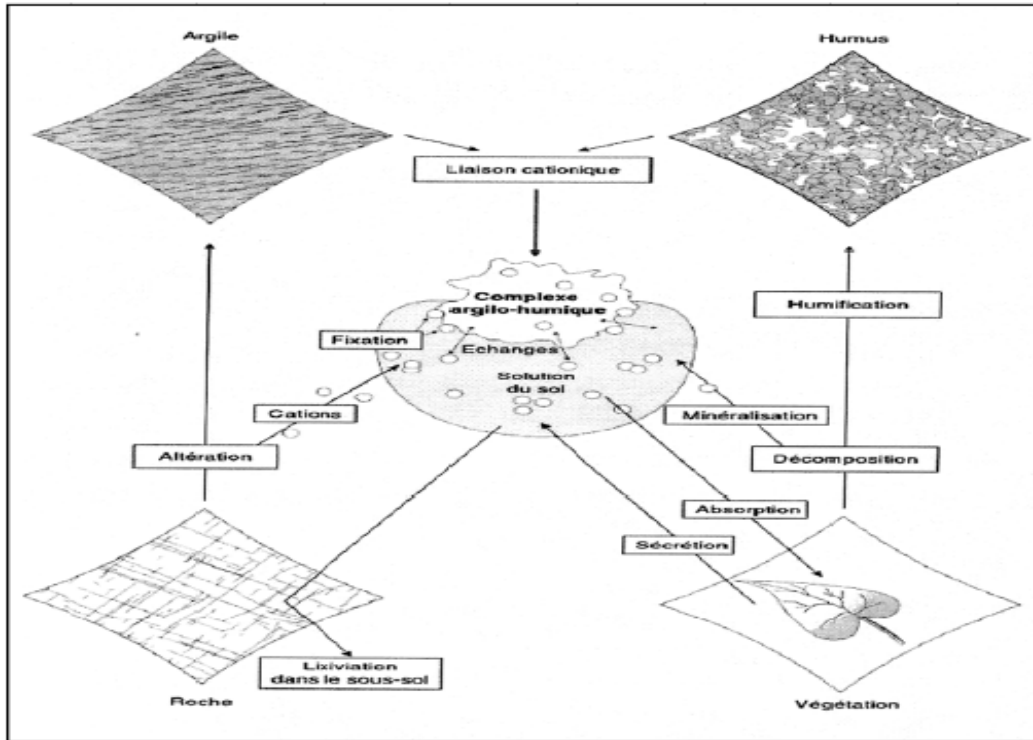
Les cations sont fixés à la surface des colloïdes sur les plages où se développent des charges négatives (Massenet, 2013).

Dans la plupart des climats à saison humide, les cations retenus se classent dans l'ordre :

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

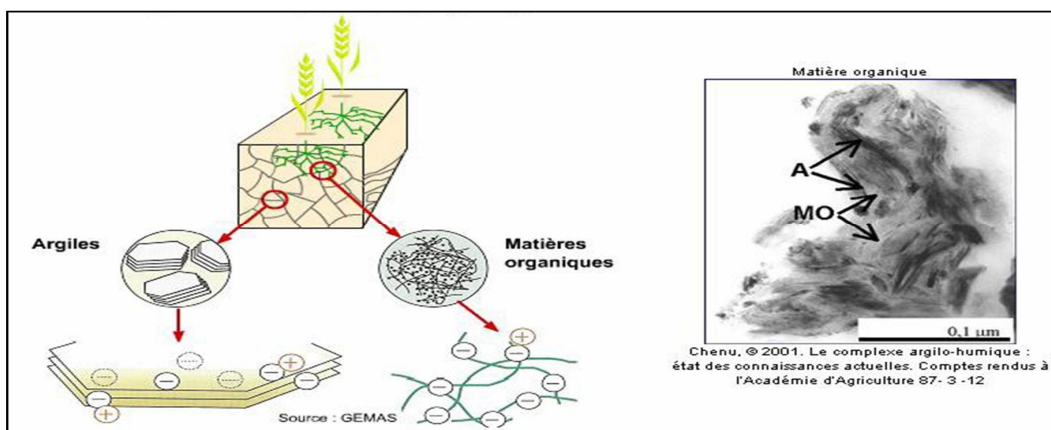


Le calcium représentant à lui seul 70 à 80% de la somme des bases échangeables, et même plus de 90% dans la plupart des rendzines, à forte réserve calcique (Duchaufour, 1984).



Source : Gobat et al, (2010)

Figure 7. Le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol



Source : UNIFA, (2005)

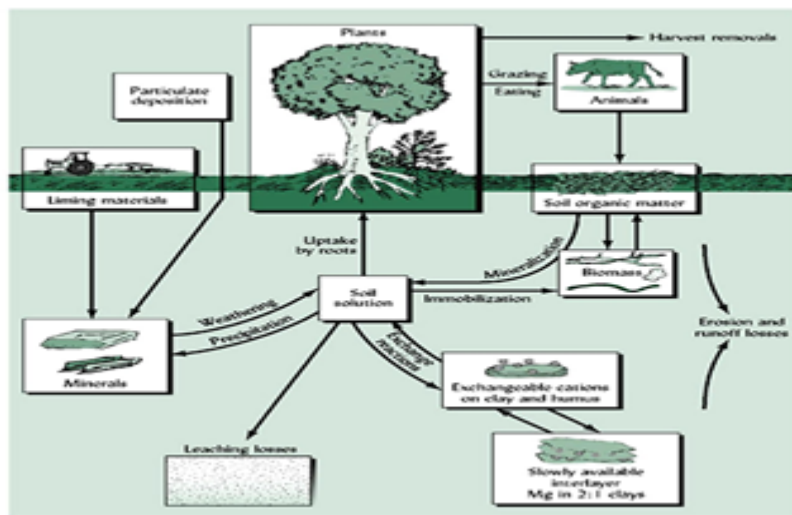
Figure 8. Structure du complexe argilo-humique

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

### 5.4. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Boyer (1978), note que la présence de calcium et de magnésium dans le sol peut provenir de la roche mère. Les sources pouvant fournir ces deux éléments sont :

- **Les roches sédimentaires** : dont les plus importantes demeurent le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) et la dolomite (carbonate double de calcium et de magnésium  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).
- **Les roches éruptives** : on rassemble ici sous ce vocable et les roches plutoniques bien cristallisées formées en profondeur et les roches effusives (laves) dont la masse reste vitreuse, totalement ou partiellement.
- **Les roches métamorphiques** : le métamorphisme n'affecte, généralement pas, la composition minéralogique des roches.
- **L'atmosphère** : par l'intermédiaire des eaux de pluie (aérosols)
- **La végétation** : la biomasse végétale accumule toujours une certaine quantité de calcium et de magnésium qu'elle peut, suivant les circonstances, restituer au sol en totalité ou en partie.



Source : Brady et Ray, (2002)

Figure9 . Cycle du calcium et du magnésium dans le sol

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

### 5.5. Le Potassium ( $K^+$ )

#### a. Origine du $K^+$

De nombreux constituants minéraux du sol contiennent du potassium à l'état natif. La teneur moyenne de l'écorce terrestre en  $K_2O$  est évaluée à 3,2 %. Les minéraux silicatés (feldspaths potassiques, micas, Argiles) en sont les principales sources. Dans les sols, ce sont surtout les minéraux argileux qui constituent à la fois le principal réservoir et le piège à potassium. Les minéraux d'altération des sols se distinguent les uns des autres par leurs teneurs en bases dont le potassium (Mhiri, 2002).

Par ailleurs, l'humus du sol peut constituer une source non négligeable de potassium. La teneur et le type d'humus déterminent le potentiel de ce gisement potassique. Pour l'agriculture biologique, il est la source principale d'entretien de la fertilité du sol.

A l'exception de certains sols franchement sableux, riches en feldspaths potassiques (sable arkosique), les sols à texture fine (textures argileuse, argilo-Limoneuse) sont potentiellement plus riches en K total que les sols à texture grossière. Mais la teneur en K total d'un sol ne préjuge

Pas du niveau de biodisponibilité de cet élément pour la plante cultivée, (Mhiri, 2002).

#### b. Les formes du potassium dans le sol

Mhiri (2002), a défini les trois formes suivantes :

- **Potassium échangeable.** Il comprend le potassium de la solution du sol et le potassium adsorbé sur les surfaces externes des minéraux argileux en particulier. Des échanges ioniques incessants et rapides s'établissent entre ces deux formes.
- **Potassium de constitution :** à l'intérieur de l'édifice cristallin des argiles. Il représente plus de 95 % du potassium total des sols argileux.
- **Potassium fixé (ou rétrogradé) :** constitue un volant de réserve. Entre les différentes formes, des échanges lents peuvent se réaliser dans certaines conditions avec le potassium échangeable

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

### 5.6. L'azote et sa biodisponibilité

L'atmosphère est la principale source d'azote. On le rencontre principalement sous sa forme diatomique ( $N_2$ ).il s'agit d'une molécule très stable. La plupart de l'azote du sol est constitué d'azote organique.il est rendu disponible pour les plantes par minéralisation liée à l'activité des micro-organismes. La matière organique constitue la principale réserve d'azote du sol (Scheiner,2005).

#### a. Formes de l'azote dans le sol

Scheiner (2005), définit les formes suivantes :

- **L'azote organique** : constitue 85 à 95% de l'azote total du sol ;
- **L'azote inorganique** : constitue la fraction disponible pour les cultures. Le sol en contient rarement plus de 10% de l'azote inorganique total.

C'est sous la forme de nitrates ( $NO_3^-$ ) qu'il est principalement absorbé par les cultures exception faite de certains cas ou la culture se développe en conditions d'anoxie (cas des rizières :  $NH_4^+$ ).

#### b. Cycle de l'azote

Il intègre les diverses formes de l'azote du sol et de l'atmosphère, et toutes les transformations entre ces différentes formes. Le passage du  $N_2$  (gazeux) aux formes combinées se fait au moyen de la fixation biologique, et le passage des formes organiques aux formes inorganiques se fait au travers de la minéralisation.

Dans le cycle global de l'azote, on peut différencier la partie propre au sol. La caractéristique principale de ce cycle interne est qu'il peut se résumer en deux processus biologiques opposés : la minéralisation et l'immobilisation (Mengel *et* kirkby, 2001).

- **La minéralisation** : contenant deux processus, l'ammonification et la nitrification.

- **La nitrification** : c'est la conversion de l'azote inorganique en formes organiques constitutives des micro-organismes.

#### c. Les gains d'azote

La fixation biologique de l'azote atmosphérique par les bactéries représente environ 60% de l'azote total. Le rayonnement ultraviolet et la foudre contribuent pour 15%. Le reste provient de l'industrie des Engrais (Mengel *et* kirkby, 2001).

#### d. Les pertes d'azote

Se font à travers trois processus :

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

- **La dénitrification** : par l'action des bactéries anaérobies, passant des nitrates aux nitrites, puis en composés ammoniacaux et enfin en azote gazeux et oxydes d'azote ;
- **La volatilisation** : cette voie des pertes est favorisée dans les sols alcalins, les sols de faible capacité d'échange cationique ou les sols secs (Hargrove, 1988 cité par Scheiner, 2005) ;
- **La lixiviation** : l'azote sous forme  $\text{NO}_3^-$ , très vulnérable à la lixiviation, s'accumulant dans les horizons de surface peuvent être entraînés en profondeur. Dans les sols agricoles, ce risque de perte est dépendant de la présence de nitrates dans le profil et d'un volume d'eau capable de le transporter (Scheiner, 2005).

### 5.7. Cycle du carbone

Le carbone est apporté au sol par les débris végétaux et les cadavres de la faune, mais aussi par les fumures et les engrais verts. La décomposition de ces apports organiques s'effectue sous "action de la faune et de la microflore. Elle est, selon les sols et les saisons, plus ou moins rapide, conduit à des produits de nature différente et s'accompagne d'une synthèse plus ou moins importante de substances pré humiques. (Mengel *et* Kirkby, 2001).

Les glucides donnent divers corps intermédiaires, des acides organiques, du gaz carbonique et de l'eau.

La cellulose dans la nature est généralement liée à la lignine, aux héli-celluloses et aux pectines; les pecto-celluloses sont plus facilement attaquées que les ligno-celluloses. De nombreuses bactéries et de nombreux champignons peuvent attaquer la cellulose.

Le glucose apparaît être le stade final le plus habituel de la dégradation aérobie de la cellulose. Il est réutilisé immédiatement par les bactéries. Divers autres sucres, ainsi que des acides organiques et des gommes peuvent aussi se former. En anaérobiose, de nombreux bâtonnets sporulés dégradent la cellulose (famille des **Clostridium** par exemple). Les produits de dégradation sont alors des acides organiques et des gaz dont le méthane.

La lignine, très résistante, n'est dans les régions tempérées que très lentement attaquée, notamment par les champignons. Elle peut donner des acides tanniques et des glucides phénoliques qui, en milieu alcalin, se polymérisent et s'oxydent en donnant des acides humiques.

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

Les pectines donnent des acides organiques, des alcools et des gaz, ou sont hydrolysés en sucre.

Les lipides et les cires se dégradent très lentement en donnant souvent des corps gras insolubles et parfois toxiques.

Les cycles du carbone et de l'azote sont liés entre eux, du fait des besoins en azote des divers organismes vivants, qu'il s'agisse des besoins en nitrates des plantes ou du besoin en ammoniac de certaines bactéries.

Le rapport *C/N* correspond pour chaque sol à un équilibre bien défini et s'avère très utile à connaître. (Mengel et Kirkby, 2001).

### 5.8. Le phosphore

#### Le phosphore et sa biodisponibilité

Le phosphore constitue l'un des trois éléments majeurs indispensables à l'alimentation des cultures et un facteur qui peut sérieusement limiter la production agricole. En effet, le phosphore est fondamental dans le métabolisme de la matière vivante (ATP, ADP, AMP) ; il fait partie aussi des éléments constituant toutes les membranes cellulaires.

Dans le sol, la teneur en phosphore est de l'ordre de 0,02 à 3%. L'analyse du statut phosphaté du sol est donc destinée à évaluer le phosphore bio disponible, (Lilia, 2004).

#### Formes du phosphore dans le sol

Les formes du phosphore dans le sol sont multiples et variées. La présence de chacune de ces formes dépend des conditions d'acidité, de basicité, d'alcalinité ainsi que de l'activité biologique du sol considéré. Baize (2000), considère les formes suivantes :

##### - *Phosphore total*

C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'elles soient minérales ou organiques.

## Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique

### - *Phosphore minéral*

C'est le phosphore inclut dans des minéraux comme les apatites (phosphates calciques), dans tous les composés d'oxyhydroxydes de fer et d'aluminium, ainsi que dans les phosphates tricalciques associés à un calcaire actif (très insolubles dans les milieux calcaires).

### - *Phosphore organique*

Le phosphore organique correspond à celui que l'on retrouve dans la matière organique fraîche et l'humus. Dans les sols cultivés de longue date, sa proportion varie entre 25 et 30 % du phosphore total. Cette forme de phosphore est susceptible de devenir assimilable grâce à l'action des micro-organismes et à la minéralisation de l'humus.

### - *Le phosphore assimilable*

Appelé aussi « fraction labile », c'est le phosphore susceptible d'être absorbé par les racines ; on y trouve différentes formes d'anions ( $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ,  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ ) soit dans la solution du sol, sur les surfaces externes des minéraux argileux ou bien sur les surfaces sortantes des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium.

## 6. La fertilité du sol

### a. Notion de fertilité

La notion de fertilité d'un sol se rapporte à l'aptitude de ce sol à produire des récoltes plus ou moins abondantes grâce à l'action de l'agriculteur. Toutefois, cette aptitude ne dépend pas uniquement des propriétés du sol (fertilité propre ou intrinsèque), mais également des caractéristiques climatiques de la région étudiée (Morel, 1989).

Le climat et le sol concourent à un environnement pédoclimatique, c'est-à-dire un ensemble de conditions favorables ou contraignantes pour la croissance végétale (lumière, température, humidité, éléments nutritifs...etc.) ; il s'agit bien d'une potentialité propre à un contexte, et sur lequel l'homme peut agir (travail du sol, fertilisation, choix d'espèces...etc.) (Genot et al, 2007). La fertilité englobe trois composantes, physique, chimique et biologique.

### b. La fertilité physique

## **Chapitre2. Le sol et Ses paramètre physico chimique**

Les facteurs physiques essentiels de la fertilité des sols constituent l'état structural et la capacité de rétention de l'eau. L'état structural d'un sol correspond au mode d'assemblage des constituants minéraux et organiques du sol, elle détermine l'aération dont dépendent la croissance du végétal et l'activité biologique du sol. Le niveau d'épanouissement du système racinaire ainsi que le niveau de transfert de l'eau, oxygène et les éléments minéraux justifient l'état structural d'un sol. Elle est fonction d'une part de la texture et de la structure et d'autre part des facteurs agro-climatiques et anthropiques ainsi que de la topographie, de la profondeur et de la disposition des horizons (Soltner, 1996).

### **c. La fertilité chimique**

Pieri (1989), indique que la capacité d'un sol à se maintenir chimiquement fertile est déterminée par l'importance des réserves totales et leur passage sous forme assimilable. En effet, un sol fertile doit permettre de fixer les éléments nutritifs et assurer leurs échanges entre la phase liquide et solide, mais aussi entre la plante et le sol.

La nature de la roche mère et la quantité d'éléments mobilisables déterminent l'abondance des éléments nutritifs dans le sol. La baisse du niveau des éléments chimiques S'accompagnent d'une acidification et de toxicités diverses. (Boyer, 1983)

### **d. La fertilité biologique**

Elle à pour objectif de favoriser l'activité biologique, d'aider aux transferts des nutriments du sol à la plante et de favoriser la minéralisation des matières organiques. Elle peut être vue comme une conséquence des fertilités physique et chimique. (Merelle, 1998)

### **c. Les valeurs indicatives de la fertilité des sols**

Afin d'évaluer la fertilité des sols, des valeurs et des caractéristiques des différents paramètres physico-chimiques sont adoptées par les auteurs et les laboratoires d'analyses.

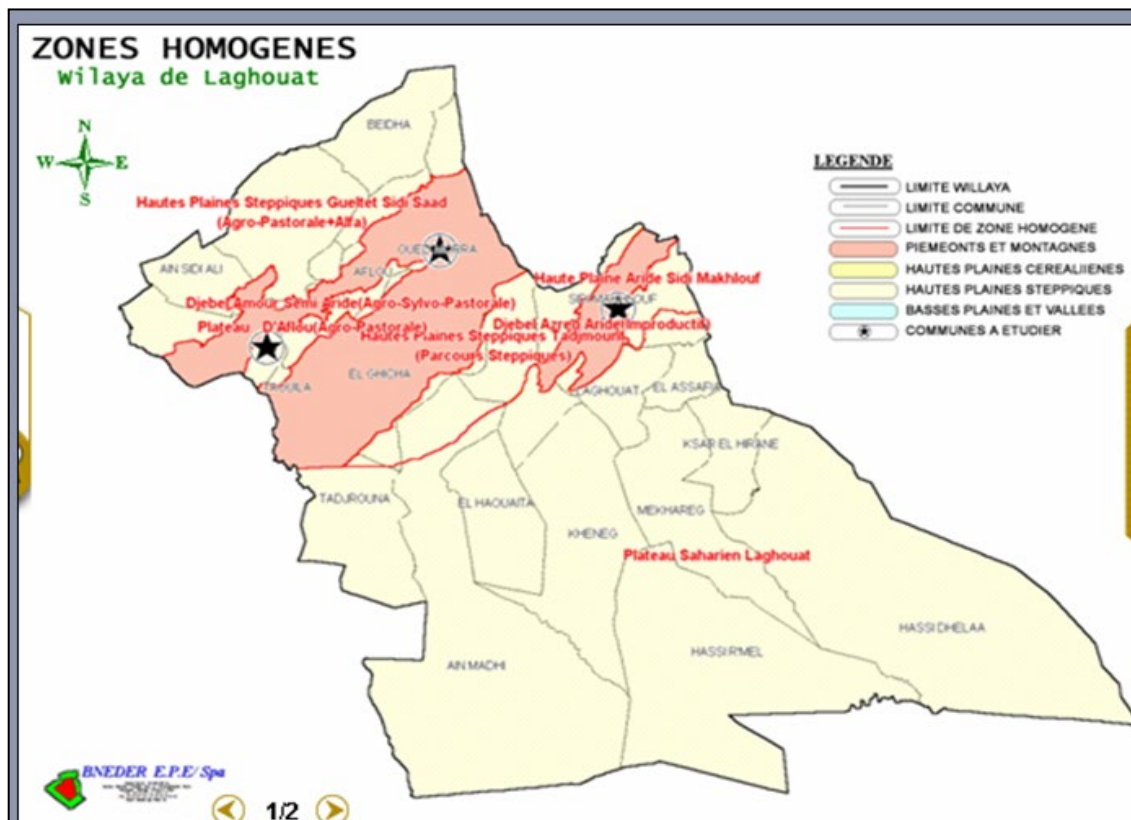
Dans la partie « Annexes », sont consignées dans des tableaux, les normes d'interprétation de chacun des paramètres étudiés et des éléments dosés.

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

### 1- Présentation générale de la wilaya

Située dans la région Sud de l'Algérie, la Wilaya de Laghouat s'étend sur une superficie de **25052 km<sup>2</sup>** Elle est formée de trois zones homogènes géographiques :

- La zone des hautes plaines steppiques située au Nord-Ouest de la Wilaya. Cette zone est caractérisée par des altitudes allant de **1000 à 1700m**, Le climat est de type continental et la pluviométrie y varie de **300 à 400 mm** par an.
- La zone de piémont et montagne, cette zone est caractérisée par un relief accidenté. Le climat semi-aride et froid et la pluviométrie est de **400 m/an**.
- La zone des Plateaux Sahariens. Cette zone est caractérisée par des altitudes allant de **700 à 1 000 m**. Le climat est de type saharien et la pluviométrie y varie de **50 mm** par an au sud à **150 mm**. (DPSB, 2018).



Source . BNEDER, (2006)

Figure10. Région de Laghouat.

### **2. La population**

La commune de Laghouat est la plus densément peuplée avec 168 184 habitants, soit 420,46 habitants au Km<sup>2</sup>, elle représente 31,15% de la population totale de la wilaya. 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 wilaya 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 wilaya de Laghouat, après celui des services et le BTP.

### **4. Caractérisations climatiques**

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).

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

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

- L'altitude comme indiqué 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 3.** Caractéristiques de station pluviométrique.

Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Localisation	Nb d'observation
Laghouat	33° 53' N	02° 31' E	777	Rue Khenag	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 10m<sup>3</sup>/ 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 4.** Précipitations moyennes mensuelles (mm) (2008-2018).

Période (2008-2018)	totale
---------------------	--------

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

mois	Jan	Fév	mars	Avril	Mai	juin	Juill	août	sept	oct	nov	déc	mm
<b>moy</b>	8,68	7,69	12,57	21,3	15,05	11,1	7,9	11,18	27,27	22,6	14,69	18,88	178,94

*Source : ONM, (2019).*

D'après le tableau 4, 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 5.** Variation des températures dans la période (2008-2018).

Période (2008-2018)													
Mois	jan	Fév	mars	avril	mai	Juin	juill	août	Sept	oct	nov	déc	moy
<b>max</b>	17,85	16,09	20,17	24,79	29,43	35,06	<b>39,51</b>	38,67	32,37	26,94	19,10	14,52	26,21
<b>min</b>	1,33	2,58	5,54	9,20	13,98	18,13	22,70	22,50	18,61	13,13	6,06	2,64	11,37
<b>moy T°</b>	9,59	9,34	12,86	17,00	21,71	26,60	31,11	30,59	25,49	20,04	12,58	8,58	18,79
<b>M-m</b>	16,52	13,51	14,63	15,59	15,45	16,93	16,81	16,17	13,76	13,81	13,04	11,88	14,84

*Source : ONM, (2019).*

D'après le tableau 5, nous remarquons que le maximum des températures a été enregistré durant le mois de juillet (39,51 °c) et le minimum enregistré durant le mois de janvier (1,33°c).

### 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 favorisaEnt les maladies cryptogamiques (Prevost, 1999).

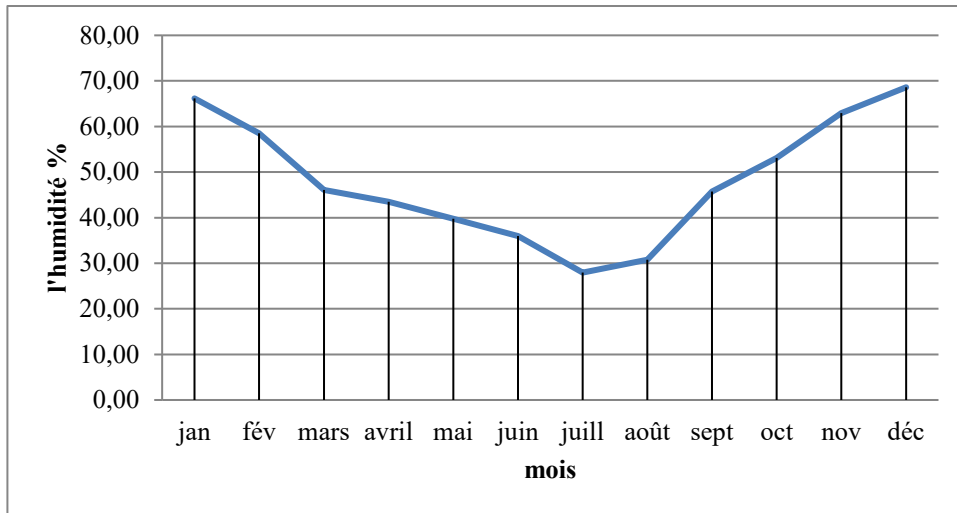


Figure11. L'humidité de l'air dans la période (2008-2018).

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 Laghouat =171.49 mm)

T : température moyenne annuelle en degré Celsius. (T Laghouat =19.03 °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 de Laghouat a révélé une valeur de 5.9 qui permet de classer la région dans un climat **très 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).

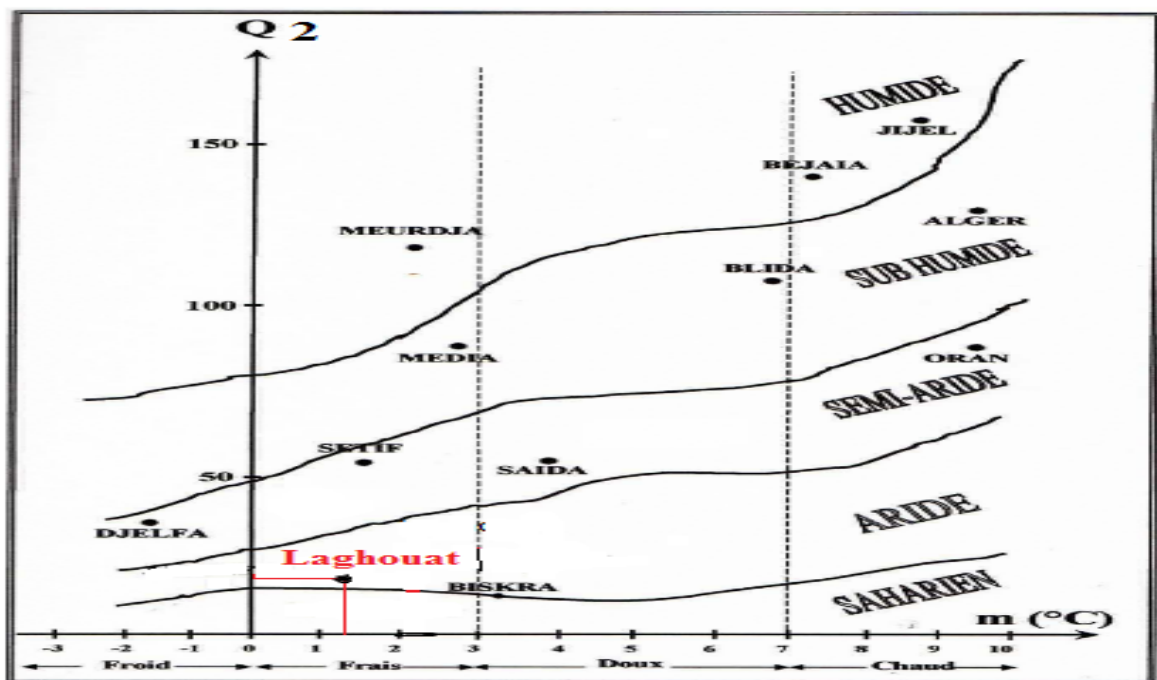
## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

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

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

**Q2** : quotient pluviométrique d'Emberger (représente la première coordonné 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 06, la région de Laghouat se situe dans un **étage bioclimatique aride à hiver frais**, d'où  $Q2 (2004/2015) = 15.4$  (avec  $m = 1.33\text{ °C}$ ,  $M = 39.51\text{ °C}$  et  $P = 171.49\text{ mm}$ ).



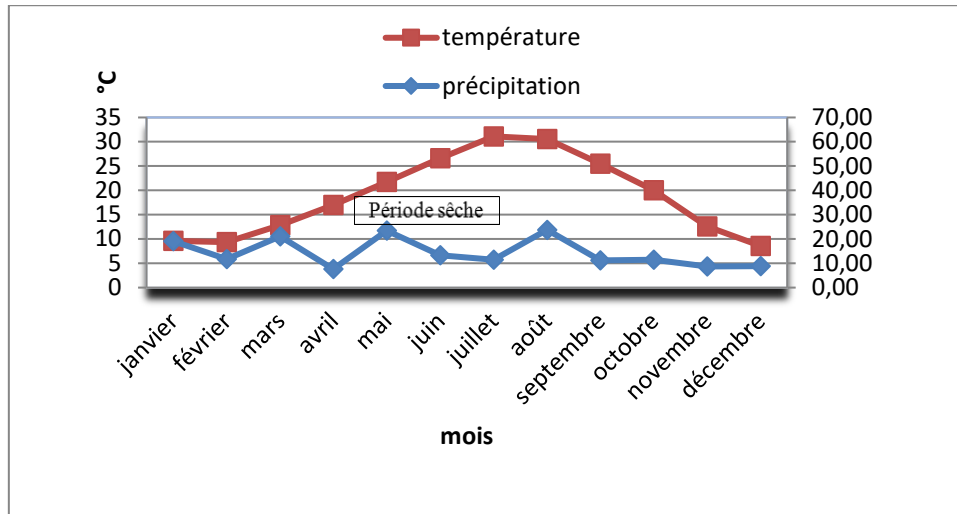
Source : Emberger, (1950)

Figure 12. 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 :  $1\text{ °C} = 2\text{ mm}$  de pluie.

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



Source : Mahi( 2014).

Figure 13. Diagramme ombrothermique de la région de Laghouat.

## 6. Nature des sols

D'après Halitim (1998), 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.

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

Les sols à texture légère, recouverts dans les espaces non cultivés de végétation d'alfa et d'armoise. 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).

## 7. L'agriculture

La vocation de la wilaya de Laghouat est agropastorale,

Tableau 6. Occupation du sol de la wilaya de Laghouat

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

<b>Superficie Agricole Totale (SAT)</b> = <b>2 505 200 ha</b>	<b>Superficie Agricole Utile (SAU) :</b>	<b>73 013 ha</b>
	Dont SAU irriguée : 37 032 ha, soit 49,78%	
	<b>Pacages et Parcours :</b>	<b>1 843 144 ha</b>
	Dont : Parcours à exploiter : 93 855 ha Parcours à protéger : 1 035 921 ha Parcours à reconstituer : 399 783 ha	
	<b>Superficie Forestière :</b>	<b>91 009 ha</b>
	Dont : Forêt Claire : 45 431 ha Maquis : 25 400 ha Reboisement : 20 178 ha	
<b>Autres</b>	<b>496 494 ha</b>	

Source : DSA (2019).

Selon la DSA (2019), la répartition du sol dans la wilaya est comme suit :

- Superficie totale Wilaya : 2.505.200 ha
- Superficie agricole : 73 013 ha
- SAU : 73.013 ha
- SAU irriguée : 20 853 ha

### La commune de Ain Madhi

#### 1.1. Situation géographique

Selon le découpage en zone homogène effectué pour la wilaya de Laghouat, la commune d'Ain Madhi est située dans la zone homogène des hautes plaines semi-arides à topologie agro-pastorale. La commune est située à l'extrême nord-est de la wilaya de Laghouat.

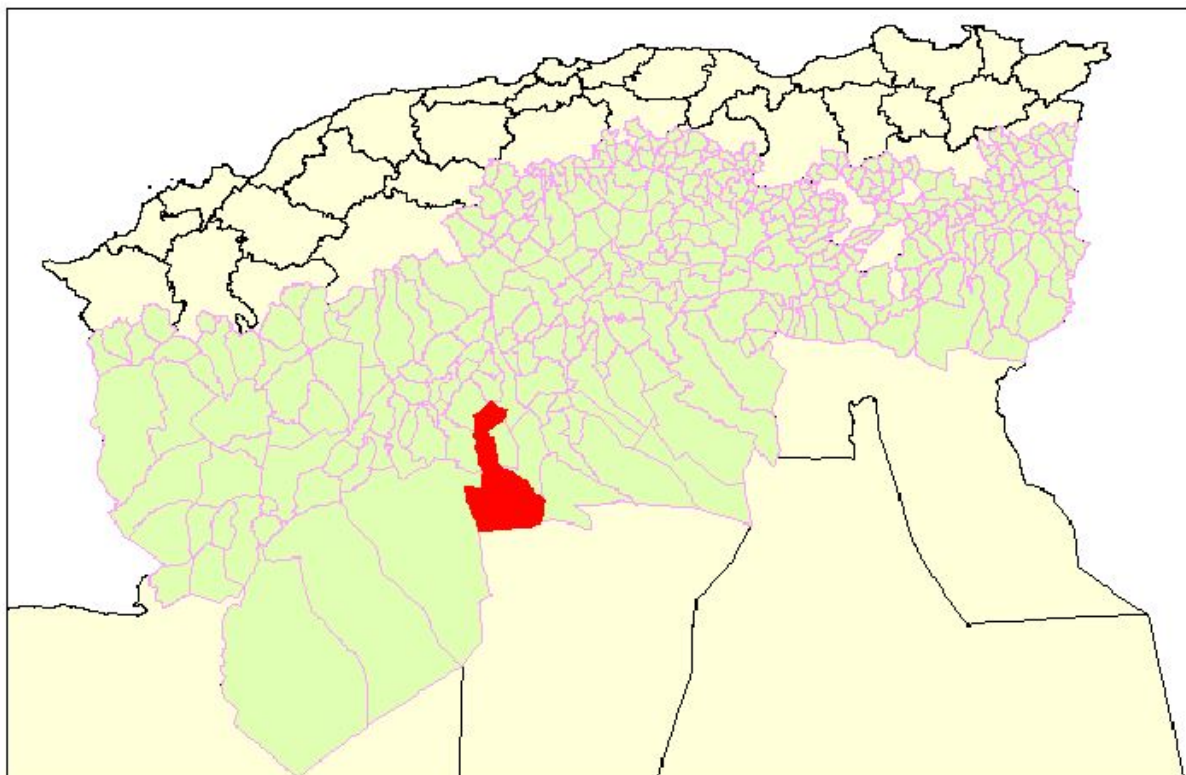


Figure14. Situation géographique de la commune d'Ain Madhi

## 1.2. Caractéristiques naturelles de la commune :

### 1.2.2 Le relief :

- Les pentes :

Pentes	0-3%	3 -12%	12.5 – 25%	> 25%	Total (ha)
Superficie	48060.07	2931.95			50992.02
%	94,25	5,75			100

Source : HCDS-BNEDER(2004)

Tableau10.les pentes

La commune présente une topographie plane, ce qui ne constitue pas une contrainte pour l'érosion. En effet, **94.25 %** se trouvent dans la classe des pentes comprises entre **0% – 3%**.

- L'altitude :

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

## 1.3. Les caractéristiques édaphiques :

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

- La lithologie :

Substrat	Sup. (ha)
1Rc	660,82
2rc	3120,18
3rC	34519,48
Rc+Rg	12414,92
Total	50 715,40

*Source: HCDS-BNEDER(2004)*

**Tableau11.lithologie**

- L'érosion :

Type	Sup. (ha)
S	50 715.40
Total	50715.40

*Source : HCDS-BNEDER(2004)*

**Tableau12. L'érosion**

### 1.4. Les caractéristiques socio-économiques :

- Classement selon les indices de développement :

Commune	IDRD	Class IDRD	IDHS <sub>0</sub>	Class IDHS	IDSté	Class IDS	IDEd	Class IDEd	ICV	Class ICV	IDER	Class IDER
<b>Ain Madhi</b>	0.507	944	0.538	864	0,502	448	0.530	834	0.770	649	0.325	640

*Source. le renouveau rural, ministère de l'agriculture et du développement rural (2006)*

**Tableau13. Les caractéristiques socio-économiques**

L'évaluation du niveau de développement des communes à travers des indices de développement prédéfinis et établie par le ministère de l'agriculture et du développement rural a mis en évidence le classement suivant de la commune par rapport à l'échelon national où l'on compte 1 541 communes :

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

- 944<sup>ème</sup> position par rapport au **développement rural durable** ;
  - 864<sup>ème</sup> position par rapport au **développement humain et social** ;
  - 448<sup>ème</sup> position par rapport au **développement de la santé** ;
  - 834<sup>ème</sup> position par rapport à **l'éducation** ;
  - 649<sup>ème</sup> position par rapport aux **conditions de vie** ;
- et enfin la 640<sup>ème</sup> position par rapport au **développement rural**.

### 1.5. Les ressources en eaux :

### 1.6. Utilisation actuelle des terres :

Les données sur la répartition des terres ont été recueillies auprès des services de l'agriculture et le HCDS, actualisées par des sorties sur terrains. Le tableau suivant met en évidence les principales formations :

Occupation	Superficie (ha)	%
Matorral	125,68	0,03
Stipa tenacissima	31651,03	7,27
Lygeum spartum	0,09	0,00
Hammada scoparia	283154,88	65,02
Stipa tenacissima et Astragalus armatus	9837,98	2,26
Hammada scoparia et Astragalus armatus	0,00	0,00
Noaea mucronata et Atractylis serratuloides	108417,99	24,90
de dégradation	113,26	0,03
Cultures en sec	1080,37	0,25
Défrichement	0,00	0,00

## Chapitre 4. Présentation de la zone d'étude

Sol nu	0,09	0,00
Dépression	997,57	0,23
Total	435 457.35	100

Source : HCDS-BNEDER ( 2006)

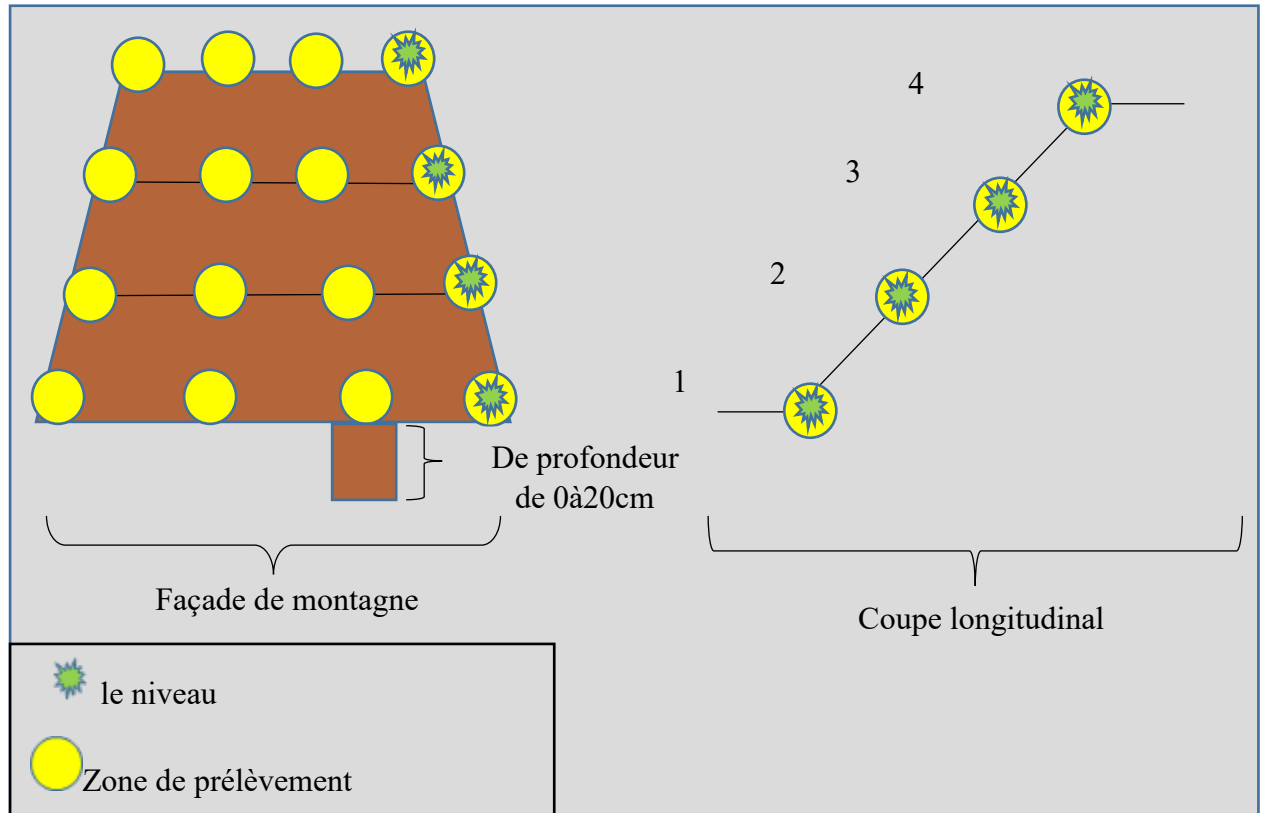
**Tableau15.** Utilisation actuelle des terres

- **0.03%** des terres sont occupées par les matorrals ;
- **7.27%** des terres sont occupées par les parcours steppiques à base de *Stipa tenacissima* et d'armoise ;
- **0.25%** des terres sont consacrées aux cultures extensives en sec et à base de céréales ;

### Chapitre3. Matériel et méthode

#### 1. Prélèvement des Echantillon

A chaque coin de la parcelle d'expérimentation et sur une profondeur de 20 cm nous avons pris un échantillon du sol pour les analyses suivant



**Figure15.** Le site de prélèvement des échantillons de sol.

Pour la réussite de notre échantillonnage nous devons respecter les étapes suivantes :

- En va tracé le points de prélèvement ; d'où l'échantillon est prélevé.

## Chapitre3. Matériel et méthode



*Source : Originale (2019)*

- **Photo1.** tracé le points de prélèvement

- Bien nettoyer la petite surface avant le prélevé.
- A l'aide de la balle en va creusons une fosse et en prends échantillons .



*Source : Originale (2019)*

**Photo2.** Le profil pédologique

- Chaque niveau (sommé ; haut ; mi ; bas) en prends trois fois c'est-à-dire 3 fasse dans chaque niveau
- En mélange Tous les Echantillons du sol de chaque niveau dans une sac plastique
- Et après videz-le dans un récipient en plastique.
- Remplir l'étiquette et notée le la numérotation de niveau de terre

## Chapitre3. Matériel et méthode



**Photo3.** les étapes de pélevements

*source : Originale (2019)*



*Source : Originale (2019)*

**Photo4.** Des échantillons du sol

### 2. Le profil pédologique du sol

Le creusé du profil a été effectué par nous-même d'une fosse de 20cm de profondeur, le profil a montré (photo N°2) que le sol est de trois horizons principaux. La composition chimique et la texture sont représentés dans 2ème chapitre.

## Chapitre3. Matériel et méthode



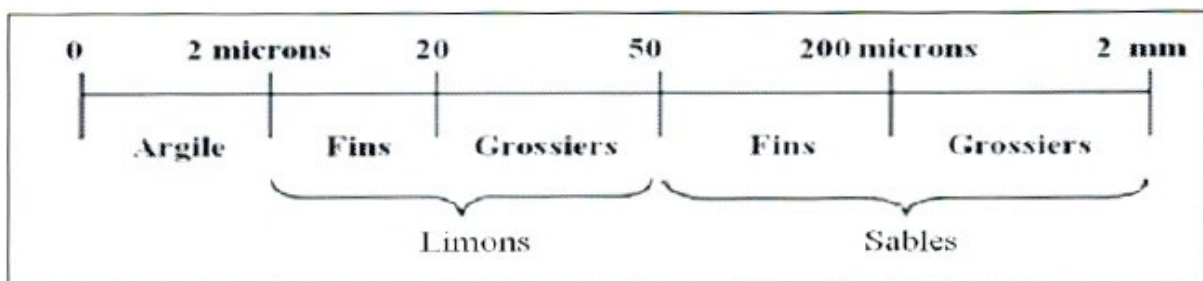
*Source : Originale (2019)*

**Photo 5.** Profil du sol de niveau 2

### 3. Analyses granulométriques

Son but est de déterminer la proportion des particules de différents diamètres constituant le Sol (Gras, 1988).

D'après (Mathieu 1998), les particules minérales ont été classées selon l'échelle Internationale de la façon suivante:



*Source : Mathieu (1998)*

**Figure16.** L'Echelle internationale de la classification de sol.

La représentation graphique des résultats de l'analyse granulométrique peut se faire par plusieurs méthodes. La plus connue et la plus utilisée est la représentation en coordonnées Tris linéaires: le triangle textural (Mathieu, 1998), les pédologues regroupent les textures (% D'argile, de limon et de sable) en classes des textures pour faciliter la description des sols le Diagramme de texture

La texture du sol se rapporte au pourcentage relatif de sable, de limon et d'argile dans le Sol. La taille des grains de sable modifie ensuite le nom de texture (Donahue, 1958)

## Chapitre3. Matériel et méthode

### Matériel

- Balance ;
- Spatule ;
- Les échantillons du sol ;
- Tamis de 50  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$  mécanique ;
- Recipients en plastique

### Méthodes

- On prend (04) Echantillon.
- On prend 100g de chaque Echantillon.
- On lance le tamisage
- Après un 2 minute de vibration, on pèse chaque quantité de sol selon le diamètre de
- Chaque tamis.



*Source : Originale (2020)*

**Photo6.** Tamis mécanique



*source : Originale (2019)*

**Photo7.** balance électrique

### 4. L'humidité

L'humidité du sol détermine de façon essentielle la variation des caractéristiques de différents matériaux ou sols. Le taux d'humidité d'un sol en particulier va déterminer les caractéristiques de diffusion ou de stockage de l'eau dans ce sol.

Nous avons adopté la méthode gravimétrique ; cette méthode consiste à sécher (passer dans un four à 105 °C) un échantillon de sol et connaître ensuite par pesée finale (ramenée à la pesée initiale) le poids d'eau contenu par l'échantillon

### Matériels

- Spatule, balance, pissette, l'étuve et les récipients

### La méthode

### Chapitre3. Matériel et méthode

- Nous avons identifié chaque récipient avec un numéro d'identification (numérotation de chaque niveau) ;



*Source : Originale (2019)*

**Photo8.** Identification des récipients

- Nous mettons 10g du sol dans les récipients ;



*Source : Originale (2019)*

**Photo9.** Le pesée d'échantillon du sol

- Nous mettons les récipients dans l'étuve avec une température de 104°C pendant 48 heures ;

## Chapitre3. Matériel et méthode



Source : Originale (2019)

**Photo10.** L'étuve

- Après 48 heures, nous avons pesé le sol sec et enregistré les valeurs.

### 5. PH et La conductivité électrique(CE)

C'est le mesuré de l'acidité d'une suspension de terre dans l'eau, avec un rapport terre / eau ;il est mesurer avec un PH mètre à électrode en verre .

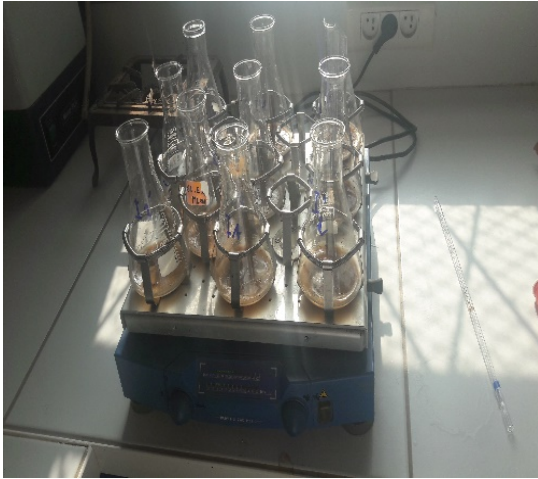
Le pH des sols est une autre propriété chimique essentielle qui déterminé le comportement Des éléments chimiques.

La conductivité à l'aide d'un conductimètre è 25C° ; avec un rapport de sol /eau.

#### Matériels

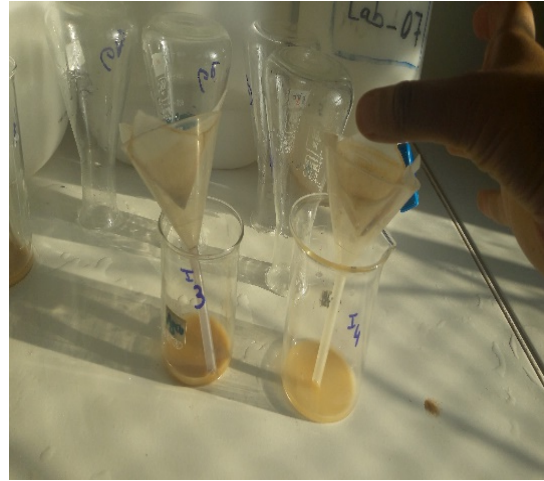
- Balance ;
- Des flacons en verre ;
- Iring langmuir ;
- Chiker ;
- Baro-magnétique
- Bécher ;
- Entonnoir ;
- Des papier filtre ;
- Pipete à robinson ;
- Eprouvettes de 100 ml ;
- Eaux distille

## Chapitre3. Matériel et méthode



Source : Originale (2020)

Photo11. chiker



Source : Originale (2020)

photo12. Filtration de la solution du sol



Source : Originale (2020)

Figure13. Mesure de pH et conductivité

### Méthode

- Peser 5g de terre fine sécher à l'air libre de la placer dans un b cher, ajouter 12.5 ml d'eau Distill e. Pour le PH et pour le CE 5g du sol avec 25 ml de l'eau distill e ( chaque échantillons 2 répétition)
- Passer le mélange dans le chiker pendant 15 à 20 min.

## Chapitre3. Matériel et méthode

- On laisse les solution du sol à filtrer et on mesure le pH et la conductivité.
- La température de laboratoire est 22°C.

### 6. Matière organique et le taux de carbone

Il n'est pas possible de donner une définition précise de la matière organique du sol. C'est toute substance organique, vivante ou morte, fraîche ou décomposée, simple ou complexe, à l'exclusion toutefois des animaux vivants dans le sol et des racines vivantes (Gras, 1988).

#### Matérielle

- Fore à moflan ;
- Crusé ,
- Balance électrique ;
- Spatule

#### Méthode

- Nous mettons le sol aléatoire dans (()) et on mettre le dans le four à moflant a 50C° pendant 4 à 5 Heurs et après lissier à froidir et on persan le sol.



*Source : Originale (2020)*



*Source : Originale (2020)*

**Photos14.** Les echogntillon des sol dans les crusé

## Chapitre3. Matériel et méthode



Source : Originale (2020)

**Photo15.** Four à moflant

### 7. Le Potassium (K<sup>+</sup>) et Sodium (Na)

A l'aide de l'appareille flame photomètre en va mesurée le K<sup>+</sup> et le Na à partir d'une solution du sol

#### Matérielle

- L'eau distillé
- Iring langmuim
- Récipient en verre
- Spatule
- Balance
- Agitateur
- Baro magnétique
- Entonnoirs
- Béchers
- Papier filtre
- Support de tubes
- Des tubes à essayée
- Appareille flame photomètre

#### méthode

- On persan 5g de sol et en ajouter à le 50ml de ED dans d'une iring langmuir et mettre la solution du sol à l'agitation ; pendant 30 min  
Après en va filtrer la solution du sol
- Alors vider la solution filtrée dans une tube a essayé et laisse le pendant 24 et en mesurée le (Na) et (k<sup>+</sup>) par appareille de flame photomètre

### Chapitre3. Matériel et méthode



*Source : Originale (2020)*

**Photo16.**solution du sol dans agitation



*Source : Originale (2020)*

**photo17.**tube a essayé



*Source : Originale (2020)*

**Photo18.**flame photomètre

### 8. Le Phosphore

Est un élément essentiel de tous les organismes vivants. Chez les végétaux, il joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques comme la croissance, la photosynthèse et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, il représente souvent un facteur limitant, par suite de sa faible concentration dans les sols (Pousset, 2000).

## Chapitre3. Matériel et méthode

Pour mesurer le phosphore dans le sol on utilise la méthode spectrophotométrique

### Matériel

- Micropipette de 1000  $\mu\text{l}$  ; Spatule, balance, eau distillée ; pipette ; cuve ; bécher 100ml
- Acide sulfurique ; Ammonium molybdate ;
- Le spectrophotomètre

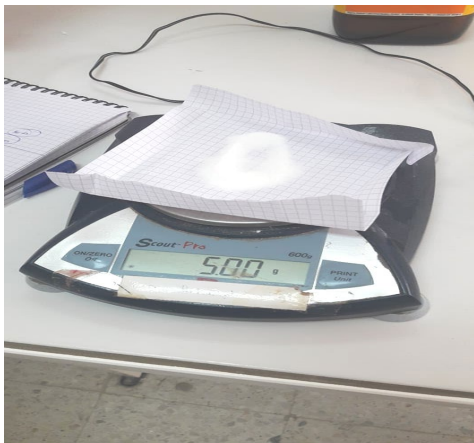
### Le réactif

Sulfo-molybdique

### La méthode

- Préparation de réactif sulfo-molybdique

On ajoute 50ml d'eau distillée dans 5g d'ammonium molybdate



*Source : Originale(2020)*



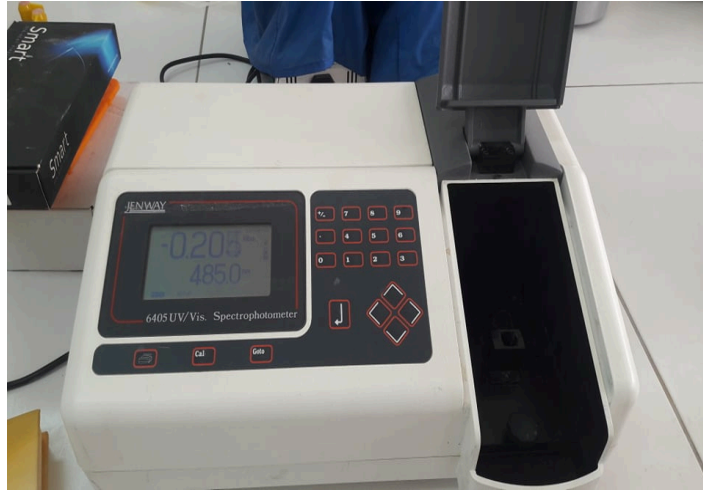
*Source : Originale (2020)*

**Photo19.** Ammonium molybdate

**photo20.** Solution acide sulfurique avec AM

- Dans un cuve nous avons ajouté par une micropipette (de 1000  $\mu\text{l}$ ) 1ml de réactif sulfo-molybdique sur la solution mère (5g du sol + 50ml d'eau distillée) ; et après nous le mettons dans le spectrophotomètre pour la mesure de phosphore.

## Chapitre3. Matériel et méthode



Source : originale (2020)

**Photo21.** Le spectrophotomètre

### 9. Calcaire totale

Le calcaire total exprime la teneur en carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) dans le sol. Sa teneur dans le sol est déterminée par la méthode volumétrique.

Le principe repose sur la calcimétrie volumétrique qui consiste en la mesure du volume de  $\text{CO}_2$  dégagé, suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) sur un poids connu d'échantillon.

#### Matériels

- Calcimètre ;
- L'erenmeyer à col large. ;
- Spatule, balance, eau distillé, pissette, pince.

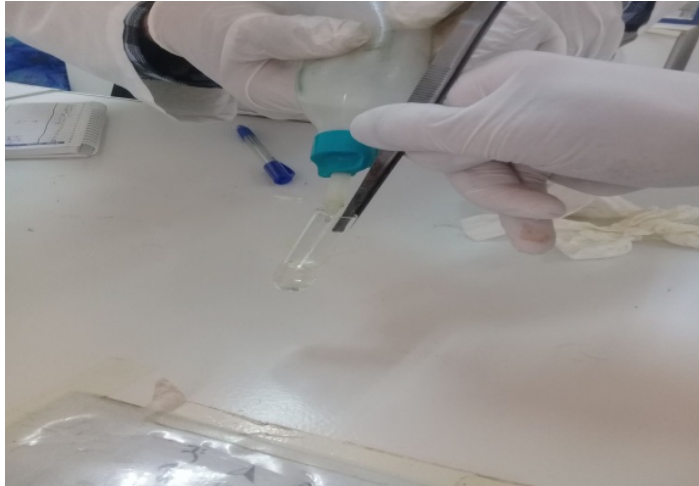
#### Réactifs

- $\text{HCl } \frac{1}{2}$

#### La méthode

- Dans un l'erenmeyer nous ajoutons 1 g du sol tamisé
- En ajoutons le tube de  $\text{HCl}$  a l'aide d'une grosse pince, en mettre en place le tube dans l'erenmeyer ;

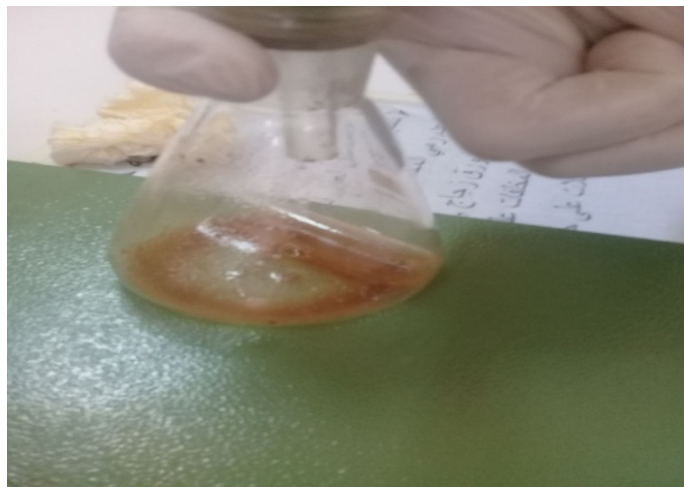
### Chapitre3. Matériel et méthode



*Source : originale (2020)*

**Photo22.** Tube de Hcl

- Boucher l'erenmeyer et modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué ;
- En inclinons l'erenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.



*Source : Originale (2020)*

**Photo23.** La réaction de l'acide avec l'échantillon du sol

- Nous retournons le flacon Erlenmeyer et attendons la fin de l'émulsion

### Chapitre3. Matériel et méthode



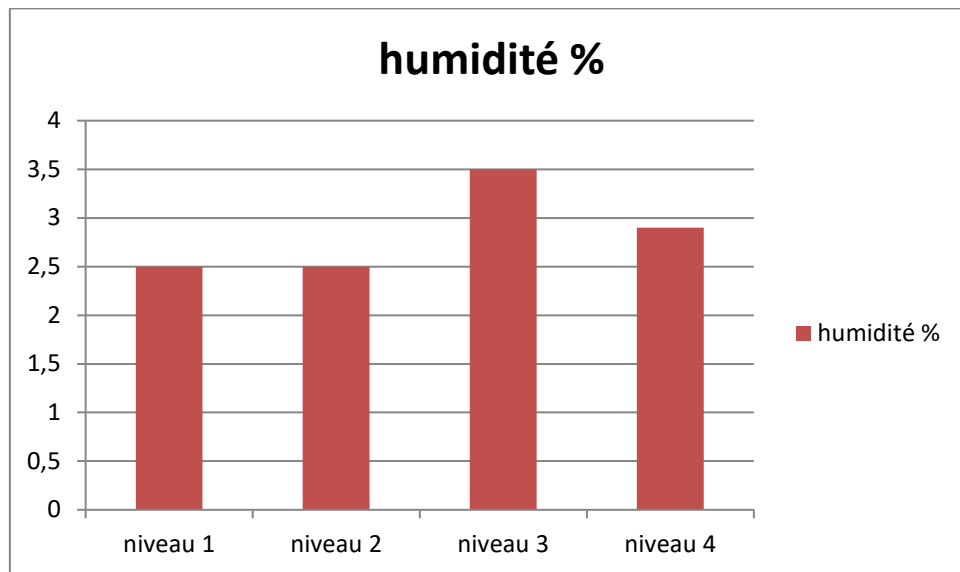
*Source : Originale (2020)*

**Photo24.**Le calcimetre

### Chapitre5. Résultats et discussions

#### 1. L'humidité

On remarque que la valeur de l'humidité de sol dans les 4 niveaux varie entre 2,5% et 3,5%, dans le niveau 1 l'humidité il est faible avec une valeur de 2,5% et élevé dans le niveau 3 avec une valeur de 3,5%. (Voir figure 17)

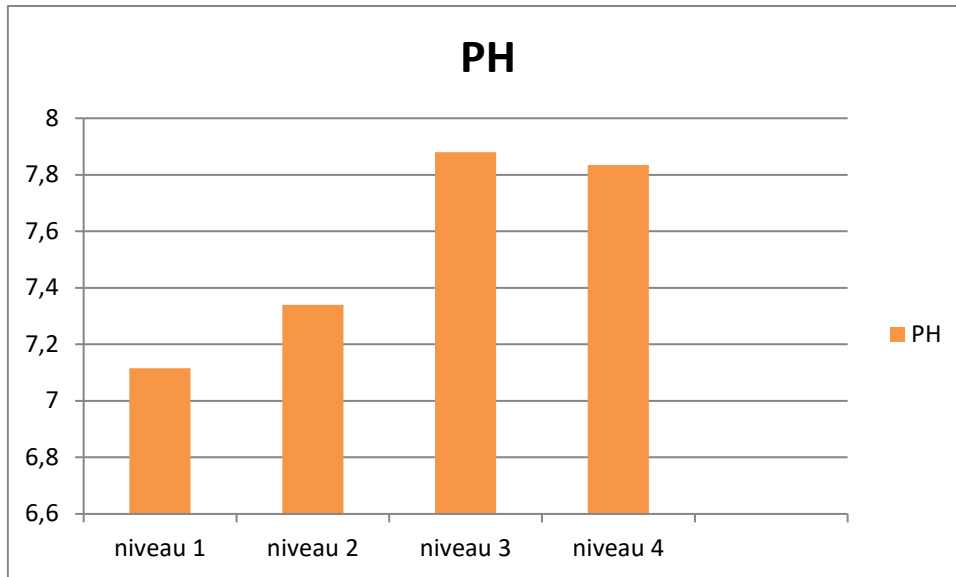


**Figure17.** Le pourcentage d'humidité du sol dans les 4 niveaux

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

#### 2. Le PH

On remarque que la valeur de PH dans les 4 niveaux ne dépasse pas 7 dans lequel varie entre 7,1 et 7,9 ; selon la classification de Aubert, 1978 : dans les niveaux 1 et 2 la nature de sol est Neutre ( $6,75 < \text{pH} \leq 7,25$ ) et de nature alcalin dans les niveaux 3 et 4 ( $7,25 < \text{pH} \leq 8,5$ ) (voir figur18)

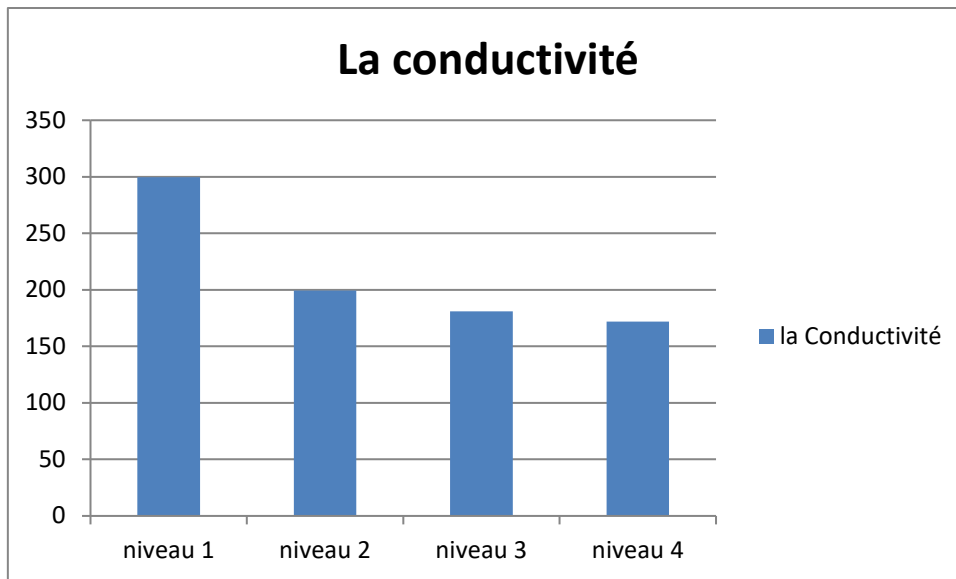


**Figur18.** La valeur de PH du sol dans les 4 niveaux

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).

### 3. La conductivité

On remarque que la conductivité est très élevée dans le niveau 1 avec une valeur de 229,5  $\mu\text{s}$  la valeur de la conductivité diminue au fur à mesure que le niveau diminue jusqu'à atteindre la valeur 172  $\mu\text{s}$  au niveau 1 ; selon Lambert 1975 dans le niveau 1 la salinité est faible mais les autres niveaux sont excellent (non salin). (Voir figur19)

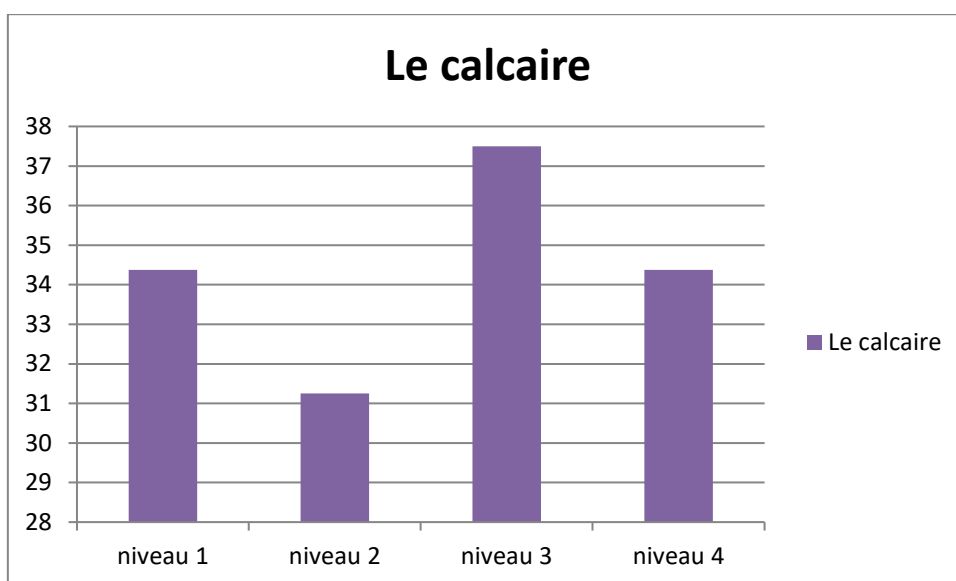


**Figur19.** La valeur de la conductivité du sol dans les 4 niveaux

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

#### 4. Le calcaire

On remarque que la valeur de calcaire est très élevée dans le niveau 3 avec une valeur de 37,5 et la valeur la plus faible est dans le niveau 2 avec une valeur de 31,25 ; selon Baise, 1988 le sol il est fortement calcaire dans les 4 niveaux. (Voir figur20)



**Figur20.** La valeur de calcaire du sol dans les 4 niveaux

## Chapitre5. Résultats et discussions

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.

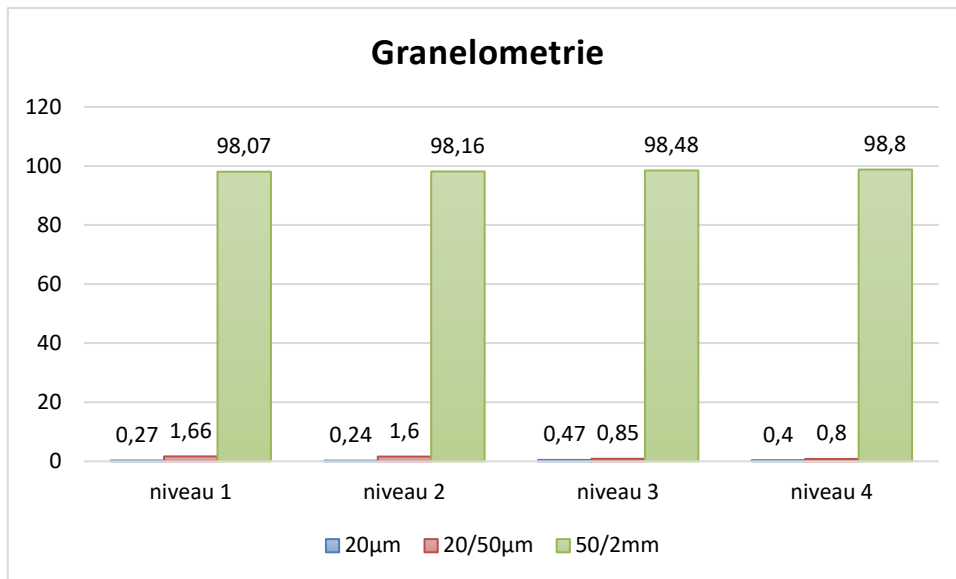
### 5. La granulométrie

Selon (mathier 1998) ; l'échelle d'internationale de la classification de sol, les analyses granulométrie est indiqué que à partir du premier niveau jusqu'au quatrième, on note la dominance de la fraction sableuse avec des taux variant entre 98.07% à 98.80 %, cette dernière valeur est enregistrée au quatre niveaux. Le taux de la fraction argileuse diminue pour atteindre 0.8%0 1.66 % en profondeur. Le taux de la fraction limoneuse, varie entre 0.27% à 0.4%, la valeur la plus faible est enregistrée au deuxième niveau.

**Tableau 16.** La granulométrie du sol dans les 4 niveaux

granulometrie	um20<	20/50um	50/2mm
Niveau 1	0,27	1,66	98,07
Niveau 2	0,24	1,6	98,16
Niveau 3	0,67	0,85	98,48
Niveau 4	0,4	0,8	98,8

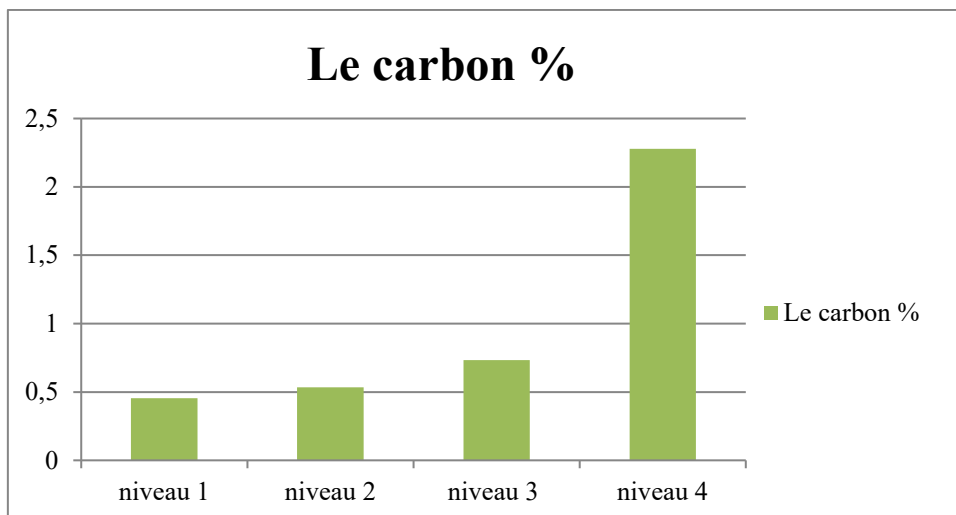
## Chapitre5. Résultats et discussions



**Figure21.** Graphique granulométrie du sol dans les 4 niveaux.

### 6. Le carbone

On remarque que le niveau 4 est le plus élevé que les autres niveaux avec une valeur de 2,3% dans ce niveau la teneur de carbone est normal, pour les niveaux 1 ; 2 ; 3 la teneur de carbone est très faible, la valeur du carbone diminue à mesure que le niveau diminue (Voir figur22)



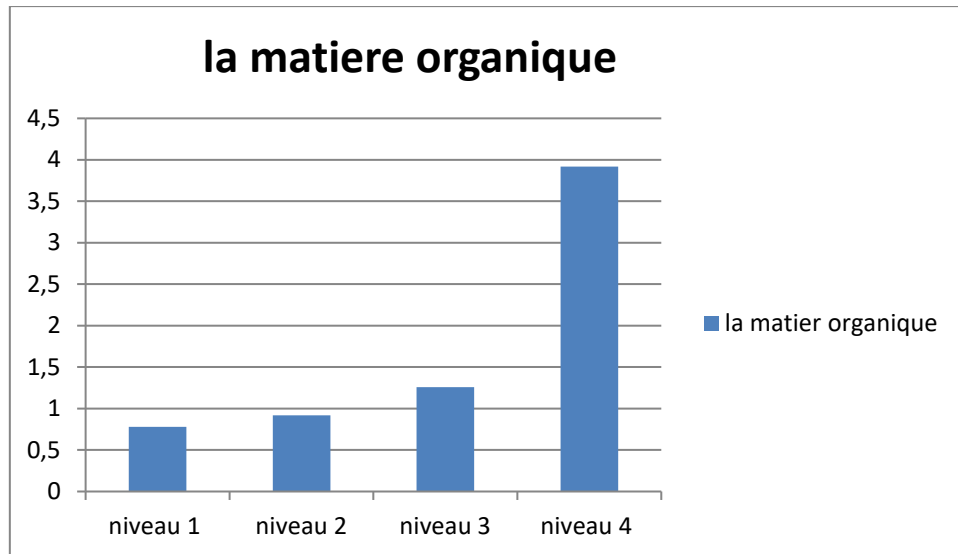
**Figur22.** La teneur de carbone du sol dans les 4 niveaux

### 7. La matière organique

On remarque que le niveau 4 est riche en matière organique selon la classification de Belkeiri, 2000 (2,5 à 6 %) présenté par 3,9%, les autres niveaux 1 ; 2 ; 3 sont pourvu

## Chapitre5. Résultats et discussions

en matière organique (0,5 à 1,5 %) la valeur de la matière organique diminue à mesure que le niveau diminue. (Voir figure23)



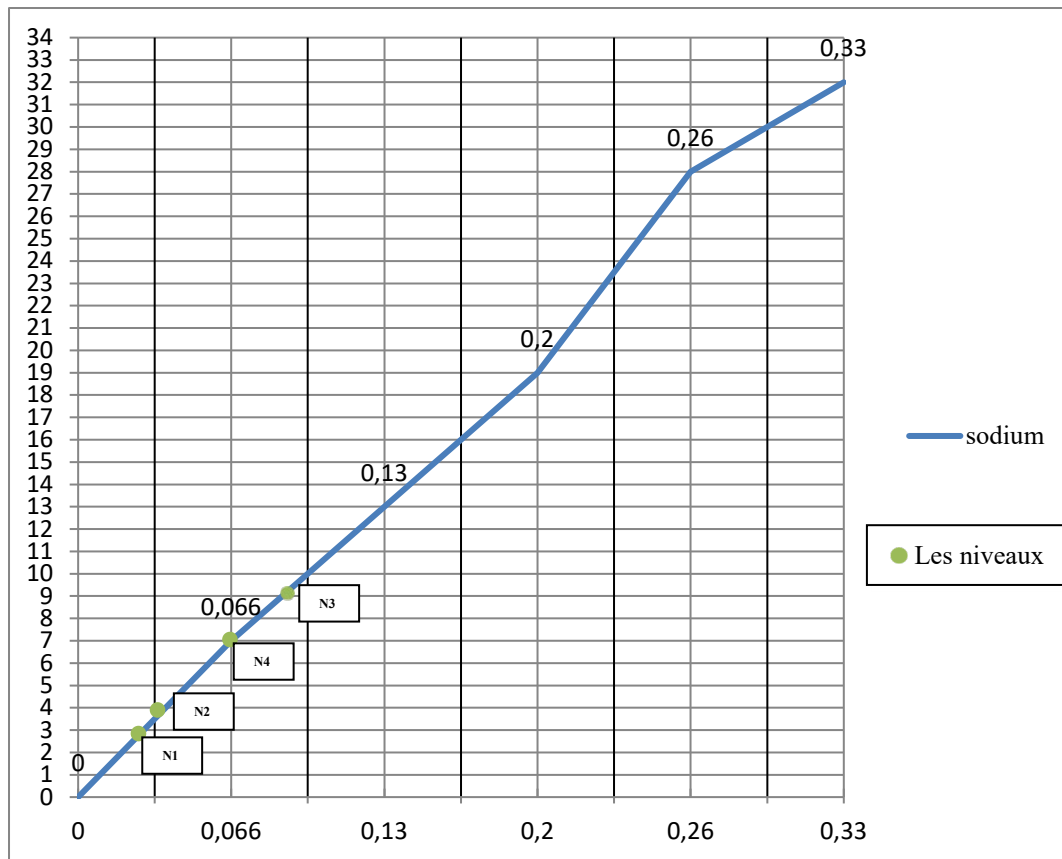
**Figur23.** Le pourcentage de la matière organique du sol dans les 4 niveaux

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.

### 8. Le sodium

On remarque que la quantité du sodium est vraiment faible dans les niveaux 1 et 2 ; elle est élevée dans le niveau 3 avec une valeur de 0,08 mg /kg du sol mais diminuée dans le niveau 4 mais la quantité du sodium est généralement très faible dans ce sol (voir figure 24).



**Figure 24.**La quantité du sodium du sol dans les 4 niveaux

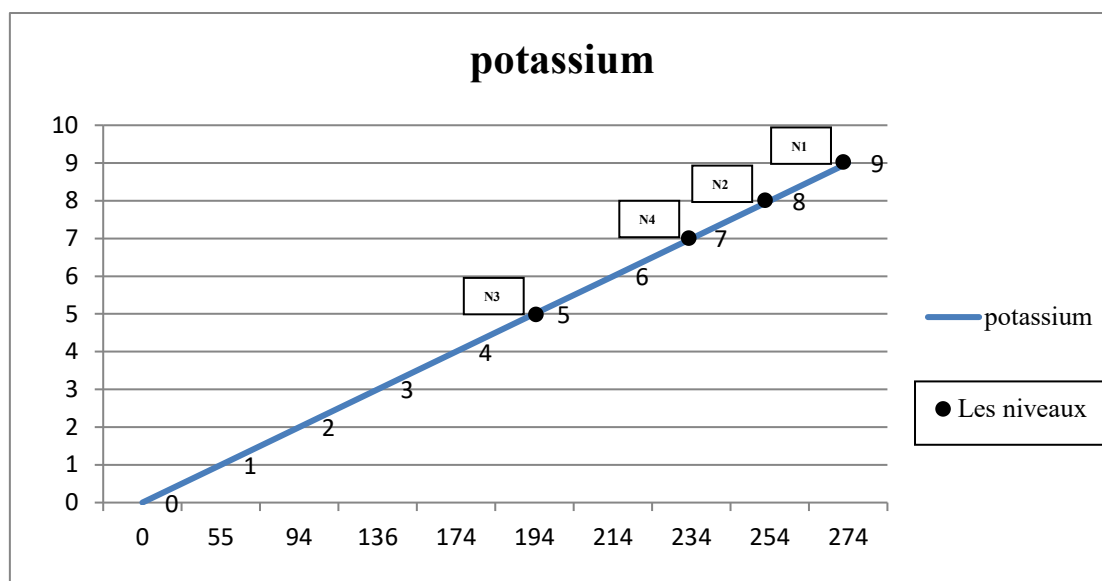
Ce métal est surtout abondant dans les sols salés et sodiques dont l'alcalinité et la sodicité ne sont pas favorables aux végétaux. Le sodium provient principalement des eaux salées (nappes souterraines et eaux saumâtres) et de la dissolution de minéraux.

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calcium et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c.-à-d. si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

### 9. Le potassium

On remarque que le niveau 1 contient une quantité importante de potassium 274 mg/kg la valeur la plus basse est dans le niveau 3 avec une valeur de 194 mg/kg ; généralement ce sol est riche en potassium

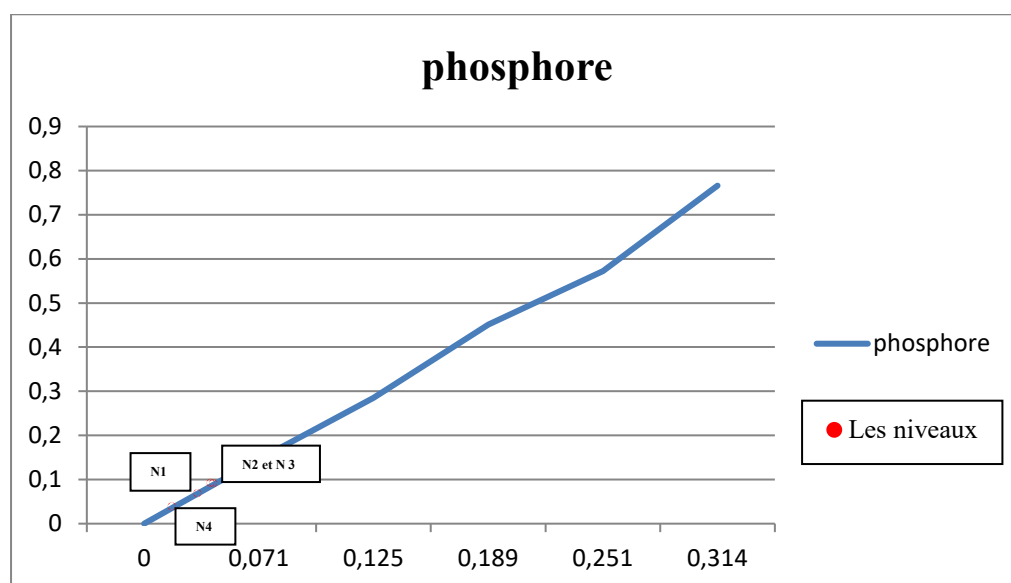


**Figure 25.**La quantité de potassium du sol dans les 4 niveaux

Le potassium (K) fait partie des trois éléments majeurs nécessaires à la croissance des plantes avec l'azote et le phosphore. Il joue un rôle important dans le métabolisme de l'azote et la fabrication des protéines et contribue à la résistance aux maladies et

### 10. Le phosphore

On remarque que la quantité de phosphore est très faible on peut dire qu'il est négligeable ; le phosphore dans les 4 niveaux ne dépasse pas la valeur 0,07 mg/kg (voir figure 26).



**Figure 26.**La quantité de phosphore du sol dans les 4 niveaux

Le phosphore est facilement adsorbé, pour cette raison il a une très faible mobilité. De plus le phosphore peut être immobilisé par l'activité biologique des sols.

## Chapitre5. Résultats et discussions

Les analyses du sol traitées au niveau du laboratoire de l'Université Amar Téliidji sont résumées dans le tableau 17

**Tableau17.** Les propriétés physico-chimiques du sol dans la région de Sidi Ibrahim Nogba

Eléments	Méthodes d'analyses	Normes	Résultats				Interprétatios
			Niv1	Niv2	Niv3	Niv4	
Argile	Tamisage	Triangle texturale	0,27	0,24	0,67	0,4	Sol sableuse
Limon			1,66	1,6	0,85	0,8	
Sable			98,07	98,16	98,48	98,8	
Sodium (Na) mg /kg du sol	Spectrophotomètre		0,02	0,03	0,08	0,06	Faible quantité de sodium
Phosphore (P) mg /kg du sol	Spectrophotomètre		0,04	0,06	0,06	0,03	Négligeable
Potassium (K) mg /kg du sol	Spectrophotomètre à Flamme	200 mg /kg du sol	274	254	194	234	Sol riche en potassium
Calcaire totale %	Méthode volumétrique	<5%	34,37	31,25	37,50	34,37	Sol fortement calcaire
pH	PH-mètre 1/2.5	5.6 à 7	7,11	7,34	7,88	7,83	Sol neutre à alcalin
C.E μs à 25°C	Conductimètre 1/5	< 2000 μs	229,5	199,5	181	172	Sol de faible salinité à non salé
Matière organique %	MO%=C% $\times$ 1.72	2.5 à 5 %	0,78	0,92	1,92	3,92	Sol riche en matière organique dans le sommet s'affaiblit à mesure que le niveau diminue
C %	Méthode d'Ann	1.8 à 2.8	0,45	0,53	0,73	2,27	Normal à très faible

## Chapitre5. Résultats et discussions

Humidité %	Etuve		2,5	2,5	3,5	2,9	Capacité de rétention très faible
---------------	-------	--	-----	-----	-----	-----	--------------------------------------

# Conclusion

## Conclusion

Au terme de ce travail ayant porté sur la caractérisation Contribution à l'étude des compositions du sol dans le Djebel de région Sidi Brahim Ben Nougba ( Ain Madhi Laghouat) par l'évaluation de leurs paramètres physiques et chimiques, nous pouvons affirmer que les résultats nous ont apporté quelques réponses satisfaisantes en terme de potentialité de ces sols.

L'étude s'est faite sur quatre niveau pédologiques de cette site

Du point de vue écologique , les sols présentent les caractéristiques suivantes :

- La texture est sableuse.

- le taux d'humidité est faible ; Sur un sol sec, le Manganèse devient moins disponible.

Cependant, l'engorgement du sol rend l'absorption du fer plus difficile

- Les teneurs en carbone sont très faibles dans les horizons des quatre niveau du site.

-Les résultats des matières organique sont moyennement pauvre à très pauvre dans le sol

- Les sols sont alcalins ; le pH est varié au norme de 7.5 ; 8.7

- Le problème de la salinité des sols ne se pose pas, tous les sols sont généralement été non salés, donc dans le niveau 1 la salinité est faible mais les autres niveaux sont excellents (non salin)

- le calcaire est très élevée à faible ; 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.

-les teneurs de potassium sont très élevée à faibles.

- la quantité de phosphore est très faible on peut dire qui est négligeable.

- la quantité du sodium est généralement très faible dans ce sol.

A travers ces caractéristiques, nous pouvons affirmer que la plupart des sols étudiés présente Une fertilité physico-chimique appréciable, en dépit de certaines carences, surtout, en matière de carbone, d'azote et de phosphore.

En effet, la matière organique joue un rôle prépondérant dans l'amélioration de la structure

(Forme et stabilité), ainsi que dans l'augmentation de la porosité (perméabilité) et la rétention

En eau du sol, sans omettre les paramètres chimiques.

En perspectives, il serait très souhaitable de poursuivre ce travail en l'étendant à d'autres

Sites, mais aussi à l'analyse d'autres paramètres très importants dans la croissance des

Végétaux comme les oligo-éléments, mais, surtout, en leur associant le type de plantations,

## **Conclusion**

C'est-à-dire d'étudier la relation sol-végétation d'un point de vue écologique.

# A

1. **Abiven S, (2004).** *Relations entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol.* Thèse de doctorat en biologie et agronomie. ENSA Rennes. p262 .
2. **Amirouche R et ;Misset M.T ;( 2009).** *Flore spontanée d'Algérie : différenciation écogéographique des espèces et polyploïdie.* Cah Agric. 18 (6), p474-480.
3. **Atlas R ; M Bartha R;( 1992).** *Microbial ecology. Fundamentals and applications. 3rd edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company. San Francisco. California (USA).* p563.

# B

4. **Baize D., (1988) .** *Guide des analyses courantes en pédologie.* INRA. p172 .
5. **Baize D., (2000) .** *Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée,* INRA éditions. p257 .
6. **Baize D., Jabiol B., (1995) .** *Guide pour la description des sols.* INRA, p375 -104.
7. **Blanc D ;(1985).** *Les Structures Hors Sol ,*INRA Ed Louis.Paris.p409
8. **BNEDER, 2006.** *Elaboration d'un schéma d'aménagement et de développement durable de la région hauts plateaux centre (HPC) à l'horizon 2025.* Rapport de mission 1 : Etat des lieux et analyse des tendances. Tome 1 : Présentation régionale. 62p.
9. **Boulaine, J ;(1989).** *Histoire Des Pédologues Et De La Science Du Sol.* Ed. INRA. p285 .
10. **Boyer J., (1983).** *Conservation et amélioration de la fertilité.* In : Bulletin technique d'information des ingénieurs des sciences agricoles n0379/381. Paris. France, ORSTOM p357-366.
11. **Brady NC; Weil R., (2002).** *The nature and properties of soils,* 13/e Pearson education. Inc. Upper saddle river.New Jersey 07458. p 32.

# C

12. **C. D. F. 1998.** *Présentation du sous secteur des forêts.* Laghouat, 35 p.
13. **Calvet R ;(2000).** *Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole.* Paris (France), p83-90
14. **Calvet ; R (2003).** *Le Sol : Propriétés Et Fonctions. Tome 1 : Constitution Et Structure. Phénomènes Aux Interfaces.* Ed. France Agricole. p456

# D

15. **D.S.A, 2014.** *Direction des services agricoles (Laghouat).* Statistique agricoles.
16. **Dajoz, R. 2006.** *Précis d'écologie .8ème édition.* Paris : DUNOD. 631p.
17. **Davet P ;(1992)** *.vie microbienne du sol et production végétale .* ED.INRA . p 327
18. **Delaunois A., (2006)** *. Guide simplifié pour la description des sols,* p37.
19. **Delecourt F., (1978).** *Initiation à la pédologie, faculté des sciences agronomiques de l'état,* Gembloux, Belgique. p69.
20. **Dexter A R., (1988)** *.Advances in characterization of soil structure. Soil Tillage Res.11 : p 199-238.*
21. **DPSB. 20189.** *DIRECTION DE LA PROGRAMMATION ET SUIVI BUDGETAIRE Monographie de la wilaya de Laghouat .Edition 2017. 188 p.*
22. **Duchaufour P.( 1984)** *. Abrégés De Pédologie. Ed. Masson. Paris,p220*
23. **Duchaufour Ph.( 1960).** *Stations, types d'humus et groupements écologiques. Revue forestière française. n o 7,. p484-494.*
24. **Duchaufour Ph., (1997)** *.Abrégé de Pédologie. Sol, végétation. environnement. Masson. paris. p291.*
25. **Duchaufour Ph., (2001)** *. Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. 6ème Edition, Dunod. p331.*
26. **Dutartre Ph., Bartoli F., Andreux F., portal J M, Ange A., (1993)** *. Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from west Africa. Geoderma, vol 56. issues 1-4.p 459-478*

27. **Emberger, 1950.** *Rapport sur les régions arides et semis arides de l'Afrique du Nord.* Union internationale des sciences agronomiques, Montpellier, 12p.

# F

28. **Fao ; (2002)** . *La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion de terres.* Rapport basé sur le travail de Michel Robert INRA, Paris, France. p59.
29. **Flogeac K ;(2004)** .*Etude de la capacité de rétention de produits phytosanitaires par deux solides modèles des sols. Influence de la présence des cations métalliques.* Thèse Doctorat, Université de Reims Champagne Ardennes, p165.

# G

30. **GaeL A ; (2002).** *Activités biologiques et fertilité des sols.* Première édition-octobre, I.T.A.B. p94-110
31. **Genot V., Colinet G., Bock L., (2007).***La fertilité des sols agricoles et forestiers en région wallonne. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement Wallon.* p78 .
32. **Girard M C., Walter C., Rémy J C., Berthelin J. et Morel J L., (2005)** . *Sols et environnement.* Paris, DUNOD, p816.
33. **Gobat J M ; Arabno M E ; Mathey W ; (2003).** *Le Sol Vivant : Base De le sol vivant bases de pédologie .* 2ème édition . p415-568.
34. **Gobat JM., Aragno M., Matthey W., (2010)** .*Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols .* PPUR Presses polytechniques, p817.

# H

35. **Halitim A., (1988)** .*Sols des régions arides d'Algérie.* OPU. Alger. p384 .
36. **Halitim A., 1988.** *Sols des régions arides d'Algérie.* OPU, Alger, 384 p.

37. **HCDS, 2006.** *Problématique des zones steppiques et perspectives de développement.*  
*Rap. Synth., haut commissariat au développement de la steppe, 10 p*
38. **Henin S., (1976) .** *Cours de physique du sol.* Vol I : Texture- Structure- Aération.  
ORSTOM Paris, Edition Bruxelles, p159.
39. **Henin S., Gras R., Monnier G., (1969) .** *Le profil cultural,* Ed. Masson, Paris, p332.

## J

40. **J. Potato Res;(1965).** *Glossary Of Soil Science Terms.* Ed. Soil Science Society Of  
America. Am .P 42, 346. [Online] <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>.
41. **Jackson M ;(1958) .***Soil Chemical analysis.*Prentice Hall. U.S.A., p498 .
42. **Jocteur Monrozier L., Duchaufour Ph., (1986).** *Données récentes sur l'humification.*  
*Science du sol,* vol 25, n° 4, p377-388

## K

43. **Kaabeche M.( 1990) .** *Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie)*  
*Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb.* Thèse de Doctorat.  
Université de Pédologie Et Biologie Des Sols). 3eme Edition Revue Et Augmentée .  
P150-165
44. **Koller E ;(2004).** *Traitement Des Pollutions Industrielles.* Edition DUNOD Paris.  
p277-347.

## L

45. **Lacoste A ; Salanon R ;(2001) .** *Eléments de biogéographie et d'écologie .* Edition  
Paris ,Nathan .P 318
46. **Le bissonnais Y., (1996) a .***Aggregate stability and assessment of soil crustability and  
erodibility: theory and methodology.* European journal of soil science 47, p 425-437
47. **Le bissonnais Y., (1996) b .** *Soil characteristics and aggregate stability.* Soil survey  
staff of France, INRA, Orléans France , p41-61.

## Les Références

48. **Le bissonnais Y., Cros-Cayot S., Gasquel-Oudoux C., (2002)** . *Topographic dependence of aggregate stability. overland flow and sediment transport.* Agronomie 22, p489-501
49. **Legros, J.P ; (2007).** *Les Grands Sols Du Monde.* Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. Lausanne, p 574 .
50. **Lilia R R ; (2004)** .*Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des hautes terres de Madagascar* . thèse de doctorat des sciences naturelles Antananarivo p200
51. **Lozet J ; Mathieu C ;( 1997)** .*dictionnaire de science du sol* . Paris , p 488

## M

52. **Mahi, B. 2014.** *Apport de la géomatique dans l'identification des zones d'agriculture.cas des zones à haut potentiel céréalier de willaya de Laghouat.* Mémoire de master en amélioration et production des plants. Université de Djelfa. 152 p.
53. **MATE, 2006.** *Elaboration d'un schéma d'aménagement et de développement durable de la région hauts plateaux centre à l'horizon 2025, 2006. M.A.T.E (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), Décembre 2006. Rapport de mission 1 : Etat des lieux et analyse des tendances. Tome 1 : Présentation régionale. 61p.*
54. **Mc Cauley A., Jones C., Jacobsen J., (2005)** .*Basic soil properties and water management.* state university extension, Monata, p12 .
55. **Mengel K., Kirkby EA., (2001)** .*Principles of plant nutrition.* 5th Edition, Kluwer Academic Publishers, p849 .
56. **Merelle F., (1998).***L'analyse de terre aujourd'hui.* GEMAS. Nantes. p184 .
57. **Mhiri A., (2002)** .*Le potassium dans les sols de Tunisie,* Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspective de la recherche, p13 .
58. **M'hirit, O., Yassin, M. 1995.** *A propos de l'utilisation des données climatiques en matière de gestion et de conservation de la forêt.*Division de Recherches et d'Expérimentations Forestières – Rabat. p. 58-71.

59. **Moeyls J., (2007)** . *Variabilité spatiale et déterminismes agro-pédologiques du devenir d'un herbicide dans l'horizon de surface*. Thèse de Doctorat en sciences du sol, Ecole doctorale ABIES. p308 .
60. **Morel R., (1989)** . *Les sols cultivés*. Ed. TEC. DOC- LAVOISIER, 373 p.

## N

61. **Nortcliff.S.(2002)**.*Standardisation Of Soil Quality Attribueets. griculture.Ecosystems & Environment* 88(2);p161-168

## O

62. **O.N.M, 2019**. *Office Nationale de Météorologie*. Kheneg Wilaya de Laghouat. 1p.
63. **Oades, J.M.,( 1993)** .*The role of biology in the formation. stabilization and degradation of soil structure*. In: L. Brussaard and M.J. Kooistra (Editors), Int. Workshop on Methods of Research on Soil Structure/Soil Biota Interrelationships. Geoderma, N°56 , p 377-400
64. **Ozenda P ;(1958)** . *Flore du Sahara septentrional et central*. p 486 .
65. **Ozenda, P. 1982**. *Les végétaux dans la biosphère*. Paris : Dion. 431p.

## P

66. **Pansu M ;Gautheyrou J ;(2001)**. *L'analyse Du Sol Minéralogique. Organique Et Minérale*. Edition Springer. p123-125
67. **Pansu M. ; Gautheyrou J ;(2004)**. *L'analyse Du Sol Minéralogique, Organique Et Minérale*. Edition Springer.p175-180
68. **Parde, J. 1974**. *Le microclimat en forêt. Ecologie forestière de la forêt : son climat, son sol, ses arbres et sa faune. p. 1-21*. In *M'herit, O., Yassin, M. 1995. A propos de l'utilisation des données climatiques en matière de gestion et de conservation de la forêt. Division de Recherches et d'Expérimentations Forestières – Rabat. p. 58-71*.

69. **Prevost, P.H. 1999.** *Les bases de l'agriculture*. Ed II. Paris-France.254p.

### Q

70. **Quenea ;( 2004)** .*Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sol d'une chrono-séquence Forêt/Mais ;* thèse de Doctorat de l'Université Paris VI, p187 .

### R

71. **Ramade F ; (2003).** *Elément d'écologie , écologie fondamentale* . Paris . p690

72. **-Redlich G; Vrrdure C.(1975)** . *Le Comportement Physique Des Tourbes En Cours De Culture* PHM.Revue Horticole.160 ; p13-20

73. **Richer de Forges A., (2008)** . *Perdus dans les triangles des textures*, p 97-112

74. **Robert M., (1996).** *Le sol. Interface dans l'environnement, ressource pour le développement.* Dunod/ Masson, Paris.p240 .

### S

75. **Sahinkaya E; Dilek F B.( 2007).** *Biodegradation kinetics of 2,4-dichlorophenol by acclimated mixed cultures.* *Journal of Biotechnology*, P 127- 716-726.

76. **Scheiner J D., (2005)** . *Spéciation du carbone, de l'azote et du phosphore de différentes boues de stations d'épurations au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol.* Thèse de doctorat en agronomie. INP Toulouse, p218 .

77. **Soltner D., (1988)** . *Les bases de la production végétale, Tome 1 : Le sol. 16e édition.* *Collection sciences et techniques agricoles.* p466 .

78. **Soltner D., (1996)** . *Les bases de la production végétale .Tome I : le sol et son amélioration.* 21è édit . *Collection Science et Techniques Agricoles,* p464 .

79. **-Soltner, D(1990).** *Distribution Liquid Et Voie Métabollique Chez Quatres Bactéries*

80. **Soulas G ; Codaccioni P ; Fournier J ; C.( 1983).** *Effect of crosstreatment on the subsequent breakdown of 2,4-D, MCPA and 2,4,5-T in the soil.* Behaviour of the

## Les Références

degrading microbial populations. *Chemosphere*, 12 (7/8) Pratiques, INRA, Paris. p1101-1106.

81. **Sposito G., (1989)** . *The chemistry of soils, oxford university press*, New York, p277.
82. **Sposito, G; (2008)**. *The Chemistry Of Soils*. Oxford University Press, New York.p218
83. **Sposito. G; (1997)**. *The Chemical Composition Of Soils*. The Chemestery Of Soils. Oxford University Press.New-York:P 3-27
84. **Stevenson F.J., (1994)** . *Humus Chemistry: Genesis. Composition, Reactions*, 2nd edition, p512

## V

85. **Van Wesemael B., Brahy V., (2013)**. *Sols 2*, chapitre 11 : les sols et l'environnement terrestre, p 468-475.
86. **Vroumsia T., Steiman R., Siegle-Murandi F ;Benoit Guyod J.L:( 2005)**. *Fungalbioconversion of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 2,4-dichlorophenol (2,4-DCP)*.*Chemosphere*, 60: p1471-1476

## W

87. **Wang Q R., Cui Y S., Liu X M., Dong Y T., Christie P(2003)**.*Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China*. J. Environ. Sci. Health Part A Toxic/ Hazard. Subst. Environ. Eng. 38, P 823-838.

**ANNEXE N° 03****Valeurs indicatives de la fertilité des sols (Normes d'interprétations)****Tableau 18.** Normes internationales d'interprétation des calcaires total et actif

Élément dosé	norme	Signification
<b>Calcaire total</b>	<5%	Peu calcaire
	5% -15%	Moyennement calcaire
	16% -30%	Calcaire
	>30%	Très calcaire
<b>Calcaire actif</b>	< 8%	Peu chlorosant
	8% -15%	Chlorosant
	>15%	Très chlorosant

*Source.Henin et al (1969)***Tableau 19.** Les domaines de pH et les qualificatifs correspondant extraits du « Référentiel pédologique »

Valeur de pH	Signification
<3.5	Hyper acide
3.5-5	Très acide
5-6.5	Acide
6.5 – 7.5	Neutre
7.5 – 8.7	Basique
>8.7	Très basique

*Source.l'AFES (1995)***Tableau 20.** Normes d'interprétation de la conductivité électrique

Valeur de CE (mS/cm)	Signification
<b>0-0.35</b>	Non salé
<b>0.35- 0.65</b>	Légèrement salé
<b>0.65 -1.15</b>	salé
<b>1.15 – 1.8</b>	Très salé
<b>&gt;1.8</b>	Excessivement salé

*Source. Aubert, 1978*

**Tableau 21.** Normes internationales de d'interprétation des teneurs en Phosphore

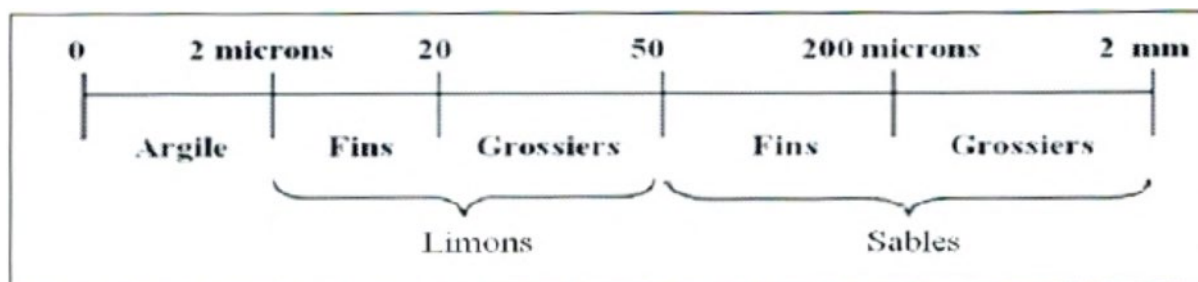
Teneur (ppm)	Signification
<10	pauvre
10-30	moyen
30 – 56	Riche
>56	Excessivement riche

*Source.Henin et al (1969)*

**Tableau 22.** Classification des sols suivant leur teneur en matière organique.

MO%	Nature du sol
< 0.5%	Très pauvre en MO
0.5 à 1.5%	Pauvre en MO
1.5 à 2.5 %	Moyennement pourvu en MO
2.5 à 6 %	Riche en MO
6 à 15 %	Très riche en MO

*Source.Belkeiri, 2000.*



*Source.Mathie(1998)*

**Figure :** L'Echelle internationale de la classification de sol

*Source.(originale 2020)*

**Photo.** Tamis mécanique



*source. Originale (2020)*

photo. L'étuve à 105°C.



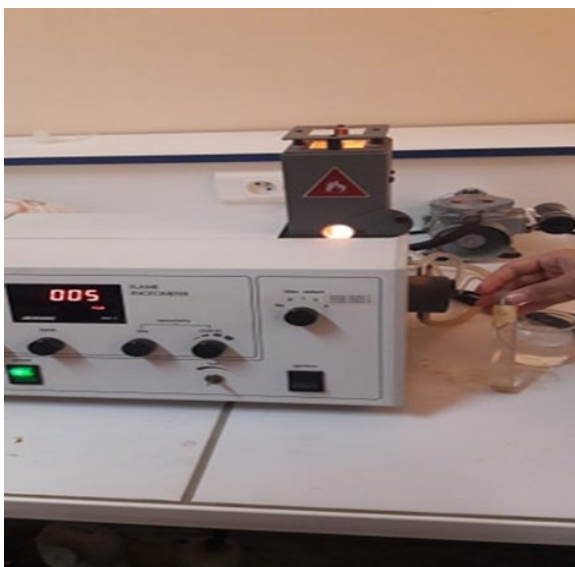
*Source. Originale(2020)*

**photo.** pH mètre et conductivité mètre



*Source. originale (2020)*

**Photo.** Four à moflant



*Source. Originale (2020)*

**Photo.** flame photomètre



*source. originale (2020)*

**Photo.**Le calcimetre