

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد بوضياف-المسيلة  
Université de Mohamed Boudiaf-M'Sila

FACULTE SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES  
N° : 26/DSA/VCDPGR/2023



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE  
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES  
OPTION : SCIENCE DU SOL

Mémoire présenté pour l'obtention  
du diplôme de Master Académique

par : **KHEDDAOUI Ghania et ADILIA Fattoum**

**Intitulé**

**Analyse et caractérisation physico-chimique  
de quelques sols d'Ouled Addi.  
Wilaya de M'Sila**

Soutenu devant le jury composé de:

M. MIMECHE Fateh	Prof.	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
Melle TIR Chafia	MAA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Promotrice
Melle MADANI Djamila	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examinatrice

**Année universitaire : 2022 /2023**

## Remerciements

*Tout d'abord, louanges à Dieu, et merci à Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé la chance d'accomplir cette recherche.*

*Nous n'avons pas trouvé les mots de gratitude appréciation les plus sincères et c'est chose la plus simple qui puisse être présentée à notre promotrice M<sup>elle</sup> TIR Chafia, qui ne nous a pas lésiné sur sa juste orientation et ses conseils, qui ont contribué à enrichir cette recherche et à en faire un matériau de valeur Scientifique.*

*Nos remerciements vont également à :*

*Mr Mimeche, F, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury ainsi qu'à ces conseils pertinents et aides scientifiques et morales.*

*M<sup>elle</sup> Madani, Dj, son efficace contribution à l'examen de notre travail et aussi pour ces aides et conseils dès le début de réalisation du mémoire.*

*Mr Zedam, A, pour ces aides scientifiques ainsi que de sa disponibilité en tant que responsable de post-graduation.*

*Mr Daouadie M, propriétaire de l'exploitation agricole qui a fait l'objet de notre travail.*

*L'ensemble du personnel de laboratoire du département des sciences agronomiques et surtout Mr Hadj Aroussi. Y, Alouani. R et Hichem.*

*Les mots ne suffisent jamais pour exprimer notre respect, gratitude et remerciements à nos enseignants du département des sciences agronomiques, pour leurs efforts tout au long de notre formation universitaire.*

# *Dédicace*

*Loué soit Dieu qui m'a aidé et m'a inspiré pour cet humble effort.*

*Je dédie le prix de mes efforts à la fontaine du don, qui a semé l'ambition et la persévérance dans mon âme, mon cher père, et à la fontaine de la tendresse, ma chère mère.*

*Et à mes frères, amis et toute la famille*

*En plus de Ma collègue*

*Adailiya Fatoum , et*

*mes amis dans étudiant Oubah Bouthaina et Seghiour Suhaila.*

*Et à mes honorables professeurs.*

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des photos**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale**

**Chapitre 1:Recherche Bibliographique sur le sol et ces propriétés**

<b>1.1. Définition du sol.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Composition du sol.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Propriétés du sol .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1. Propriétés physiques du sol.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1.1. Texture du sol .....</b>	<b>5</b>
<b>a. Définition de la texture du sol.....</b>	<b>5</b>
<b>b. Méthode de détermination du texteur .....</b>	<b>6</b>
<b>c. Types de la texture .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1.2. Structure du sol.....</b>	<b>9</b>
<b>a. Définition de la structure du sol.....</b>	<b>9</b>
<b>b. Les différents types de structure du sol.....</b>	<b>10</b>
<b>c. La stabilité structurale .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1.3. Porosité du sol.....</b>	<b>12</b>
<b>a. Définition de la porosité d'un sol.....</b>	<b>12</b>
<b>b. La méthode de détermination de la porosité.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.1.4. La perméabilité de sol .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.2. Propriétés chimiques du sol .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2.1. pH du sol.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2.2. Capacité d'échange cationique (CEC) .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2.3. Conductivité électrique (CE) de la solution du sol.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2.4. Calcaire du sol .....</b>	<b>16</b>
<b>a. Calcaire total.....</b>	<b>16</b>
<b>b. Calcaire actif .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.3. Propriétés biologiques du sol.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.3.1. Matière organique dans le sol .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.3.2. Carbone organique du sol .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.3.3. Azote dans le sol .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.3.4. Rapport C/N.....</b>	<b>18</b>

## CHAPITRE 2:PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1	Introduction .....	19
2.2	Situation géographique de la zone d'étude .....	19
2.3.1	Milieu physique de la zone d'étude .....	21
2.3.2	Géologie de la zone d'étude .....	21
2.3.3	Hydrologie de la zone d'étude .....	22
2.3.4	Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude .....	22
2.3.3.1	L'origine des données climatiques.....	23
2.3.3.2	La température .....	23
2.3.3.3	Les précipitations.....	24
2.3.3.4	Le vent .....	25
2.3.3.5	L'humidité .....	26
2.3.3.6	Evapotranspiration .....	28
2.3.3.7	L'indice climatique .....	28
a.	L'indice annule de Martonne <b>Ia</b> .....	29
b.	L'Emberger.....	29
c.	L'indice Xérothermique de <b>H .Gaussen et F.Bagnouls 1952</b> .....	30
2.3	La végétation de la zone d'étude .....	31
2.4	Production animale .....	32
2.5	Pédologie de la zone d'étude .....	34

## CHAPITRE 3: METHODOLOGIE DE TRAVAIL

3.1	Objectif d'étude .....	35
3.2	Choix de la région d'étude .....	35
3.3	Période de prélèvement et échantillonnage du sol .....	35
3.4	Echantillonnage sur le terrain .....	36
3.5	Analyses au laboratoire.....	37
3.5.1	Analyses physiques.....	37
3.5.1.1.	Les éléments grossiers (EG) .....	37
3.5.1.2.	L'humidité résiduelle du sol .....	37
3.5.1.3.	La porosité .....	38
a.	La densité apparent (da).....	38
b.	La densité réelle (dr).....	39
3.5.1.4.	L'analyse granulométrique du sol .....	40
3.5.2	Analyses chimique .....	40
3.5.2.1.	pH du sol .....	40

3.5.2.2.	La conductivité électrique .....	41
3.5.2.3.	Le calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ) % .....	41
3.5.2.4.	Le calcaire actif.....	42
3.5.2.5.	Le gypse .....	43
3.5.2.6.	Matière organique .....	43
3.5.2.7.	L'Azote total.....	44
3.5.2.8.	Les sels solubles .....	46

## CHAPITRE 4: RESULTATS ET DISCUSSION

4.1	<b>Caractérisation des sols du premier profil (P1).....</b>	<b>48</b>
4.1.1	<b>Description morphologique des horizons du profil P<sub>1</sub>(Oulad Addie).....</b>	<b>48</b>
4.1.2.	<b>Présentation et interprétation des résultats analytiques du sol primer profil .....</b>	<b>49</b>
4.1.2.1	Les éléments grossiers .....	49
4.1.2.2	L'Humidité résiduelle des sols du profil P1.....	50
4.1.2.3	La porosité (%).....	51
4.1.2.4	Texture des horizons du profil P1.....	51
4.1.2.5	pH <sub>eau</sub> et pH <sub>KCl</sub> au niveau des quatre horizons du premier profil .....	52
4.1.2.6	Conductivité électrique (CE).....	53
4.1.2.7	Calcaire total .....	54
4.1.2.8	Calcaire actif .....	55
4.1.2.9	Gypse .....	55
4.1.2.10	Matière organique .....	56
4.1.2.11	Azote totale dans les horizons du premier profil .....	56
4.1.2.12	Le rapport C / N .....	57
4.2	<b>Caractérisation des sols du deuxième profil P2.....</b>	<b>58</b>
4.2.1	<b>Description morphologique des horizons du profil P2 (Oulad Addie).....</b>	<b>58</b>
4.2.2	<b>Présentation et interprétation des résultats analytiques du sol deuxième profil .....</b>	<b>59</b>
4.2.2.1	Les éléments grossiers .....	59
4.2.2.2	L'Humidité résiduelle des sols du profil P2.....	60
4.2.2.3	La porosité (%).....	61
4.2.2.4	Texture des horizons du profil P2.....	62
4.2.2.5	pH <sub>eau</sub> et pH <sub>KCl</sub> au niveau des quatre horizons du deuxième profil.....	63
4.2.2.6	Conductivité électrique (CE) .....	64
4.2.2.7	Calcaire total .....	64
4.2.2.8	Calcaire actif .....	65
4.2.2.9	Gypse .....	66
4.2.2.10	Matière organique .....	67

<b>4.2.2.11</b>	Azote totale dans les horizons du deuxième profil .....	<b>67</b>
<b>4.2.2.12</b>	Le rapport C / N .....	<b>68</b>

**Conclusion générale**

**Référence bibliographique**

**Résumé**

## Liste des Figures

### *Chapitre 1*

Titre de Figure	N°P
<b>Figure 1.1</b> : distribution pondérale et volumique des phases du sol	3
<b>Figure 1.2</b> : état d'eau dans le sol	4
<b>Figure 1.4</b> : triangle des textures minérales	8
<b>Figure 1.5</b> : triangle des textures organiques	8
<b>Figure 1.6</b> : schéma représentant les différents niveaux d'assemblage des constituants du sol	10
<b>Figure 1.7</b> : Agrégat	10
<b>Figure 1.8</b> : classification des types de structures	11
<b>Figure 1.9</b> : Grandeurs utilisées pour la définition de la porosité totale et de la masse volumique apparente	12
<b>Figure 1.10</b> : représentation schématique des différentes phases des sols	12
<b>Figure 1.11</b> : Complexe argilo-humique capacité d'échange cationique	15

### *Chapitre 2*

Titre de Figure	N°P
<b>Figure 2.1</b> : Situation géographique de la commune d'oulad Addie 1/7000	20
<b>Figure 2.2</b> : Carte géologique de la zone de la wilaya de m'sila	21
<b>Figure 2.3</b> : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la zone d'étude (1988-2018)	23
<b>Figure 2.4</b> : Précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude (1988-2018)	24
<b>Figure 2.5</b> : Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude(1988-2018)	24
<b>Figure 2.6</b> : Humidités moyenne en (%) de (1988-2018)	25
<b>Figure 2.7</b> : Evapotranspiration Moyenne en mm de (1988 -2007)	26
<b>Figure 2.8</b> : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude (1988-2018)	28
<b>Figure 2.9</b> : Diagramme Ombrothermique de la région d'étude (1988-2018)	28
<b>Figure 2.10</b> : Carte pédologique de la région du HODNA et situation de la zone d'étude	31

### *Chapitre 3*

Titre Figure	N°P
<b>Figure 3.1</b> : les deux profils de prélèvement dans la zone d'étude P1 et P2	35

## **CHAPITER 4**

<b>Titre de Figure</b>	<b>N°P</b>
<b>Figure 4.1 :</b> Présentation des pourcentages des éléments grossiers au niveau des horizons du profil (P1)	49
<b>Figure 4.2:</b> Résultats de l'humidité des horizons du premier profil (P1)	50
<b>Figure 4.3:</b> Résultats de la da, dr et porosité des horizons du profil (P1)	50
<b>Figure 4.4 :</b> Fraction granulométrique dans les quatre horizons du profil (P1)	51
<b>Figure 4.5:</b> Représentation des résultats du pH <sub>eau</sub> et PH <sub>KCl</sub> des horizons du premier profil (P1)	52
<b>Figure 4.6:</b> Valeurs des conductivités électriques des horizons du premier profil (P1)	53
<b>Figure 4.7:</b> Présentation desvaleurs de calcaire total des horizons du profil (P1)	54
<b>Figure 4.8:</b> Présentation desvaleurs de calcaire actif des horizons du premier profil (P1)	54
<b>Figure 4.9:</b> Résultat obtenus des pourcentages du gypse dans les quatre horizons du profil P1	55
<b>Figure 4.10:</b> Taux de matière organique ( en %) des horizons du profil (p1)	56
<b>Figure 4.11:</b> Pourcentage de l'azote dans le sol (P1)	56
<b>Figure 4.12 :</b> Rapport C/N dans les quatre horizons du premier profil (P1)	57
<b>Figure 4.13 :</b> Pourcentage des éléments grossier ans les quatre horizons du deuxième profil	59
<b>Figure 4.14:</b> Présentation graphique de l'humidité des horizons du profil (P2)	60
<b>Figure 4.15:</b> Résultats de la porosité des quatre horizons du deuxième (P2)	61
<b>Figure 4.16 :</b> Fraction granulométrique enregistrées pour les quatre horizons du deuxième profil (P2)	62
<b>Figure 4.17 :</b> Représentation des résultats du pH eau et pH kcl des horizons du deuxième profil (P2)	63
<b>Figure 4.18:</b> Valeurs des conductivités électriques des quatre horizons du profil (P2)	63
<b>Figure 4.19:</b> Valeurs enregistrées du calcaire total dans les quatre horizons du profil (P2)	64
<b>Figure 4.20:</b> Valeurs de calcaire actif des quatre horizons du profil (P2)	65
<b>Figure 4.21:</b> Présentation des résultats de gypse dans les horizons du profil (P2)	65
<b>Figure 4.22 :</b> Taux du (MO %) dans les horizons du profil (P2)	66
<b>Figure 4.23 :</b> Présentation des résultats de l'azote des horizons du profil (P2)	67
<b>Figure 4.24 :</b> le rapport C/N (P2)	67

## List des tableaux

### CHAPITER 1

Titre de Tableau	N°P
<b>Tableau 1.1:</b> les principaux constituants du sol	5
<b>Tableau 1.2 :</b> L'analyse granulométrique a pour objet de déterminer les proportions des particules minérales inférieures à 2mm	7
<b>Tableau 1.3 :</b> classes d'appréciation de la perméabilité de terrain.	14

### CHAPITER 2

Titre de Tableau	N°P
<b>Tableau 2.1 :</b> Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de Ouled Addie (1988-2018) .	23
<b>Tableau 2.2 :</b> Précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude (1988-2018).	23
<b>Tableau 2.3 :</b> Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude (1988-2018)	24
<b>Tableau 2.4 :</b> Humidités moyenne en (%) de (1988-2018).	25
<b>Tableau 2.5 :</b> Évaporation Moyenne en mm de (1988 -2007).	26
<b>Tableau 2.6:</b> l'indice d'aridité de Martonne de la zone d'étude	27
<b>Tableau 2.7 :</b> Classification des climats selon l'indice de Martonne	27
<b>Tableau 2.8 :</b> résultats du calcul du quotient pluviométrique pour la zone d'étude.	28
<b>Tableau 2.9 :</b> valeur de la précipitation et la température moyenne mensuel	29
<b>Tableau 2.10 :</b> superficies d'Ouled Addie	30
<b>Tableau 2.11 :</b> Production végétale d'Ouled Addie	30
<b>Tableau 2.12 :</b> Production animale d'Ouled Addie	30

### Chapitre 3

Titre de Tableau	N°P
<b>Tableau 3.1 :</b> Un tableau indiquant le nombre d'horizons de chacun profil et la profondeur de chacun d'eux	37

### Chapitre 4

Titre de Tableau	N°P
<b>Tableau 4.1 :</b> Description morphologique des horizons du premier profil (P1)	48
<b>Tableau 4.2 :</b> Fraction granulométrique des quatre horizons du premier profil (P1)	51
<b>Tableau 4.3:</b> Résultats des pHeau et pHKCl des horizons du premier profil (P1)	52
<b>Tableau 4.4 :</b> Conductivité électrique des horizons du premier profil (P1)	53
<b>Tableau. 4.5:</b> Résultats du calcaire total pour chacun des horizons du premier profil	53
<b>Tableau 4.6:</b> Résultats du calcaire actif des horizons du profil (P1)	54
<b>Tableau 4.7:</b> Résultats de taux du MO des horizons du profil P1	55
<b>Tableau .4.8 :</b> Résultat des taux de l'azote total dans les quatre horizons du premier profil	56
<b>Tableau 4.9:</b> Rapport C/N dans les horizons du premier profil (P1)	57

<b>Tableau 4.11:</b> Description morphologique des horizons du deuxième profil (P2).	58
<b>Tableau 4.12:</b> Pourcentage de la fraction grossière (refus, éléments grossiers) au profil P2	58
<b>Tableau 4.13 :</b> Résultats de l'humidité du profil (P2)	59
<b>Tableau 4.14 :</b> Résultats des densités, apparentes et de la porosité des sols du profil (P2)	60
<b>Tableau 4.15:</b> Fraction granulométriques dans chacun des horizons du profil (P2)	61
<b>Tableau 4.16 :</b> Résultats des calculs de $pH_{eau}$ et $pH_{KCl}$ des horizons du profil P2	62
<b>Tableau 4.17 :</b> Valeurs obtenus de la conductivité électrique au niveau du profil P2	63
<b>Tableau 4.18 :</b> Résultats du calcaire total de chacun des horizons du profil (P2)	64
<b>Tableau 4.19 :</b> Résultats du calcaire total de chacun des horizons du profil (P2)	64
<b>Tableau 4.20 :</b> Résultats des analyses du gypse pour les horizons de profil P2	65
<b>Tableau 4.22:</b> Présentation des résultats d'azote des horizons du profil(P2)	66
<b>Tableau 4.23 :</b> le rapport C/N	67

## Liste des Photos

### Chapitre 3

Titre des Photos	N°P
<b>Photo 3.1</b> : Les horizons du profile P1 de la zone d'Ouled Addie	36
<b>Photo 3.2</b> : Les horizons du profile n°2 de la zone d'Ouled Addie	36
<b>Photos 3.3</b> : Cylindre pour déterminer la densité apparent	39
<b>Photos 3.4</b> : Pycnomètre (utilisé par la détermination de la dr de nos échantillonne)	39
<b>Photos 3.5</b> : pH mètre (utilisé pour la mesuré de pH de nos sol au laboratoire)	41
<b>Photos 3.6</b> : Conductimètre (de mesure de CE au laboratoire)	41
<b>Photos 3.7</b> : Calcimètre de Bernard de laboratoire de pédologie	42
<b>Photos 3.8</b> : une des étapes du dosage de calcaire actif dans un échantillon de sol)	43
<b>Photos 3.9</b> : creusés en ver avant de mettre au four lors de l'analyse de gypse)	43
<b>Photos 3.10</b> : virage de couleur lors de l'analyse de Carbone organique de nos sols par la méthode de (Walkly et Black)	44
<b>Photos 3.11</b> : dosage de Carbone organique après titrage	44
<b>Photos 3.12</b> : Digesteur utilisé dans l'étape de la digestion	45
<b>Photos 3.13</b> : Distillateur kjedahl utilises au niveau de département des sciences agronomies de M'sila	45
<b>Photos 3.14</b> : couleur des échantillons avant (1) et après (2) La digestion	46
<b>Photos 3.15</b> : couleur des échantillons après titrage aux nitrates d'argent)	46
<b>Photos 3.16</b> : Une des étapes de dosage des carbonatas et bicarbonates	47
<b>Photos 3.17</b> : Une des étapes de dosage de sulfate	47

### Chapitre 4

Titre des Photos	N°P
<b>Photos 4.1</b> : Les horizons du profile P1 de la zone d'Ouled Addi	48
<b>Photos 4.2</b> : Les horizons du profile P2 de la zone d'Ouled Addi	58

## List des observations

A : Argile

Ca<sup>+2</sup> : calcium

CaCO<sub>3</sub> : Calcaire.

CE : Conductivités Electrique.

CEC : Capacité D'échanges Cationique.

Cl : Chlore

C/N : rapport carbone organique sur l'azote organique

da : Densité Apparent.

dr : Densité Réelle

D. S. A : Direction Des Servies Agricole.

ETP : évapotranspiration potentiel

H: Horizon

H(%) : Taux D'humidité

Ib : Indice de Battance

L: Limon

Lt: Limon Total

Lf : Limon Fine

Lg : Limon Grossier

Mo : Matière Organique

P : Précipitation (mm)

P (%) : Pourcentage De Porosité

P<sub>e</sub>: Poids D'eau

PH : potentiel hydrique

pH eau : acidité actualité

pH<sub>kcl</sub> : acidité totale

Ps : Poids De Terre Sèche De l'échantillon

S : Sable

S<sub>f</sub> : Sable Fine

S<sub>g</sub>: Sable Grossier

T : Capacité d'échange Cationique

T (C°) : température

T max : température maximale

T min : température minimale

V : vent (k / h)

Vs : volume occupé par la matière solide

V<sub>t</sub> : volume totale

$V_v$  : volume de vide

## *Introduction Générale*

Les écosystèmes sont des entités complexes caractérisés par des interactions plus ou moins anxieux.

Au cœur de ces écosystèmes on trouve le sol et la plante qui sont intimement liés et dans ce cotexte l'effet du sol et ces caractéristiques physiques, chimiques et biologiques parait clairement sur le végétale, son développement ainsi que sont rendement qualitatif et quantitatif.

Donc, Toute étude sur un éventuel développement agricole de n'importe quelle zone ou region commence forcement par la caractérisation des ses sols.

La région de M'sila, privilégiée dans la partie centrale du nord de l'Algérie, et il fait partie de la région des hauts plateaux centraux et couvre une superficie de 1,8 à 17 500 hectares. Elle compte aujourd'hui 47 communes et compte environ 1 334 520 habitants (**DSA M'sila, 2023**).

Cette région était principalement à vocation pastoral, mais l'agriculture prend de plus en plus maintenant une place primordiale dans son économie.

Ouled Addi Guebala est une des communes de la wilaya de M'sila ; situé à 30 km à l'Est de la ville de M'sila, elle est considérée comme une zone sèche, avec production végétale plus ou moins limitée..

L'objectif principal de notre présente étude est de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques des sols de la zone d'Ouled Addi et de discuter ses potentialités agronomiques.

Notre travail est divisé en quatre chapitres, de l'introduction à la conclusion. Pour les cours, nous avons :

**Chapitre 1:** Il s'agit d'une étude approfondie qui comprend toutes les informations dont nous avons besoin dans notre étude

**Chapitre 2 :** Il s'agit d'une présentation de la zone d'étude (situation géographique, climat, productions végétales et animales).

**Chapitre 3 :** Les méthodes et moyens utilisés dans notre travail

**Chapitre 4 :** Analyse et interprétation de nos résultats.

***Chapitre 1 :***  
***Recherche bibliographique***  
***Sur le sol et ces propriétés***

### 1.1. Définitions du sol

le sol est une formation naturel de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus , physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants(**Demolon, 1969**).

Pour (**Halitim, 1988**), explique que de point de vue pédologique, le sol comme un milieu complexe dynamique et capable d'individualité propre.

(**Heller et al, 1993**), définissait le sol comme une source presque exclusive de l'eau et des sels minéraux indispensables pour le végétal.

Selon (**Chaude et Leclee, 1999**), le sol est un composite granuleux multicouche, qui se développe sur une roche mère. Il est constitué de minéraux issus de la décomposition de la roche mère.

Pour l'agriculteur, cette couche constitue le support et le réservoir alimentaire de sa culture et ses productions agricoles (**Prévoist, 2006**).

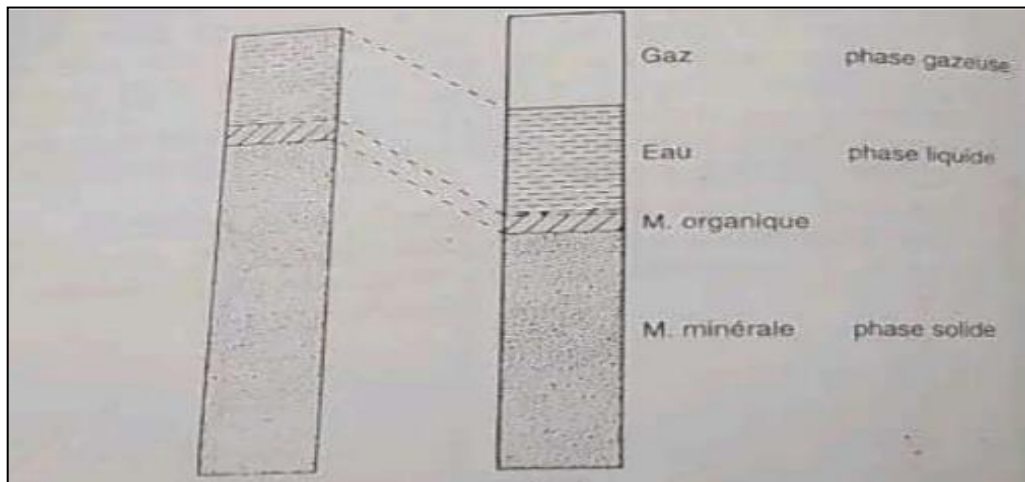
Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position-clé dans les cycles globaux des matières (**Gobat et al, 2010**).

Trop souvent, le sol est considéré comme un échantillon de la couche supérieur de la croûte terrestre composé de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes. Il est conçu comme une entité indépendante de sa position géographique dans le paysage, donc sans relation avec les sols voisins Cela sous-entend qu'il existerait un individu sol (**Claude et al, 2011**).

Le sol est un écosystème et doit être considéré comme un corps naturel avec sa propre organisation et sa propre histoire .la caractère systémique du sol s'impose ainsi progressivement. Cela est important pour sa description et la compréhension de son fonctionnement qui nécessite de prendre en compte l'existence de flux de matière et d'énergie entre les différents compartiments constituant ce que l'on peut appeler le « système sol » (**Calvet, 2013**).

## 1.2. Composition du sol :

Le sol se compose de trois phases (**Fig. 1.1**), Avec des constituant de divers types :



**Figure 1.1:** distribution pondérale et volumique des phases du sol (**Vilain, 1997**)

### 1.2.1. Phase solide :

Dans cette phase du sol on trouve des constituants divers :

#### 1.2.1.1. Constituants minéraux:

Les constitutions minéraux du sol sont primaires, hérités directement de la roche- mère, ou secondaire, issus de la transformation chimique des précédents et réunis alors dans le complexe d'altération. Celui-ci comporte des sels (ex. Carbonates de calcium ou de magnésium) ou des silicates (ex. Micas et argiles); ces dernières sont des colloïdes, comme les hydroxydes de fer ou l'aluminium, autres minéraux secondaires. Si l'altération est «totale», elle libère des ions isolés ou des micromolécules (**Gobat et al, 2003**).

#### 1.2.1.2. Constituants organiques:

Formés de l'humus et des micro-organisme ;il s'agit de la litière à la matière organique humifiée; la mort des êtres vivants, leurs déchets et sécrétions apportent au sol sa matière organique, qualifiée de fraîche avant qu'elle ne se transforme en humus(**Gobat et al, 2003**).

### 1.2.2. Phases liquide :

Composée d'eau retenue dans les pores du sol la texture et la structure du sol conditionnent la rétention et la circulation de l'eau . l'eau intervient aussi bien sur le comportement physique (cohésion, stabilité structurale, etc.) que sur les propriétés physicochimiques et biologique des sols (altération, solubilisation, transports des éléments dissous, aération, etc.) (**Vilain, 1997**).

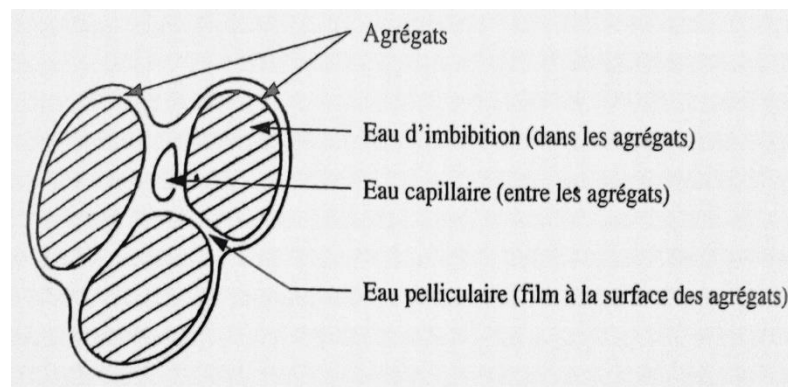
L'eau dans le sol, ou humidité du sol, provient de l'eau qui s'infiltré lors d'une pluie en effet, l'eau qui arrive au sol peut s'infiltré, ruisseler ou s'évaporer, en proportion variables selon les caractéristiques de pluie (durée, intensité...) et les conditions de milieu (pente, humidité de l'air...). L'eau d'infiltration est la seule intéressante au niveau du sol: une partie de cette dernière percole vers la profondeur (celle logée dans les macropores, appelée eau de gravité), l'autre partie est stockée dans le sol dans les micropores et constitue l'eau de rétention (**Fig. 1.2**) (**Prévost, 2006**).

En effet l'eau est retenue dans le sol grâce à des forces d'attraction que l'on regroupe sous le terme de «force de succion» du sol. Cette force de succion est d'autant plus forte que l'humidité du sol est faible, c'est-à-dire que l'eau à la surface des agrégats est en faible quantité. On trouve, plusieurs états de l'eau de rétention dans le sol qu'on cite :

**1.2.2.1 L'eau d'imbibition:** qui imprègne les colloïdes, très fortement retenue.

**1.2.2.2 L'eau pelliculaire:** formant un mince film à la surface des agrégats fortement retenue.

**1.2.2.3 L'eau capillaire:** qui occupe les micropores du sol; elle est la plus importante en quantité et représente le réservoir en eau pour la plante (Prévost, 2006).



**Figure 1.2 :** état d'eau dans le sol (Prévost, 2006)

### 1.2.3. Phases gazeuse :

Dite aussi l'atmosphère de sol dans la couverture pédologique, les gaz sont présents dans la porosité, lorsque les pores ne sont pas remplis par l'eau. Ainsi gaz et eau sont-ils liés spatialement dans les pores. La teneur en  $\text{CO}_2$  est de 0,03 % dans l'air alors qu'elle varie de 0,2 % à 5 % dans les sols. La teneur en oxygène dans les sols n'est que de 15 % à 18% et peut n'être que de 2% au voisinage de racines alors qu'elle est de 21 % dans l'air. Ces valeurs montrent la différence existant au sein de la couverture pédologique en matière de gaz (Claude, 2011).

(Gobat et al, 2003), évoquent que les principaux constituants du sol soit solides, liquides ou gazeux (Tab.1.1).

**Tableau 1.1:** les principaux constituants du sol

	Constituants solides		Constituants liquides (solution du sol)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organique		
<b>Origine</b>	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, Nappes, ruissellements	Air hors sol, matières en décomposition, respiration
<b>Critères de classement</b>	Taille (granulométrique) Qualité (minéralogie)	Etat (vivants, morts) Qualité chimique (originelle, transformée)	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique) Qualité chimique	Origine (air, organismes) Qualité chimique
<b>Catégories</b>	Selon granulométrie Squelette (>2mm) Terre fine (<2mm) Selon minéralogie Quartz Minéraux silicatés Min. Carbonatés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organismes vivants</li> <li>• Organismes morts</li> <li>• Matières organiques héritées: cellulose, lignine, résines</li> <li>• Matières organiques humifiées: acides fulviques et humiques, humines</li> </ul>	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 ruban organismes: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>

Source : (Gobat et al, 2003)

### 1.3. Propriétés d'un sol :

#### 1.3.1. Propriétés physiques du sol :

##### 1.3.1.1. Texture du sol :

###### a. Définition de la texture :

Toutes les propriétés des sols et en particulier leurs propriétés physiques, mécaniques et hydriques, dépendent d'une manière ou d'une autre de leur composition granulométrique. A des compositions granulométriques différentes correspondent des propriétés différentes, qu'elles soient appréhendées par des mesures ou simplement par des appréciations tactiles et visuelles. Cette observation est à la base du concept de texture, qui est une qualification globale des propriétés des matériaux terreux et par conséquent, des sols ou des horizons de sol d'où ils sont issus. Elle est désignée par une appellation texturale établie à partir d'un diagramme basé sur les teneurs en argiles granulométriques, en limons granulométriques et en sables granulométriques (Calvet, 2013).

**Halitim, (1988)**, définit la texture comme un facteur de détermination de la fertilité des sols puisqu'elle influence les propriétés physiques (économiques en eau et air, structure, perméabilités, résistance à l'érosion etc....) et chimiques (capacités des échanges) des sols.

La texture d'un sol, est la répartition de la taille de ses éléments constitutifs, est caractérisée par une courbe granulométrique. Cette courbe indique, sur une base pondérale et en fonction du diamètre apparent, les taux de particules solides de taille inférieure et supérieure à ce diamètre. Elle s'obtient en appliquant successivement diverses techniques de séparation (tamisage, sédimentation, etc.) à un échantillon de sol. L'utilisation de la texture comme critère de différenciation des sols repose sur une subdivision de la gamme des diamètres apparents en intervalles, formant une échelle texturale, puis sur la sélection des trois intervalles couvrant les particules les plus fines, soit en général les argiles (< 0,002 mm), le silt (0,002-0,05 mm) et le sable (0,05-2mm). Ces trois intervalles permettent alors de construire un triangle textural (**André et al, 2007**).

Les composants différenciés sont les argiles (< 2  $\mu\text{m}$ ), les silts (2-50  $\mu\text{m}$ ), les sables fins (50-200  $\mu\text{m}$ ). Les sables grossiers (0,2-2  $\mu\text{m}$ ) et les graviers (> 2  $\mu\text{m}$ ). Le pourcentage de chacune de ces familles dans l'assemblage global définit la classe de texture du sol. Soulignons la différence entre les silts qui sont une classe granulométrique, donc de taille définie et les limons qui sont un assemblage de classes de granulométrie selon différentes proportions, avec néanmoins une majorité de silts (**Atteia, 2015**).

#### **b. Méthodes de détermination de la texture du sol :**

Il y a deux méthodes de détermination de la texture du sol:

##### ➤ **Méthode directe (in site):**

Un échantillon de terre pris dans le milieu d'un horizon et malaxé dans la main se présente, après qu'on en ait enlevé les éléments grossiers, comme un matériau meuble. Lorsqu'il est humide ou frais, sa manipulation entre les doigts permet d'interpréter son comportement en le mettant en parallèle avec sa granulométrie. En effet, à partir de ce comportement de la terre manipulée dans la main, les pédologues ont définis des classes de « texture » auxquelles correspondent des comportements plus généraux des terres. L'argile, humide, colle aux doigts; le limon, sec, procure la même sensation que le talc et, humide, forme une pâte qui ne colle pas aux doigts et s'effrite. Les sables fins donnent une impression de rugosité sous les doigts; les sables grossiers s'observent à l'œil nu. Entre ces trois pôles: argileux, limoneux et sableux, on distingue des classes intermédiaires et une classe centrale dans laquelle les argiles, limons et sables sont en quantité équivalente (**Claude et al, 2011**).

L'analyse granulométrique a pour objet de déterminer les proportions des particules minérales inférieures à 2mm qui sont montrés au **Tableau 1.2**.

**Tableau 1.2.** Comparaison entre les constituants de terre fine et éléments grossiers.

Terre fine					
<b>Taille</b>	<2 µm	2à20 µm	20à50µm	50à200 µm	200à2000 µm
<b>Classe</b>	<b>Argile</b>	<b>L fin</b>	<b>L grossier</b>	<b>S fin</b>	<b>S grossier</b>
Éléments grossiers					
<b>Taille</b>	2mm à2 cm	2à5cm	5à20cm	20 cm	
<b>Classe</b>	<b>Gravier</b>	<b>Cailloux</b>	<b>Pierre</b>	<b>Bloc</b>	

Source : (Baize, 2000)

➤ **Méthode indirecte (au laboratoire):**

Le but de l'analyse granulométrique est de fractionner les constituants en classes de tailles définies et d'évaluer les proportions pondérales. Les particules grossières de taille supérieure à 2 mm sont séparées par tamisage. Pour les particules constituant la terre fine, deux techniques sont retenues: la sédimentation et le tamisage (Vilain, 1997).

La réalisation d'une analyse granulométrique comporte les opérations successives suivantes:

Séchage à l'air de l'échantillon de terre, séparation des éléments grossiers de la terre fine. Cette opération est désignée comme l'analyse mécanique, destruction des agrégats, dissociation des particules élémentaires de la terre fine et mise en suspension; fractionnement selon les classes granulométriques. Les trois premières interventions sont des opérations préparatoires indispensables à une réalisation correcte du fractionnement, toutes les méthodes nécessitent la réalisation préalable d'une dispersion homogène. Parmi elles, la plus couramment utilisée est la méthode pipette de Robinson. Les autres méthodes ; la centrifugation, la méthode densimétrique sont peu pratiquées (Vilain, 1997).

**c. Type des textures :**

➤ **Texture minérale:**

Elle s'exprime par un terme simple (ex, sableuse, argileuse) ou composé (ex, limono-sableuse, argilo-limoneuse), repéré dans un **triangle des textures** minérales, au sein duquel des catégories sont délimitées. (Fig. 1.3) présente le triangle standard USDA (Gobat et al,2003).

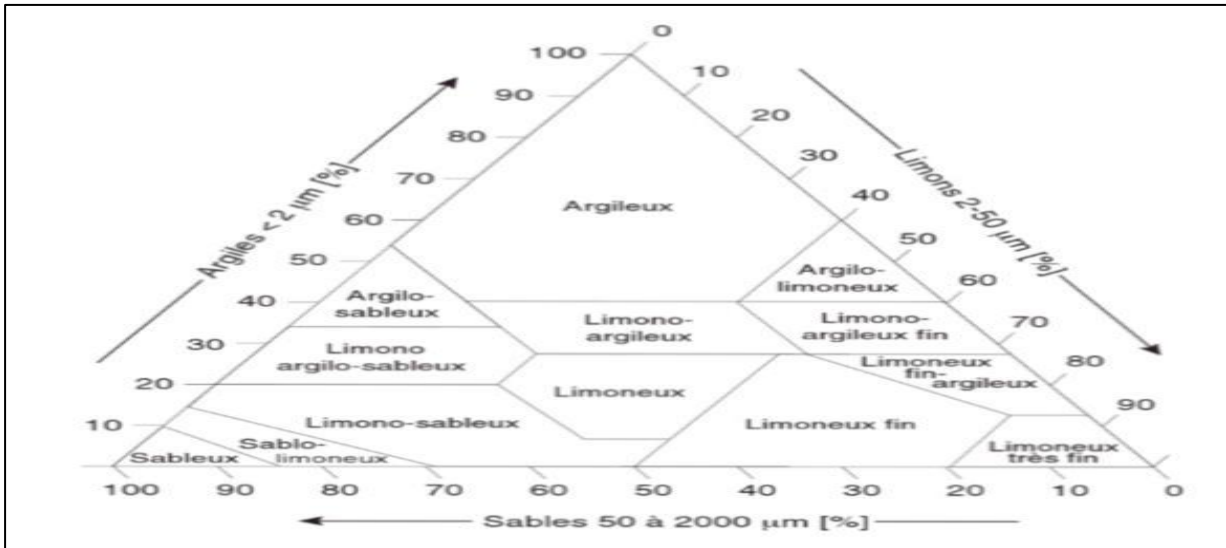


Figure 1.3 : Triangle des textures minérales (d’après USDA, 1975) Cité par (Gobat et al, 2003)

**Triangle des textures minérales :** Chaque échantillon y est situé en fonction de sa teneur pondérale en sables, limons et argiles, la somme des trois étant ramenée à 100%. Pour chaque pourcentage d'argile, de limon et sable, tracer une parallèle à l'axe précédent. L'intersection des trois droites désigne la texture de l'échantillon (Gobat et al, 2003).

➤ **Texture organique:**

La texture organique est aussi déterminée dans un triangle, qui permet l'attribution de l'échantillon aux domaines fibrique, mésique ou saprique, bases de la classification des tourbes Fig.1.4 (Gobat et al, 1991) Cité par (Gobat et al, 2003).

En plus d'indication granulométriques, elle fournit- c'est là une différence par rapport à la texture minérale- des informations sur la microstructure du matériel.

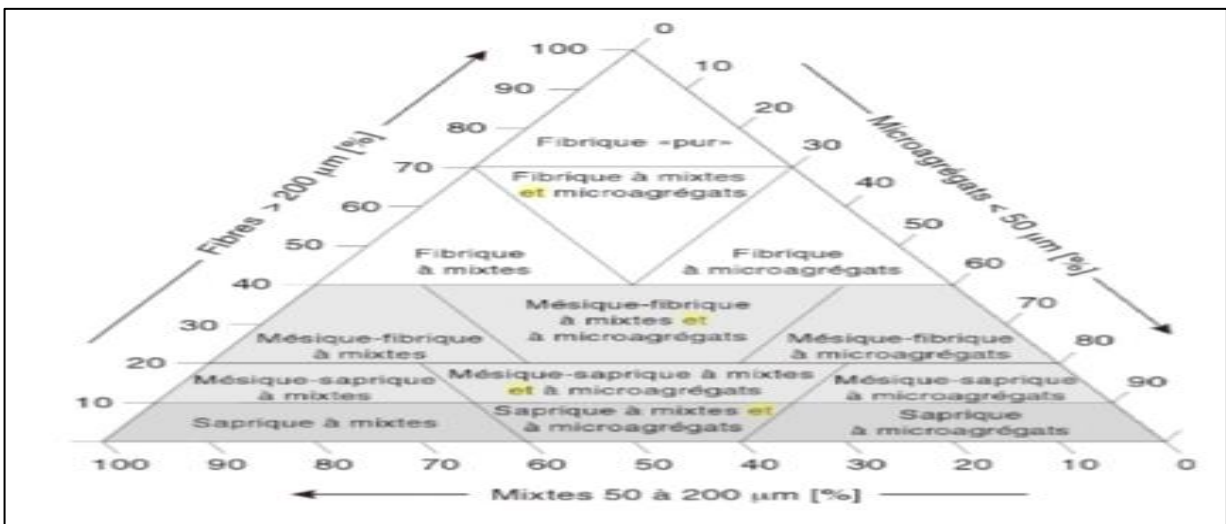


Figure 1.5 : triangle des textures organiques (Gobat et al, 2003)

**Triangle des textures organiques** Utilisation identique à celle du triangle des textures minérales. Le matériel mixte est composé de restes de tissus végétaux, souvent déchirés, ainsi que, parfois, de macro

agrégats. En bloc: tourbes du domaine fibrique; en gris clair: tourbes du domaine mésique; en gris foncé: tourbes du domaine saphique (Gobat et al, 2003).

### 1.3.1.2. Structure du sol:

#### a. Définition de la structure du sol:

On appelle « structure du sol » l'arrangement dans l'espace des constituants du sol et leur liaison. Les constituants peuvent être simplement des particules élémentaires : des sables, des graviers ou des ensembles complexes résultant de l'agglomération des particules élémentaires. Les liaisons au sein des ensembles assurent l'existence de la structure et conditionnent son évolution (Vilain, 1997).

D'après(Claude, 2011). La structure est le résultat de l'organisation, du mode d'assemblage, à un moment donné, des constituants solides d'un horizon, considérée à un certain niveau d'observation « les agrégats, les micro-agrégats, les particules élémentaires. Elle est définie par la disposition spatiale, la nature et l'intensité des liens entre ces éléments, tels qu'ils existent principalement au sein des agrégats présents dans les divers horizons de la couverture pédologique.

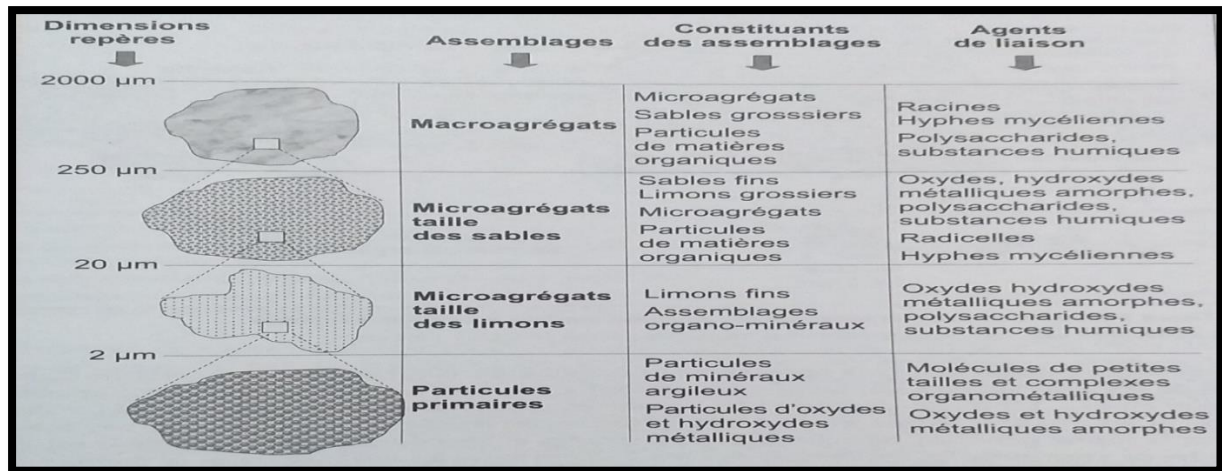
Selon (Jean et Clément, 1997), la structure d'un sol est l'arrangement spatial des particules minérales et leur éventuelle liaison par la matière organique, des hydroxydes de fer et /ou d'alumine à un moment donné de la vie du sol.

La structure du sol représente le mode d'assemblage des particules entre elles. Le sol en place apparait comme un ensemble d'éléments construits que l'on appelle selon la taille des agrégats, des agglomérats ou des mottes (Prévost, 2006).

La structure est un état du sol, varie à court terme, par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture (l'inverse n'est pas vrai!) mais aussi de l'état des colloïdes, du taux d'humidité ou de matière organique et dans une large mesure, de l'activité de la faune. On l'observe aux échelles macroscopique- structure proprement dite- ou microscopique; on parle dans ce cas de microstructure.

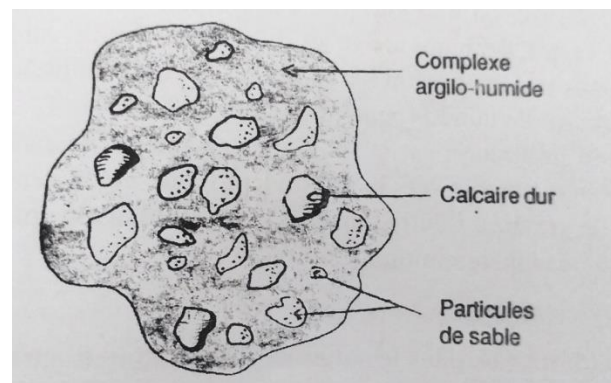
La solidité de la structure, sa résistance aux agents de dégradation, est évaluée par des tests de stabilité structurale (selon leur taille, les structures agrégées se divisent en quatre types, reflétant des propriétés physiques ou chimiques différents (Calvet, 2013)).

- **Micro agrégats:** de 2 à 20 µm, très stables, formés de matière organique fortement aromatique liée aux argiles et aux limons fins, et de polysaccharides bactériens
- **Micro agrégats:** de 20 à 250 µm, contenant des limons grossiers et des sables, agrégés par des polysaccharides, des cellules bactériennes et du mycélium;
- **Macro agrégats:** de 250 à 2000 µm formés des précédents et des sables grossiers reliés par polysaccharides des cellules bactériennes et du mycélium cité par (Gobat et al, 2003) (Fig.1.5.).



**Figure 1.5:** Schéma représentant les différents niveaux d'assemblage des constituants du sol  
(Clavet, 2013)

L'agrégat est l'unité structural et est formé d'un squelette de graine de sable et de limons reliés entre eux par le complexe argilo-humique(Fig.1.6) (Prévost, 2006).



**Figure 1.6:** Agrégat (Prévost, 2006)

#### b. Différents types de structure du sol :

La structure traduit la façon dont les particules des sols sont disposées les unes par rapport aux autres, on peut distinguer à la vue et au toucher divers types de structures :

##### ➤ La structure élémentaire ou particulaire :

Les éléments solides sont libers, non associés entre eux, par exemple les terres sableuses. Ces terres ne retiennent pas l'eau.

##### ➤ La structure fragmentaire :

Les constituants solides sont rendus solidaires par le complexe argilo-humique, ils constituent des agrégats plus ou moins gros, entre lesquels se trouvent des vides permettant la circulation de l'air et de l'eau ainsi que la pénétration des racines, le complexe joue le rôle de réserve d'eau et d'éléments nutritifs. C'est la structure des meilleures terres de culture.

##### ➤ La structure compacte ou massive :

Aucun vide n'existe entre les particules qui forment un bloc (Claude, 2011)(Fig. 1.7).

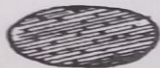


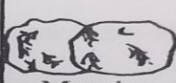
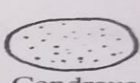

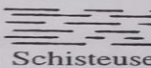
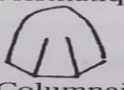
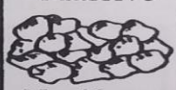


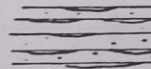

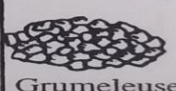
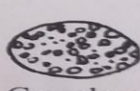
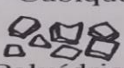
Classes	Continue	Fragmentaire			Particulaire
Types		Philliteuse	Anguleuse	Arrondie	
Groupes	 Ciment	 Squamose	 Prismatique	 Massive	 Cendreuse
	 Grès	 Schisteuse	 Columnaire	 Nuciforme	 Sableuse
	 Poudingue	 Laminaire	 Cubique	 Grumeleuse	 Graveleuse
			 Polyédrique		

Figure 1.7: Classification des types de structures (Prévoist, 2006)

### c. La stabilité structurale :

La diversité des liens permettant l'agrégation des particules élémentaires dans les sols explique la diversité des méthodes de mesure de la solidité des agrégats, ou stabilité structurale (Calvet, 2013).

Ces méthodes ont cependant un point commun, l'échantillon à analyser est placé dans l'eau puis tamisé, éventuellement travers plusieurs tamis. Le passage dans l'eau a comme conséquence de détruite une centaine partie des agrégats. Plus ils sont solides, plus la partie détruite sera faible, et davantage d'éléments grossier seront retrouvés dans les tamis les plus grossiers. Un indice est alors calculé à partir de la proportion de l'échantillon initial se retrouvant dans chacune des classes de dimensions déterminées par les tamis utilisés. Les résultats obtenus sont ensuite validés par comparaison avec des mesures de terrain, comme l'intensité des phénomènes érosifs, directement liées à la stabilité structurale cité par (Claude et al,2011).

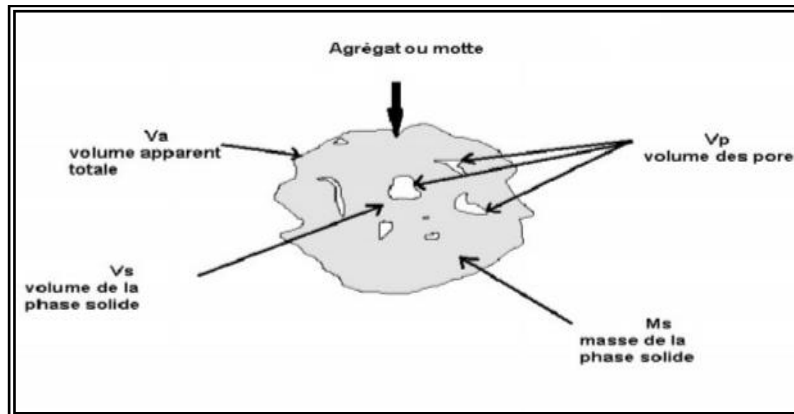
On caractérise la stabilité des agrégats par la résistance des assemblages (des éléments structuraux) à l'égard de l'action de l'eau. Cependant, à partir de quelle taille peut-on admettre que l'on a affaire à un agrégat stable une seule dimension seuil est le plus souvent utilisée: le diamètre de 0,2 mm. La quantité de matériau terreux existant à l'état d'agrégats de dimension égale ou supérieur à 0,2 mm, dans des conditions données, est considérée comme une estimation de la stabilité de la structure. Une information plus complète est donnée par la distribution des agrégats classés selon leur diamètre. Les résultats obtenus servent à calculer des grandeurs utilisées pour caractériser leur stabilité. Il est important de souligner que l'information recueillie concerne les matériaux terreux issus d'horizon de sol et ne concerne donc pas le sol dans son ensemble. Cette stabilité peut cependant être reliée au comportement de sol en place, comme sa sensibilité à l'érosion, au tassement, à la battance, et son aptitude au trafic(Calvet, 2013).

#### 1.3.1.3 Porosité du sol :

##### a. Définition de la porosité du sol :

Le mot «porosité» peut recouvrir deux notions. L'une se réfère à une qualité, celle d'un milieu qui possède des pores, c'est-à-dire un milieu poreux. L'autre est une grandeur physique qui exprime le rapport entre

deux volume (le volume occupé par les pores dans un milieu donné et le volume total de ce milieu) un grandeur complémentaire de la porosité totale est la masse volumique apparente (Fig. 1.8) (Calvet, 2013).



**Figure 1.8** : Grandeurs utilisées pour la définition de la porosité totale

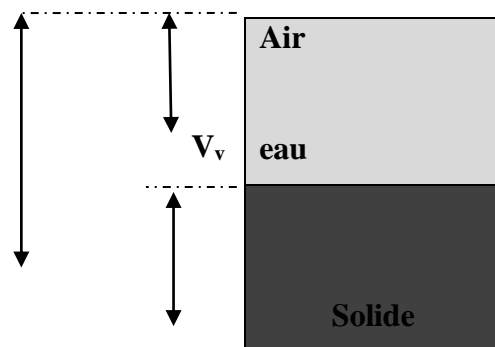
et de la masse volumique apparente (Calvet, 2013)

Selon (Claude et al, 2011), la porosité est un volume d'un sol qui n'est pas occupé par ses Constantine solides (Fig. 1.10). Elle correspond donc aux vides du sol qui peuvent être remplis par de l'eau et /ou de l'air, en proportion variable selon les conditions climatiques.

$V_v$  : représente le volume cumulé des phases liquide et gazeuse.

$V_s$  : représente le volume de phase solide du sol.

$V$  : le volume total



**Figure 1.9** : représentation schématique des différentes phases des sols (Claude et al, 2011)

La Porosité (P) est aussi le pourcentage du volume du sol occupé par ses vides ; elle se calcule alors par la formule suivante (Claude et al, 2011) :

$$P = (v_v / v) \cdot 100$$

On définit par ailleurs l'indice de vides (e) à partir du rapport suivant :

$$e = v_v / v_s$$

#### b. La méthode de détermination de la porosité :

La porosité est mesurée sur un échantillon de sol de volume connu, prélevé sans modifier sa structure et pesé après dessiccation à 105°C.

La porosité totale P est alors :

$$P = \frac{d - \rho_A}{d} \quad (100\%)$$

Où d représente la densité réelle des constituants solides du sol; on l'estime à 2.65 dans un sol moyen, à 2.4 dans un sol très calcaire, à 2,0 dans un sol humifère et à 1,5 dans un sol tourbeux.

La masse volumique apparente  $\rho_A$  (sans unité dans la formule ci-dessus!) est mesurée par le quotient  $m/V$ , m étant la masse du sol après dessiccation (en grammes) et le volume de sol prélevé, en  $\text{cm}^3$ . La porosité varie de 30% dans des sols à texture très fine à 80 % dans les tourbes.

Les méso- et microporosités sont estimés par le poids d'eau, exprimé en volume, retenu dans un volume donné de sol après ressuyage; la macroporosité est établie par différence avec la porosité totale (**Gobat et al, 2003**).

En pédologie, la masse volumique apparente est traditionnellement dénommée densité apparenté. Cette utilisation du terme de densité est pourtant fallacieuse, puisque la densité est le rapport entre la masse volumique d'un corps et celle d'un autre corps de référence, généralement l'eau. La masse volumique est exprimée en unité de masse par unité de volume alors que la densité n'a pas d'unité; leurs valeurs numériques sont identiques si le corps de référence est l'eau, dont  $\rho_a$  vaut  $103\text{kg}/\text{m}^3$  à  $4^\circ\text{C}$ . La densité apparente des pédologues est en réalité une masse volumique apparente, alors que la densité réelle est, elle, une vraie densité (**Gobat et al, 2003**).

### 1.3.1.4 La perméabilité du sol :

Dans un milieu divisé comme le sol, l'eau et les gaz circulent. La perméabilité traduit la plus ou moins grande facilité de circulation de fluide comme l'air et l'eau à travers le milieu. Les caractéristiques retenues pour étudier la circulation de l'eau sont toutes liées de manière assez complexe à la porosité. La configuration de l'espace poral est plus déterminante que son volume (**Vilain, 1997**).

C'est une détermination indispensable à l'agriculteur désireux de pratiquer l'irrigation. Cette détermination fixe la limite de l'intensité de la dose d'arrosage donnée en  $\text{cm}/\text{h}$ . au-delà de cette limite, il y'a risque de ruissellement. Pour éviter cette situation (ruissellement), l'agriculteur doit réduire cette intensité en prolongeant le temps d'arrosage. La perméabilité de terrain est également utilisée par les hydrauliciens pour déterminer l'écartement entre les drains lors du tracé du réseau de drainage (**Hamouni et al, SD**).

**Tableau 1.3** : classes d'appréciation de la perméabilité de terrain.

La perméabilité(K) en $\text{cm}/\text{h}$	360	36.0	0.36	$36.10^{-7}$
Qualificatif	Perméable	Semi-perméable	imperméable	
Possibilité de drainage	360 bonne	36.0 moyennement faible	$36.10^{-4}$	faible à nul

Source : (**Hamouni et al, SD**)

### 1.3.2. Propriétés chimiques du sol :

#### 1.3.2.1. pH du sol :

L'acidité du sol est définie par la concentration en ions  $H^+$  : on oppose l'acidité effective, qui correspond à la concentration en ions  $H^+$  libres, existant dans la solution du sol, à l'acidité titrable qui est représentée par les ions  $H^+$  échangeables (beaucoup plus abondants) fixés par les colloïdes et qui constitue une réserve actuellement non disponible. Les sols ont une réaction neutre, acide ou basique, leur degré d'acidité ou de basicité (alcalinité) est exprimé par le pH la mesure du pH constitue ainsi le test le plus sensible des modifications survenant dans l'évolution d'un sol.

Le pH du sol dépend également du complexe argilo-humique. Des ions  $H^+$  sont fixés sur le complexe. Ces ions  $H^+$  fixés sont en équilibre avec les ions  $H^+$  libres de la solution du sol.

L'acidité effective, ou acidité active ou acidité réelle, est mesurée avec le pH-mètre après un contact terre / eau détermine. C'est le pH-eau.

L'acidité titrable, ou acidité de réserve, est mesurée soit par titration, soit par échange avec une solution saline, par exemple avec une solution de KCl. On échange ainsi une partie des ions  $H^+$  adsorbés par du potassium. C'est le  $pH_{KCl}$  (Deneux et al, 2003).

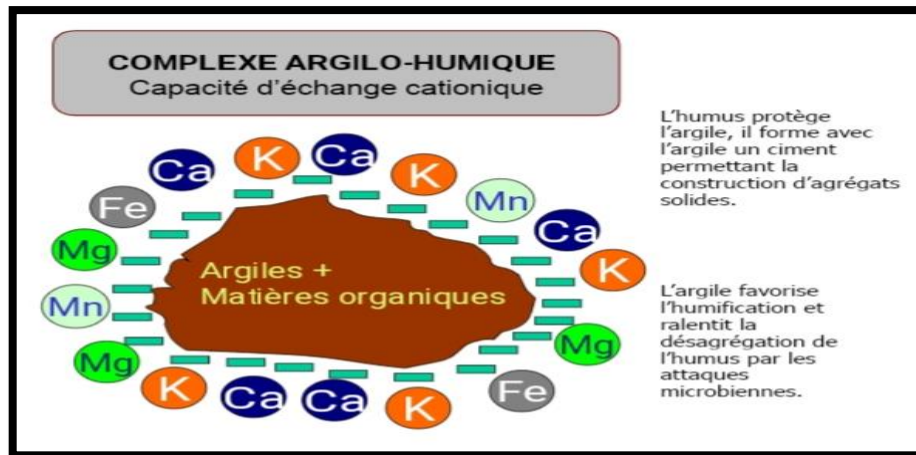
Selon (Prévost, 2006), en chimie, le pH exprime la réaction acide, neutre ou basique d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions  $H^+$  libres en solution. Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. Les variations sont cependant limitées car si, en chimie, le pH varie de 0 à 14 (7 étant la neutralité), le pH des sols a pour extrêmes 4,5 à 5 pour les sols les plus acides et 8 pour les terres très basiques.

#### 1.3.2.2. Capacité d'échange cationique :

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale de cation (ions<sup>+</sup>) que ce sol peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies (Clément et Françoise, 2003).

Selon (Calvet, 2013) ; La capacité d'échange cationique est la quantité nette de cations contenus la région interraciale. Elle est égale à la somme des cations formant des complexes externes et à la somme nette des cations de couche diffuse. Autrement dit, elle représente l'ensemble des cations qui compensent les charges électriques négatives de la phase solide autres que celles qui sont compensées par des cations formant des complexes à sphères internes.

D'après (Gobat et al, 2003), la capacité d'échange cationique est tous les cations fixés sur le complexe argilo-humique ainsi que, en fonction du degré d'hydratation du sol, les cations dissous dans la solution du sol (Fig. 1.10).



**Figure 1.10 :** Complexe argilo-humique et capacité d'échange cationique d'un sol (Nathalie et al, 2009)

### 1.3.2.3. Conductivité électrique(CE) de la solution du sol :

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol ; elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est -à-dire son degré de salinité (Clément et Françoise, 2003).

Elle traduit la concentration saline totale de la solution préparée (extrait de pate saturée sol/eau =1/5)

La conductivité électrique est directement proportionnelle à la somme des ions en solution.

La conductivité électrique est exprimée en ds/m à 25°C.

La conductivité électrique spécifique est déterminée selon la norme international ISO (numéro de référence ISO 11265)cité par(Hamouni et al, SD).

### 1.3.2.4. Calcaire du sol :

Le calcaire du sol est un élément favorisant la stabilité de la structure et la perméabilité, on sait que l'humus calcique est le meilleur ciment des agrégats (Clément et al, 2003).

#### a. Calcaire total :

Le calcaire total exprime la teneur en carbonates de calcium ( $\text{Ca CO}_3$ ) dans le sol.

La tenure en carbonates de calcium dans le sol est déterminée par la méthode volumétrique conformément à la norme internationale de normalisation ISO) (Hamouni et al, SD).

L'ensemble des carbonates présents dans la terre fine (<2mm) peut être dosé en mesurant le dégagement de  $\text{CO}_2$  provoqué par un ajout d'acide chlorhydrique (norme NF ISO 10693) .puisque dans les sols la majorité des carbonates correspondent à du  $\text{CaCO}_3$ , ce résultat est habituellement dénommé « calcaire total »(Calude, 2011).

#### b. Calcaire actif :

Du taux de «calcaire total » présent dans la terre fine, on ne peut guère tirer d'enseignements agronomiques. Car on ignore si ces carbonates sont de la taille de sables ou sous la forme de particules très fines. Or, pour les plantes, c'est la réactivité du calcaire qui est importante. A tenté de mettre au point un

test d'aptitude des carbonates à une dissolution rapide. Sous sa forme actuelle, le dosage du calcaire dit « actif » consiste à déterminer quelle quantité de  $\text{Ca}^{++}$  réagit avec l'oxalate d'ammonium (Drouineau, 1942) cité par (Baize, 2018).

### 1.3.3. Propriétés biologiques du sol

#### 1.3.3.1. Matière organique du sol :

Les matières organiques des sols sont d'origine animale, végétale et microbienne, mais les résidus végétaux sont les plus abondants. Ils sont apportés au sol par les parties aériennes (feuilles, tiges, écorces, fruits) et par les parties souterraines, les racines mortes et les rhizodépôts. Les quantités de résidus provenant des litières varient selon les zones climatiques; elles augmentent quand on passe des forêts de conifères boréales (100 à 400 g de matière sèche/m<sup>2</sup>/an) aux forêts tropicales (600 à 1200 g de matière sèche/m<sup>2</sup>/an) (Kögel-K'aber, 2002) cité par (Claire et al, 2015). Les apports par les parties aériennes dans les sols cultivés et les prairies sont très variables selon les plantes, les rendements, les conditions climatiques et les pratiques culturales citées par

On distingue deux catégories des constituants organiques :

**-Les organismes vivants du sol :** la faune du sol, les micro-organismes et les racines des végétaux vivants.

**-La matière organique mortes :** les résidus végétaux aériens déposés à la surface du sol (litières des forêts, résidus de cultures non enfouis pour les sols cultivés), des résidus végétaux souterrains (racines mortes, rhizodépôts), cadavres d'animaux et de microorganismes et des apports organiques divers (fumiers, composts, etc.). Ce sont aussi des composés organiques résultant de la transformation chimique des précédents matériaux organiques (Claire et al, 2015).

La teneur en matière organique (MO) dans le sol est évaluée à partir du taux de carbone organique (C) en utilisant l'équation suivante :

$$\text{MO} = 1.72 * \text{C}$$

**MO :** Teneur en matière organique, exprimée en g / Kg

**1.72 :** Coefficient multiplicatif,

**C :** Teneur en carbone organique exprimée en g / Kg (Hamouni et al, SD).

#### 1.3.3.2. Carbone organique du sol :

Les teneurs en carbone organique sont très grandes dans les sols où se produit une accumulation de matières organiques dues à des biotransformations lentes, en particulier la minéralisation (Calvet, 2013).

Le carbone sous forme réduite, constituant spécifique le plus abondant de la matière organique, sert comme marqueur pour doser la matière organique des sols (Claude et al, 2011).

### 1.3.3.3. Azote dans le sol :

L'azote dans le sol est principalement sous forme organique (90% environ), la teneur moyenne de la couche de surface des sols cultivés est l'ordre de 0.06 à 0.3 %. L'azote organique joue un rôle très important dans la nutrition azotée des plantes et dans les processus de pollution des eaux (**Claire et al, 2015**).

Dans le sol, l'azote se trouve sous trois formes:

**Gazeuse:** dans l'atmosphère du sol où il représente en moyenne 80% ;

**Organique:** constituant des protéines de la matière organique ;

**Minérale:** l'azote peut alors être sous forme ammoniacale (ion ammonium  $\text{NH}^{\text{+4}}$ ) ou nitrique (ion nitrate  $\text{NO}^{\text{-3}}$ ) ;

La forme minérale nitrique est la plus assimilable par la majorité des plantes; l'azote ammoniacal et organique représentent le plus souvent des réserves pour la plante car ils se transforment progressivement en azote nitrique. L'azote gazeux n'est utilisable que par certaines plantes: les légumineuses (ex: luzerne, trèfle, soja) qui fixent l'azote de l'air grâce à une bactérie, le rhizobium (**Prévost, 2006**).

### 1.3.3.4. Rapport C/N :

Dans la colonne matière organique et activité biologique le rapport carbone organique sur azote total (C/N) est utilisé comme indicateur de l'évolution de la matière organique et de l'activité biologique dans le sol (**Hamouni et al, SD**).

Selon (**Claire et al, 2015**), le carbone et l'azote sont les deux éléments clés de la dynamique des matières organiques, les autres éléments ne semblant pas avoir été étudiés de ce point de vue. en revanche, les teneurs en azote, phosphore et potassium présentent un intérêt majeur du point de vue de la nutrition minérale des plantes alors que la pollution des eaux est concernée par l'azote et le phosphore .C'est aussi le cas des teneurs en éléments en traces ex : cuivre, cobalt), soit par leur rôle biochimique utile quand elles sont faibles , soit par leur toxicité quand elles deviennent trop élevées. Les teneurs relatives en carbone par rapport à l'azote des matières organiques apportées dépendent de la nature des couverts végétaux et de l'origine des matières organiques.

Si le carbone est la source d'énergie utilisée par les organismes acteurs de cette évolution, l'azote est indispensable à la synthèse des protéines qui leur sont nécessaires ; la présence de substance spécifiques peut en outre favoriser ou ralentir la biodégradation (**Claude,2011**).

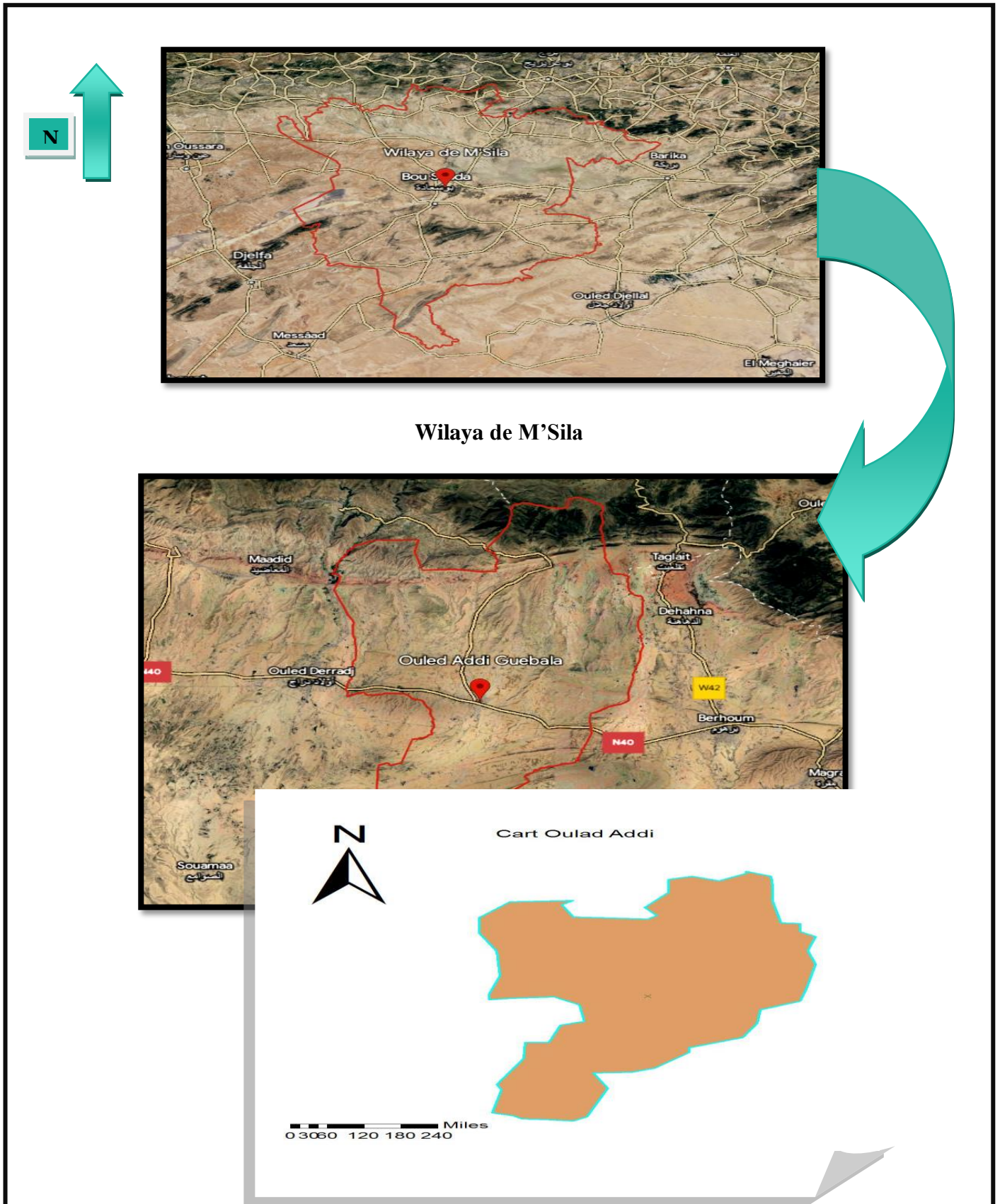
***Chapitre 2 :***  
***Présentation de la zone d'étude***

**2.1. Introduction :**

Cette partie vise à étudier et déterminer la localisation géographique de la zone à étudier, tout en identifier les composantes de son environnement physique.

**2.2. Situation géographique de la zone d'étude :**

La commune d'Ouled Addi Guebala est située à 30 km à l'Est de la ville de M'sila. Elle est délimitée au Nord par la commune de Taqlait, rattachée administrativement à la wilaya de Bordj Bou Arreridj, et la commune de Maadid, à l'Ouest par la commune d'Ouled Darraj, à l'Est par la commune de Barhoum. Au Sud, elle est bordée par la commune d'Ain al-Khadra. L'emplacement stratégique important de la municipalité est un site agricole, considéré comme un moyen de subsistance pour de nombreux de ses habitants. Il y a un morceau de Shott El Hodan (Sabkha) sur ses terres (**Fig. 2.1**) (**sites.web, 2013**).



**Figure 2.1 :** Situation géographique de la commune d'oulad Addie 1/7000  
( google earthe, 2023)

### 2.3. Milieu physique de la zone d'étude :

#### 2.3.1. Géologie de la zone d'étude :

Selon la carte géologique de la wilaya de M'sila (**Fig.2.2**), on remarque que la formation géologique de la zone d'étude comme suit :

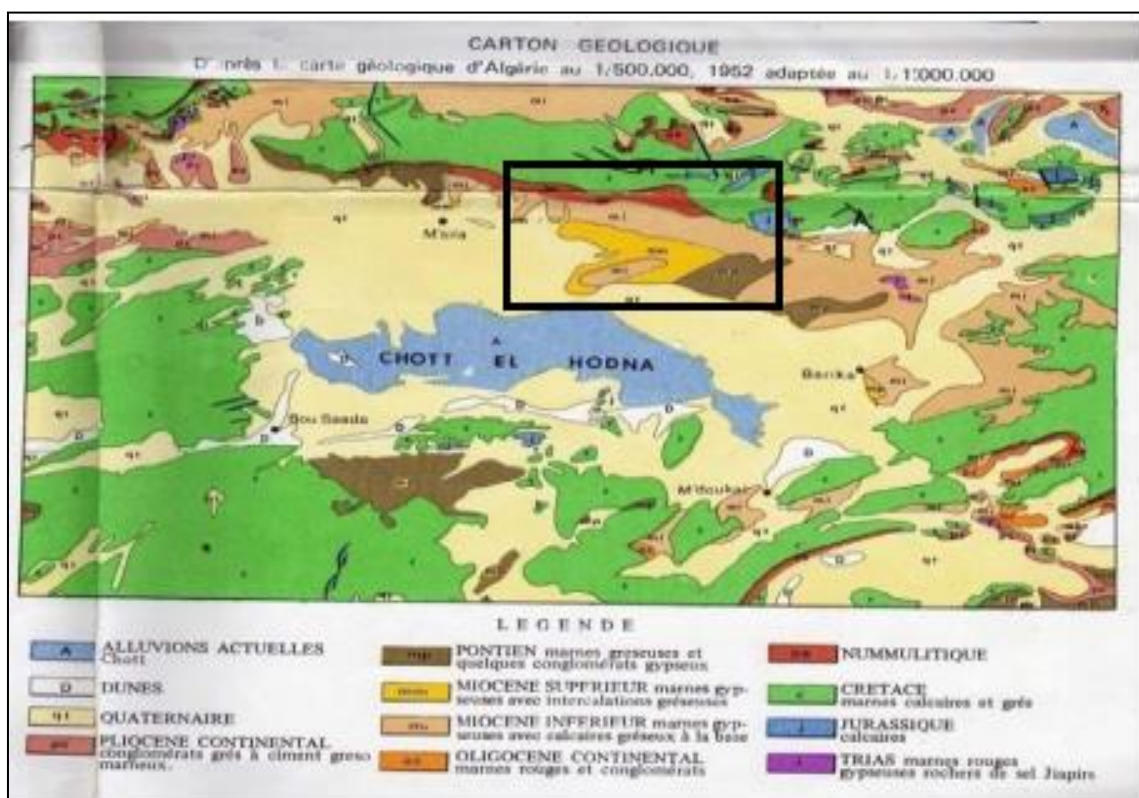
\*Quaternaire.

\*Pontien est formé par marne gréseuses et quelques conglomérats gypseux.

\*Miocène supérieur est formé par marne gypseuses avec intercalations gréseuses.

\*Miocène inférieur est formé par marne gypseuses avec calcaire gréseux à la base.

\*Crétacé marines calcaires et grés.



 Zone d'étude

**Fig. 2.2:** Carte géologique de la zone de la Wilaya de M'sila avec la position de la zone d'étude (FAO, 1975)

#### 2.3.2. Hydrologie de la zone d'étude :

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est représenté par des Oueds à inondation temporaire (Oued Taïba, Oued Oulten, Oued Ziton, Oued Djefine, Oued Selman, Oued Eluaise), dont chacun dispose d'un petit barrage (Oulten) d'une capacité de 0,85 Hm<sup>3</sup>/cm.

Une autre caractéristique des ressources hydrologiques de la zone d'étude est la présence de 154 puits artésiens, 15 puits traditionnels et un transformateur hydraulique (**Daira d'Ouled Derradj, 2023**).

### 2.3.3. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude :

Le climat joue un rôle important dans la formation des sols en raison des changements de température, des précipitation, l'évaporation, vent et l'humidité.

C'est l'un des facteurs naturels les plus influents dans la formation des sols, car le sol est directement et indirectement affecté par les conditions climatiques à tous les stades de son développement, à partir du stade de formation, dans lequel le climat affecte directement le sol par les précipitations (Pluie, neige) et température en affectant l'altération du matériau parental ou indirectement en contrôlant les conditions vitales du sol en déterminant le nombre et les types de plantes en croissance, et les éléments climatiques laissent clairement leur marque sur le sol, en particulier la chaleur et le vent. Le sol est un corps vivant, dynamique et évolutif lié au fait que Le processus de désintégration et de décomposition des fragments de roche continue de se poursuivre chaque fois que l'eau ou l'air les touche. Ces fragments de roche se trouvent dans la couche superficielle, et le climat a un rôle efficace et influent sur les propriétés physiques et chimiques du sol et sa variation d'un endroit à l'autre en fonction de la variation des conditions climatiques, et des éléments climatiques affectant les propriétés du sol. (Mawsili, 2020).

#### 2.3.3.1. Origine des données climatique :

Puisqu'il n'y a pas de station météorologique dans notre zone d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de (Guechi ,2022) comme référence et extrapolées à partir de ces données.

#### 2.3.3.2. La température :

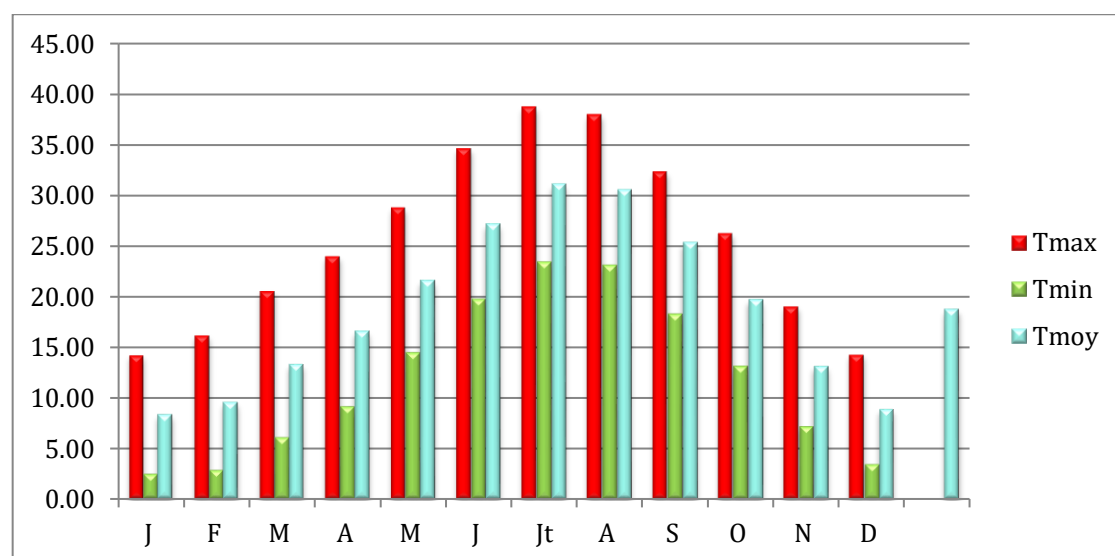
La température est une grandeur physique qui indique l'état thermique d'un corps. En d'autres termes, la température en physique est une quantité "scalaire" définie dans le but d'identifier l'équilibre thermique entre deux ou plusieurs corps, dont l'unité de mesure est le kelvin. La température est mesurée par comparaison avec un phénomène physique prédéfini permettant de définir une échelle thermométrique (Jean, 2023).

La température joue un rôle essentiel dans la répartition temporelle et spatiale de la végétation. Les caractéristiques biologiques (génétiques et physiologiques) des différentes espèces leur permettent de s'adapter à des conditions diverses. Chaque espèce a des conditions optimales pour se développer. L'évolution dans le temps des conditions thermiques permet de définir des périodes de l'année pendant lesquelles la végétation est active (croissance, présence d'organes chlorophylliens, transfert de métabolites vers les organes de réserve). Ces périodes de végétation dépendent des espèces et surtout de la rythmicité des facteurs climatiques, particulièrement de la température en zone tempérée et des facteurs hydriques en zone tropicale (Sané de Parcevaux, Laurent Huber , 2007).

**Tableau 2.1** : Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales d'Oulede Addie(1988-2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Tmin (°C)	2,43	2,84	6,06	9,10	14,43	19,64	23,32	23,01	18,23	13,08	7,14	3,41
Tmax (°C)	14,21	16,19	20,52	23,99	28,74	34,60	<b>38,72</b>	37,97	32,29	26,23	19,03	14,28
Tmoy (°C)	8,32	9,52	13,29	16,55	21,59	27,12	31,02	30,49	25,26	19,66	13,09	8,85

(Guechi, 2022)

**Fig. 2.3:** Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la zone d'étude (1988-2018)

A travers le (Tab 2.1) et la courbe des histogrammes (Fig. 2.3), on a remarque que la température maximale se situe au cours le mois de juillet, et qu'elle atteint **38,72 °C** et la température minimale est de **2,43 °C** au mois de janvier.

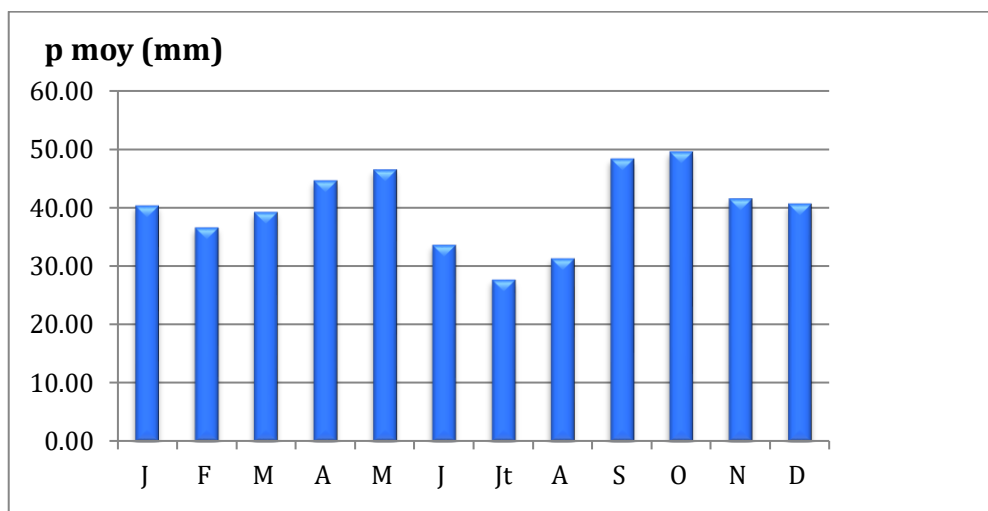
### 2.3.3.3. Les précipitations :

La précipitation, comme la température, est une des composantes fondamentales du climat Son absence crée des déserts inhospitaliers et sa surabondance, parfois très soudaine, cause des inondations dévastatrices. L'agriculture, par exemple, est particulièrement sensible aux fluctuations excessives de la précipitation (Raymond ,1984).

**Tableau 2.2** : Précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude (1988-2018).

mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	P annuel
P (mm)	40,29	36,56	39,20	44,57	46,45	33,65	<b>27,65</b>	31,25	48,34	<b>49,50</b>	41,48	40,61	479,55

(Guechi, 2022)



**Fig.2.4** : Précipitations moyennes mensuelles de la zone d'étude (1988-2018)

D'après le (Tab 2.2) et la (Fig.2.4) nous remarquons que le mois le plus pluvieux est Octobre , avec une précipitation mensuelles moyennes sont de **49,50** mm, et le mois avec les précipitation les plus faibles est juillet **27,65**mm.

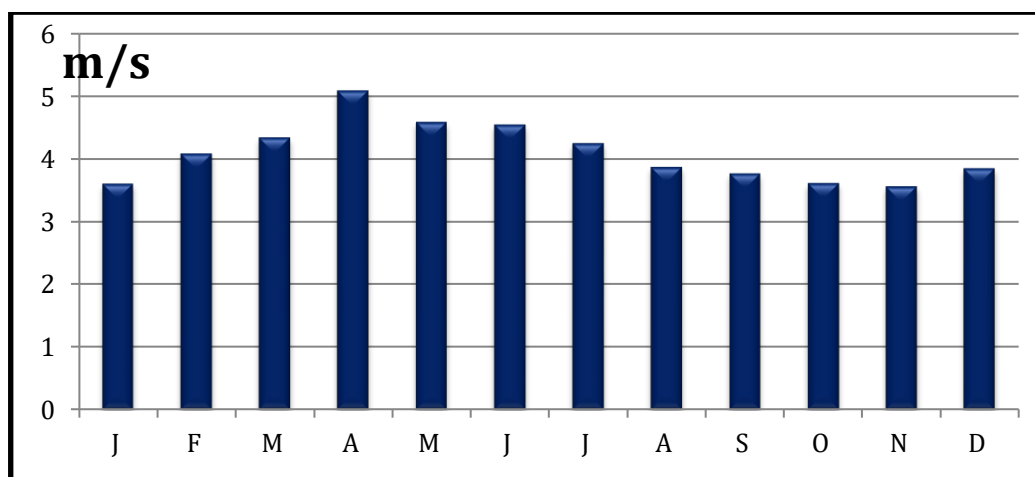
#### 2.3.3.4. Le vent :

Dans les déserts, le vent prend une grande importance car il arrache les particules fines et sableuses (LITHOSOLS ou REGOSOLS) sur les regs (où il ne reste que l'éléments grossiers) et les transporte dans des zones d'accumulation (ARESOL telles que les dunes, ergs. Le vent modifie grandement le modelé par les dépôts de lœss; ces dépôts souvent dissymétriques dans les vallées ou talwegs et indiquent la direction du v En région parisienne, chaque année le vent dépose des limons et argiles, tog venant du Sahara (pluies rouges ou « pluie de sang »)(Claud et al,2011).

**Tableau 2.3** : Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude (1988-2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moy (m/s)	3,61	4,09	4,35	<b>5,09</b>	4,59	4,55	4,25	3,88	3,77	<b>3,62</b>	3,57	3,85

(Guechi, 2022)



**Fig. 2.5** : Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude (1988-2018)

Le **Tab 2.3** et le **Fig. 2.5** montrent que la vitesse mensuelles moyenne de vent dans la zone étudiée au cours de la période (1988-2018) variait de 5,09 m/s en Avril et est considérée comme la valeur la plus basse est de 3,61 m/s en octobre.

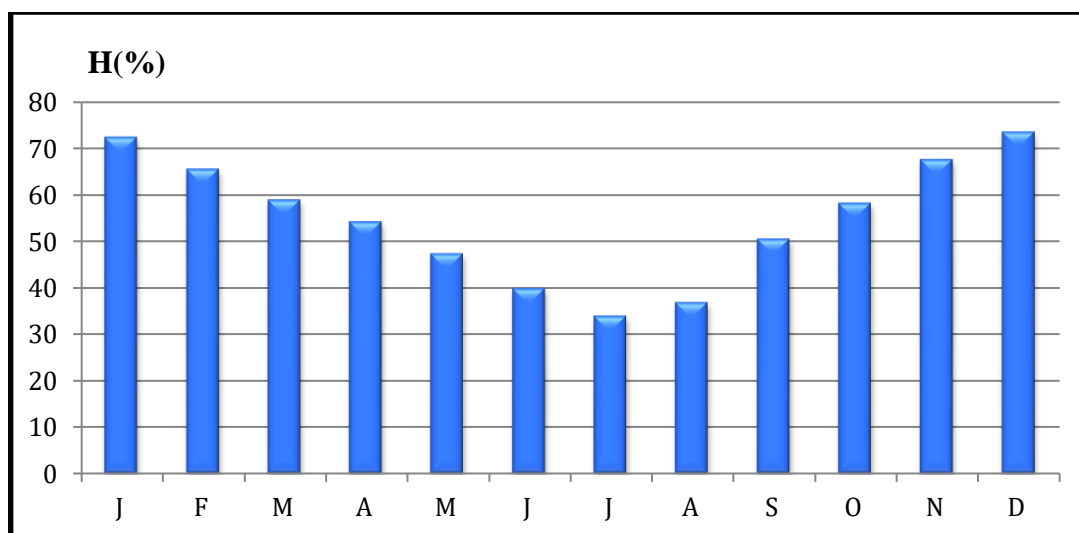
### 2.3.3.5. L'humidité relative :

De point de vue pédologique l'humidité intervient sur l'appréciation de la couleur, de la structure, de la teneur en matière organique, de la texture et de la consistance du matériau. En conséquence, son appréciation est nécessaire à la description des horizons du sol pour une bonne interprétation (**Claude et al, 2011**).

**Tableau 2.4 :** Humidités moyenne en (%) de (1988-2018).

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>Moy</b>	72,47	65,58	58,99	54,4	47,4	39,99	<b>33,98</b>	36,87	50,61	<b>58,33</b>	67,67	73,66	54,99

(Guechi ,2022)



**Figure 2.6:** Humidités moyenne en (%) de (1988-2018)

Le **Fig. 2.6** et le **Tab 2.4** montrent le pourcentage moyenne d'humidité en termes de mois sur la période (1988-2018), ou l'on note que le mois le plus humide est Décembre, avec un taux de 73,66%, tandis que le taux le plus bas est de 33,98% en Juillet.

### 2.3.3.6. Evapotranspiration :

L'évapotranspiration est l'évaporation combinée de toutes les surfaces et la transpiration des plantes. À l'exception de l'omission d'une quantité négligeable d'eau utilisée dans les activités métaboliques, l'évapotranspiration est la même que "l'utilisation consommatrice" des plantes. Comme le taux d'évapotranspiration d'une surface partiellement humide est fortement influencé par la nature du sol, il est conseillé de considérer d'abord le cas où l'approvisionnement en eau est illimité (**Jen Hu Chang, 1968**).

Selon (**Jean Le Borgne, 1987**), le calcul du bilan hydrique et la détermination des indices climatiques qui en résultent reposent uniquement sur les précipitations et la transpiration calculées à l'aide de formules. Ce sont beaucoup d'entre eux :

La formule de THRONTHWAITE :

$$ETP = 16. (10 \cdot t/I)^a F(h)$$

$$a = 0,49 + (1,79 \times 10^{-2}) \cdot I - (7,71 \times 10^{-5}) I^2 + (6,75 \times 10^{-7}) I^3$$

$$i = (t / 5)^{1,514}$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Avec :

**ETP**: L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

**t**: Température moyenne mensuelle (°C)

**i**: indice thermique mensuel.

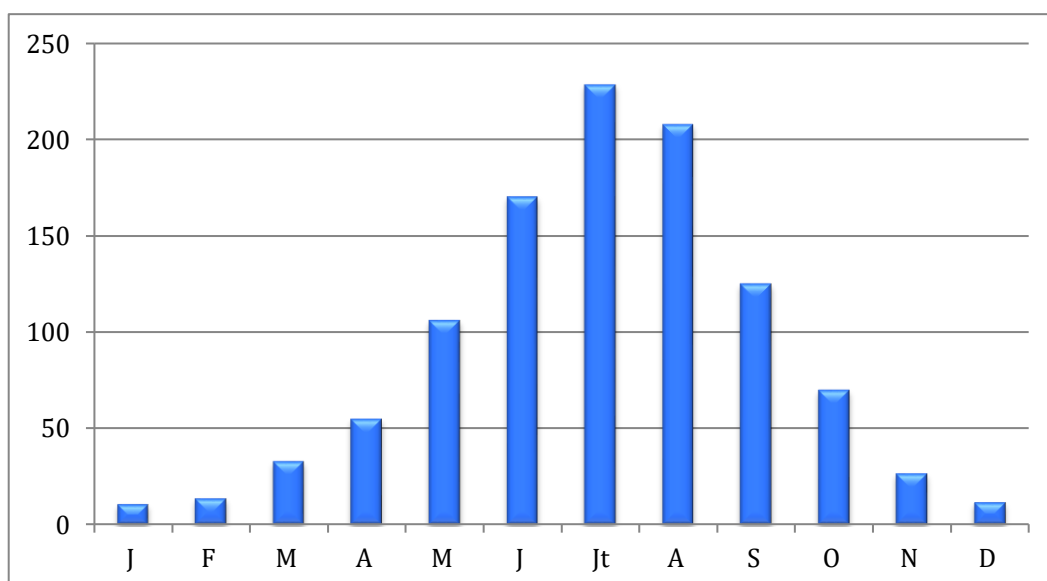
**I**: indice thermique annuel

**a**: fonction complexe de l'indice I

**F(h)**: Facteur correctif qui est fonction de la latitude de la zone étude et du mois considérés.

**Tableau n° 5** : Évapotranspiration Moyenne en mm de (1988 -2007).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T moy (°C)	8,32	9,52	13,29	16,55	21,59	27,12	31,02	30,49	25,26	19,66	13,09	8,85
(h)	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
I	2,2	2,7	4,4	6,1	9,2	12,9	15,9	15,4	11,6	7,9	4,3	2,4
I	95,0											
A	2,1											
ETP (mm)	10,6	13,7	33,1	55,1	106,2	170,4	228,9	208,3	125,2	70,1	26,7	11,7



**Figure 2.7** : Évapotranspiration Moyenne en mm de (1988 -2007)

Nous remarquons à travers la **Fig. 2.7** que la quantité moyenne d'évapotranspiration a atteint la valeur maximale au mois de juillet, où la quantité d'eau évaporée atteint **228,9** mm, et cela est dû à la température

élevée dans la région par rapport aux autres mois. Le minimum en Janvier est de 10,6 mm, sec qui est dû à la basse température.

### 2.3.3.7. L'indice climatique :

Le climat peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui, dans leur succession saisonnière, caractérisent une région ou un site. En agriculture, ce terme est utilisé pour décrire l'environnement atmosphérique dans lequel sont placées les cultures. Dans la notion de climat on doit tenir compte à la fois de la variabilité interannuelle des événements météorologiques et de leurs fluctuations à long terme. L'identification des climats fait intervenir les données atmosphériques, traitées isolément ou combinées entre elles, ainsi que les caractéristiques géomorphologiques susceptibles de modifier profondément les aspects du temps (**Laurent huber, 2007**).

Tous les indices proposés par divers auteurs combinent précipitations et températures puisque l'aridité est d'autant plus accusée que les précipitations sont faibles et que les températures sont plus élevées, provoquant une plus grande déperdition d'eau par évaporation (**Jean et al, 2016**).

En voici quelques-uns:

#### a. L'indice d'aridité de De Martonne (Ia) :

Cet indice, conçu en 1923 pour expliquer et délimiter les dégradations des réseaux hydrographiques, est le rapport de la pluie annuelle (en mm) à la température moyenne annuelle en (°C ) (**Laurent Huber, 2007**).

Cet indice est un rapport simple entre précipitations et températures :

$$Ia = \frac{P}{t + 10}$$

**P** : précipitation annuelle (mm)

**T** : température moyenne annuelle (**Jean et al, 2016** )

**Tableau 2.6:** l'indice d'aridité de Martonne de la zone d'étude

<b>P(mm)</b>	<b>T(°C)</b>	<b>Ia</b>
479,55	18,73	16,69

**Tableau 2.7 :** Classification des climats selon l'indice de De Martonne(**Guyot G, 1999**)

<b>valeur de l'indice</b>	<b>Type de climat</b>
0<I<5	Hyper-aride
5<I<10	Aride
10<I<20	Semi-aride
20<I<30	Semi-humide
30<I<50	Humide

D'après **Tab 2.6**, qui représente l'indice de sécheresse de De Martonne pour la zone d'étude calculé pour la période (1988-2018), et au vu du **Tab 2.7**, qui représente la classification des climats selon l'indice de De Martonne, La zone d'étude est un zone Semi- aride .

**b. L'indice d'Emberger (1932) :**

Il prend en compte, non plus la température moyenne annuelle, mais les maxima moyens du mois le plus chaud (M) et les minima moyens du mois le plus froid (m) (**Jean et al, 2016**):

$$Q_2 = \frac{1000P}{\left(M + \frac{m}{2}\right)(M - m)}$$

**Q<sub>2</sub>** :coefficient pluviométrique

**P**:Précipitation annuelle (mm) ;

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en K° ;

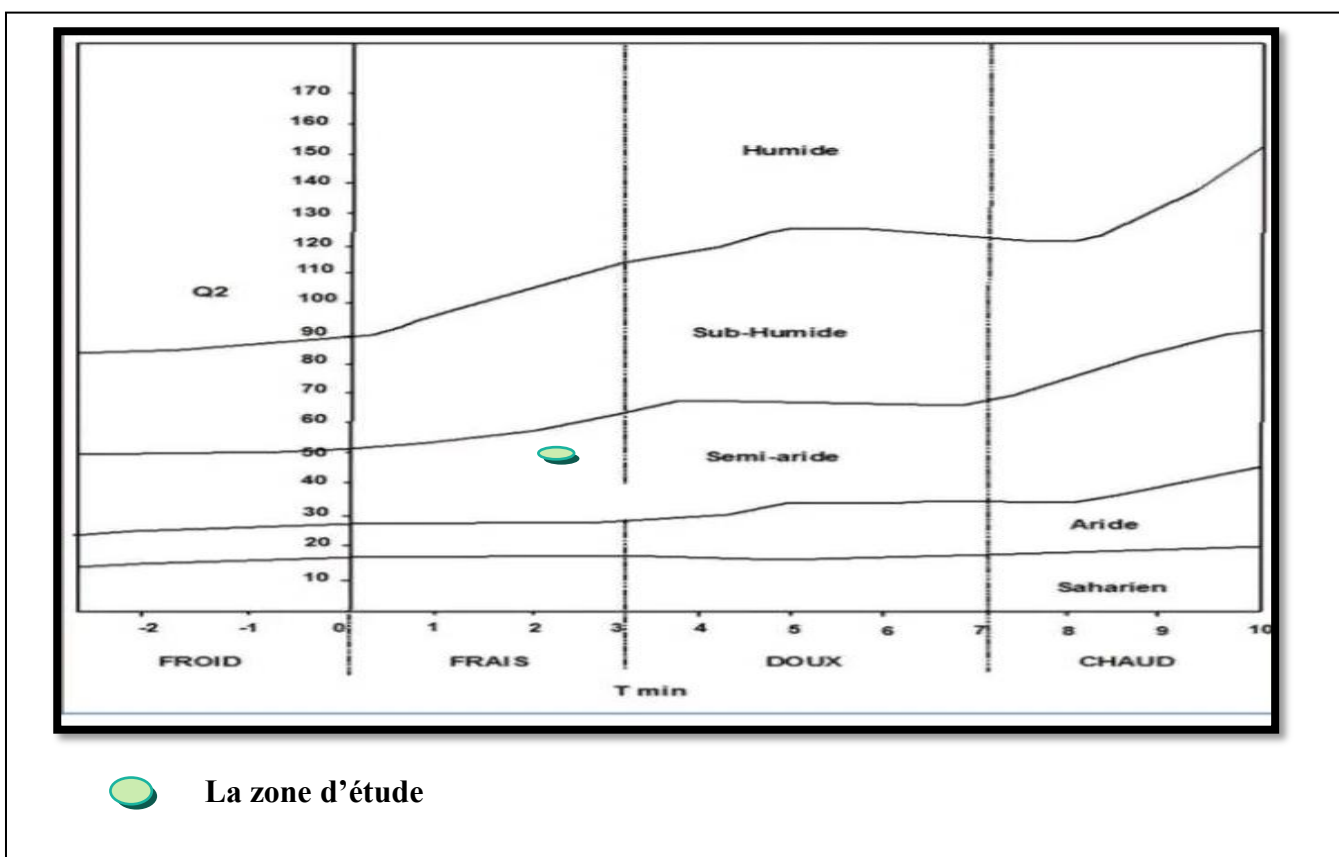
**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en K° ;

**M – m** : Amplitude thermique extrême en K° ;

**T(°K)** : T(°C) + 273,15

**Tableau n°8** : résultats du calcul du coefficient pluviométrique pour la zone d'étude.

P(mm)	m (°K)	M (°K)	Q <sub>2</sub>
479,55	275,58	311,87	44,98



**Figure 2.8** : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude (1988-2018)

Après avoir calculé la valeur de  $Q_2$  et l'avoir mise dans la courbe en termes de température minimale, (Fig. 2.8), où nous avons constaté que la zone d'étude bioclimatique ou de à Semi-aride, Frais.

Ceci confirme les résultats des travaux de (Mimeche, 2014; Zedame; 2015; Amrone; 2015; Guechi, 2021 et Tir et al, 2022).

### c. L'indice xérothermique de H. Gaussen et F. Bagnouls (1952) :

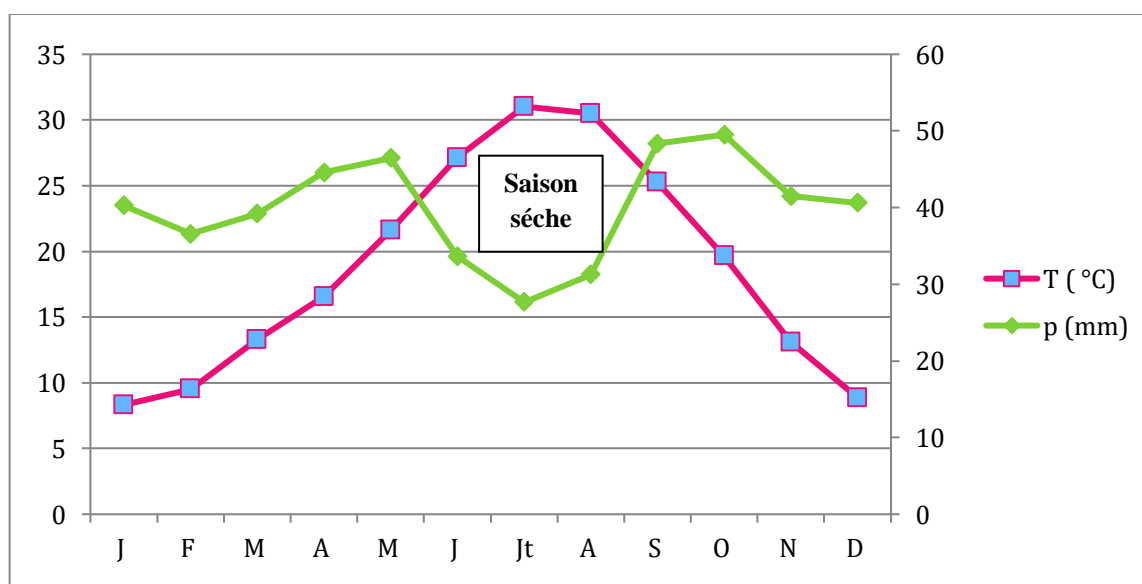
Cet indice est la somme du nombre de jours biologiquement secs pendant la période sèche, elle-même définie par les mois

Tels que  $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$ . Les jours sont comptabilisés en fonction de l'humidité relative moyenne H (Jean et al, 2016 ).

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen,est obtenu en superposant deux graphes différents. En ordonnée, les douze mois de l'année sont affichés, en ordonnée les précipitations moyennes exprimées en millimètres et les températures en degrés Celsius, sur une échelle de précipitation double. Cette convention résulte des observations de plusieurs écologistes qui pensent qu'une période peut être considérée comme biologiquement sèche si  $P < 2T$ , c'est-à-dire si les précipitations totales (en millimètres) sont inférieures ou égales à deux fois la température moyenne (en degrés). Lorsque la courbe umbrique (de umbrous = pluie) passe sous la courbe de chaleur, on est précisément dans ce cas où  $P < 2T$ . La surface créée par la superposition des deux graphiques est une représentation graphique de la période sèche ; Renseigne facilement sur la date, la durée et la sévérité de cette période d'hydratation insuffisante (Jean Boichard, 1977).

**Tableau 2.9** : valeur de la précipitation et la température moyenne mensuel.

mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
pmoy	40,29	36,56	39,20	44,57	46,45	33,65	27,65	31,25	48,34	49,50	41,48	40,61
Tmoy	8,32	9,52	13,29	16,55	21,59	27,12	31,02	30,49	25,26	19,66	13,09	8,85



**Figure 2.9** : Diagramme Ombrothermique de la région d'étude (1988-2018)

A travers le (Fig. 2.9) , on remarque une intersection entre la courbe des températures moyennes et la courbe des précipitations en deux points, cette dernière représentant la saison sèche pour la zone étudiée, la saison sèche est de mai à septembre.

#### 2.3.4. La production végétale dans la zone d'étude

La zone autour d'Oulad Addie est estimée avoir une superficie totale 32250,00 hectares, dont 7200,00 hectares Surface agricoles utiles, avec surface agricoles totale 28219,00 hectares (Tableau 2.10).

**Tableau 2.10 :** superficies d'Ouled Addie (DSA de M'sila, 2023)

<b>Superficie totale</b>	32250,00 hectares
<b>Surface agricoles utiles</b>	7200,00 hectares
<b>Surface agricoles totale</b>	28219,00 hectares

Source : (DSA de M'sila, 2023)

**Tableau 2.11:** Production végétale d'Ouled Addi (DSA de M'sila ,2023)

<b>Production</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Production (qx)</b>
<b>Totale en sec</b>	3 hectares	980 qx
<b>Blé dur</b>	39,00 hectares	318,80 qx
<b>Orge</b>	77,00 hectares	511,00 qx
<b>Oignons</b>	2 hectares	680 qx
<b>Cultures maraichères</b>	2 hectares	680 qx
<b>Olives</b>	11900 hectares	18800,00 arbres

Source : (DSA de M'sila, 2023)

#### 2.3.5. Production animale de la zone d'étude :

Dans ce tableau, nous avons parlé du cheptel ou de la production animale situé dans la commune d'Oulad Addi, qui était estimé à total bovin 632, total ovins 32430, total caprin 8276, total équin 48 (Tableau 2.12).

**Tableau 2.12 :** Production animale d'Ouled Addi.

<b>Production animale</b>	<b>Total bovin</b>	<b>Total ovins</b>	<b>Total caprin</b>	<b>Total équin</b>
Total (tête)	632	32430	8276	48

Source : (DSA de M'sila ,2023)

#### 2.3.6. Pédologie de la zone d'étude :

Selon la carte pédologie de la région du HODNA Fig. 2.10, on remarque que la formation pédologie de la zone d'étude est la suivante :

siérozems, sols halomorphes, lithosol et sols a encroutement calcaire, siérozems et sols gypseux ,sol peu évolués alluviaux.

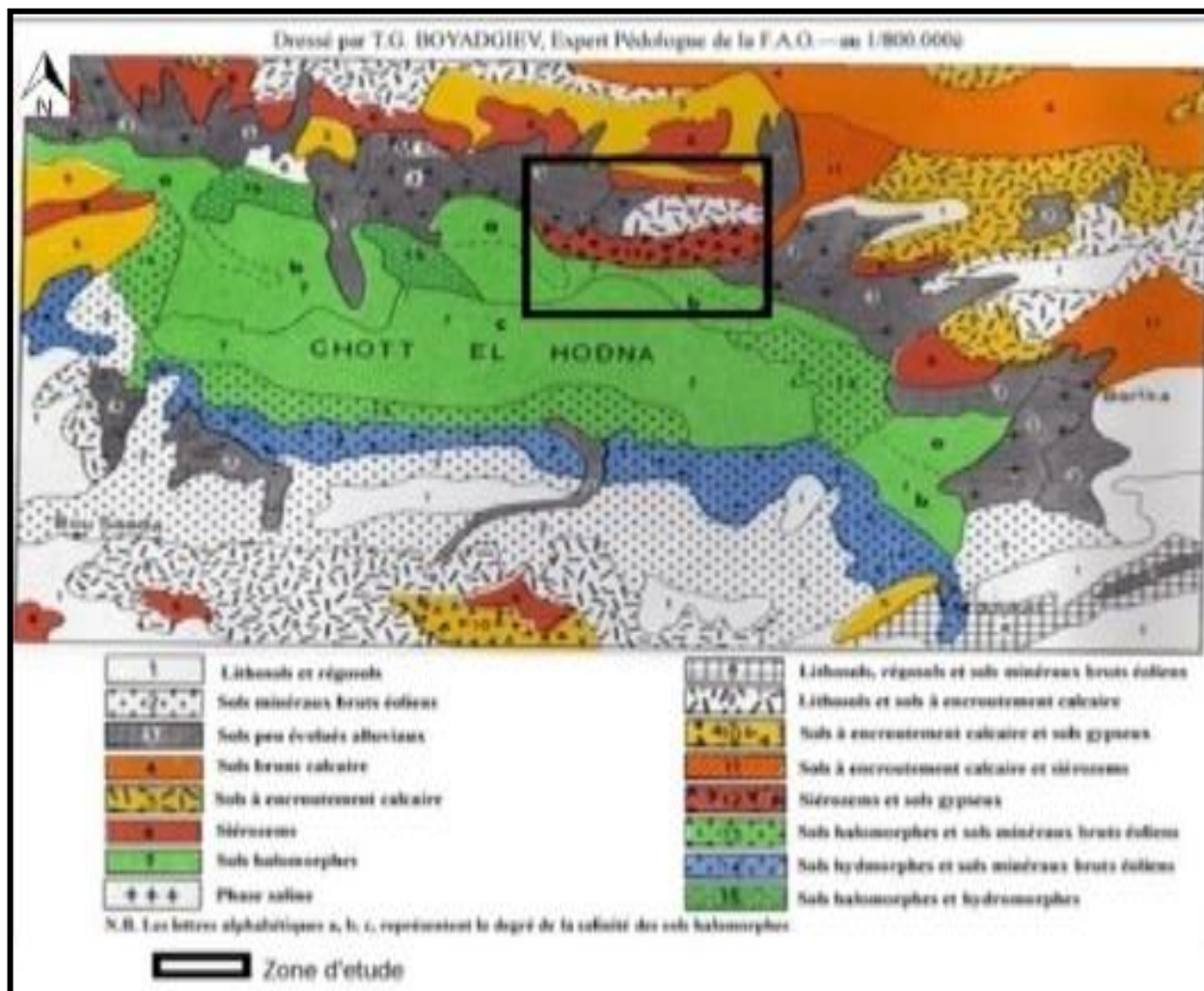


Figure 2.10: Carte pédologique de la région du HODNA et situation de la zone d'étude (FAO, 1975)

***CHAPITRE 3 :***  
***METHODOLOGIE DE TRAVAIL***

### 3.1 Objectif d'étude :

Ce chapitre contient un ensemble d'analyses que nous avons effectuées pour atteindre des valeurs qui expliquent les propriétés physiques et chimiques de ce sol.

L'objectif principal de l'étude de cette zone est de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques de la zone.

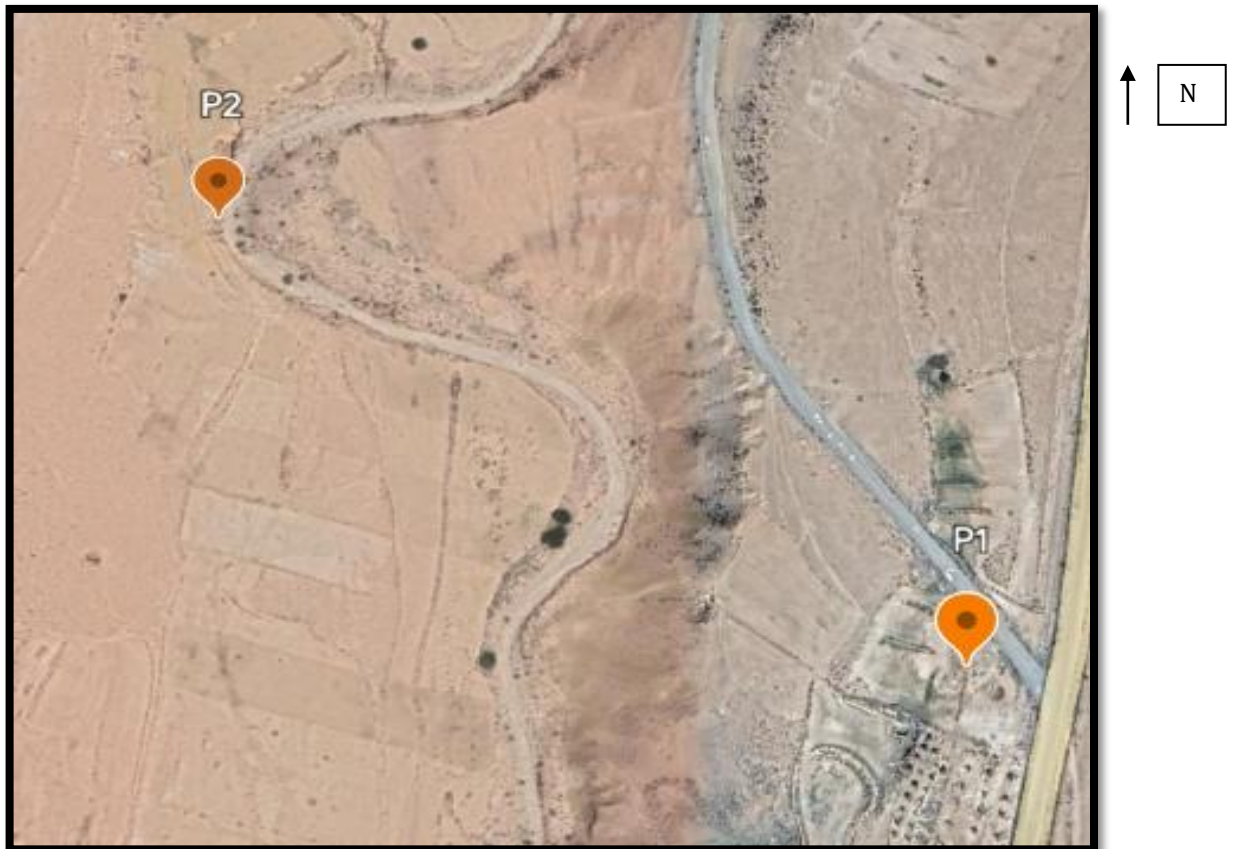
### 3.2 Choix de la région d'étude :

Choix de la région d'étude vise à identifier les caractéristiques pédologiques du sol et de ses éléments constitutifs. Grâce à ces analyses, nous pouvons connaître leurs obstacles et trouver des solutions pour les transformer en terre agricole fertile.

Nous avons fait deux profils (P1) et (P2) afin de déterminer les propriétés du sol dans cette région

Profils 1 :  $35^{\circ} 43' 52''$  N  $4^{\circ} 52' 41''$  E

Profils 2 :  $35^{\circ} 43' 59''$  N  $4^{\circ} 52' 28''$  E



**Figure 3.1** : les deux profils de prélèvement dans la zone d'étude P1 et P2 (Google Earth, 2023)

### 3.3 Période de prélèvement du sol :

La date de prélèvement de nos échantillons est mars 2023. Nous avons prélevé des échantillons de sol des deux profils, le nombre total de horizons est 8 Quatre pour le profile (P1) (**Photo. 3. 1**) et quatre pour le profiles (P2) (**Photo. 3.2**).



**Photo 3. 1 :**Les horizons du profil P1 de la zone d'Ouled Addie (Photo originale)



**Photo 3.2:**Les horizons du profil 2 de la zone d'Ouled Addie (Photo originale)

### 3.4.Echantillonnage sur le terrain :

Nos échantillons ont été prélevés d'un profil pédologique

#### 3.4.1 Le matériel utilisé pour l'échantillonnage:

Couteau de pédologue, ruban métrique mètre ruban, pelle, pioche, sacs en plastique pour le transport des échantillons ainsi que sa préservation, étiquettes, les cylindres, HCl (1/2 C), multi paramètre de terrain.

#### 3.4.2 Echantillonnage :

On a délimité les horizons à l'aide d'une trace au couteau de pédologue (**Tableau 3.1**).

**Tableau 3.1:** un tableau indiquant le nombre d'horizons de chacun profil et la profondeur de chacun d'eux

	<b>Profil n°1</b>	<b>Profil n°2</b>
<b>Profondeur de chaque profiles</b>	115 cm	100 cm
<b>Nombre des horizons</b>	4 Horizon	4Horizon
<b>Profondeur de chaque horizon</b>	H 01 ( 0 – 22 ,2cm) H 02 (22,2 – 54,3cm) H 03 (54,3 – 79 cm) H 04 (79 – 115 cm)	H 01 (0 – 22, 3 cm) H 02 (22,3 – 57,3cm) H 03 (57,3 – 80,1cm) H 04 (80,1 – 100cm)

Nous avons prélevé des échantillons de sol à tous les horizons comme suit :

Tout d'abord, nous avons prélevé des échantillons de sol à l'aide de cylindres en acier et les avons placés dans un sac en plastique scellé, (dans un but de détermination de la densité apparente).

On a pris environ 1 kg, pour une analyse physique et chimique.

Prendre environ 250 grammes et les a placés dans un sac scellé pour estimer l'humidité résiduel du sol.

### 3.5 Analyses au laboratoire :

Les analyses ont été réalisées au (laboratoire de pédologie, département des Sciences Agronomiques à l'université de M'Sila); avant de commencer l'analyse, les échantillons passent par les étapes, à suivantes :

\*Séchage de l'échantillon à l'air libre ;

\*Broyage;

\*Tamisage a l'aide de tamis de 2 mm ;

\*Peser le sol entier , le poids des éléments grossier, poids de la terre fin .

#### 3.5.1 Analyses physiques :

##### 3.5.1.1 Les éléments grossiers (EG) :

Selon **Baize (2000)**,les éléments grossiers (EG) sont tous des éléments minéraux primaire et secondaire (fragments de roches poly ou monométalliques) surdimensionnés de 2 mm de circonférence. Ils n'ont pas réussi à obtenir la structure Sol. "Rejet inférieur à 2 mm" fait référence à tout ce qui ne passe pas au tamis lors de la préparation de la mouture fine. ce rejet est constitué d'éléments de pierre ordinaires, de nodules de sol et parfois d'agrégats qui ont réussi à éviter l'effondrement.

##### 3.5.1.2 L'humidité résiduelle du sol :

L'humidité résiduelle (HR) est la perte de poids après séchage à 105°C exprimée par rapport à la terre fine séchée à l'air.

$$HR = \frac{P_{air} - P_{105^{\circ}C}}{P_{air}} * 100\%$$

Cette détermination est simple, facile à réaliser par pesée après un séjour en étuve d'une durée suffisante (vérification du poids constant). L'utilisation de capsules en verre à couvercles rodés permet d'éviter une ré-humectation au cours du transport de l'étuve à la balance (**Baize, 2000**).

### 3.5.1.3 La porosité totale :

La porosité est mesurée sur un échantillon de sol de volume connu, prélevé sans modifier sa structure et pesé après dessiccation à 105°C. La porosité totale P est alors:

$$P = \frac{d - PA}{d} * 100\%$$

[%] où d représente la densité réelle des constituants solides du sol; on l'estime à 2,65 dans un sol moyen, à 2,4 dans un sol très calcaire, à 2,0 dans un sol humifère et à 1,5 dans un sol tourbeux. La masse volumique apparente pA (à utiliser sans unité dans la formule ci-dessus!) est mesurée par le quotient m/V, m étant la masse du sol après dessiccation (en grammes) et V le volume de sol prélevé, en cm<sup>3</sup>.

La porosité varie de 30% dans des sols à texture très fine à 80% dans les tourbes.

Les méso- et microporosités sont estimées par le poids d'eau, exprimé en volume, retenu dans un volume donné de sol après ressuyage; la macroporosité est établie par différence avec la porosité totale(**Gobat et al, 2010**).

#### a. Masse volumique apparente pA:

C'est le rapport de la masse sèche d'un échantillon de sol à son volume apparent (volume du sol en place, non remanié et comprenant les vides, par opposition à son volume réel correspondant aux seuls constituants solides) à l'état humide non remanié. Elle est mesurée par séchage à 105°C d'un volume connu de terre, prélevé au moyen d'un cylindre métallique (méthode de Burger). La densité apparente fait, elle, intervenir en plus la masse volumique de l'eau du sol (Bruand in Girard, 2005)cité par (**Gobat et al, 2010**).

La mesure de la densité apparente par l'utilisation du cylindre, suit le principe par lequel ,il s'enfonce directement dans le sol puis retirer rempli de terre. L'échantillon est recueilli, séché et pesé (P sec) aménager la surface du sol en levant les débris végétaux, tout en veillant, à ne pas tasser la terre à l'intérieur du cylindre, l'extraire à l'aide d'un solide couteau résistant au tour, en passant dessous suffisamment loin pour éviter tout arc électrique de la masse de la partie inférieure du cylindre, progressant toujours les deux cotes du cylindre, d'abord au couteau puis, pour la finition, à l'aide d'une règle métallique à queue biseautée, Fermer hermétiquement le cylindre. Arrive au laboratoire, ils sont épluchés, séchés à 105°C pendant 24 heures, puis épluchés à nouveau à l'état sec. Le calcul se fait par l'équation suivantes :

$$da = \frac{Ps}{Vt}$$

.P : le poids sec du sol est obtenu après une période de séchage par évaporation de 24 heures à 105°C.

V = le volume de la terre à l'intérieur du cylindre, qui est égal  $V = \pi \times r^2 \times \text{Hauteur}$



**Photos 3.3 :** Cylindre utilisé pour déterminer la densité apparente  
(photos originale)

**a. Densité réelle:**

C'est le rapport entre la masse volumique des constituants solides du sol, vides exclus, et la masse volumique de l'eau. Masse volumique (ou masse spécifique): rapport de la masse d'un corps à son volume (Gobat et al, 2010).

Il existe plusieurs méthodes de détermination de  $d_r$ ; dans notre cas on a choisit d'utiliser cette de pycnomètre.

Le pycnomètre est constitué essentiellement d'un récipient en verre de volume connu (Degallaix,1998).

Le pycnomètre qu'on a utilisé est représenté dans la (Photos 3.4)

Le principe de cette méthode est de déterminer le volume d'eau déplacé par une masse connue d'un échantillon de sol de volume connu.

Peser d'abord le pycnomètre vide, puis le pycnomètre contenant la masse de terre Puis étudier le même pycnomètre avec le pycnomètre sol rempli d'eau et enfin le pycnomètre rempli Juste de l'eau. De ces différents poids on déduit la densité réelle.

Pour le calcul on a :

$$d_r = (b-a)/((b+d)-(a+c)) \text{ g/cm}^3$$

Sachant que;

**a** = le poids de pycnomètre vide

**b** = le poids de pycnomètre contenant le sol à étudier .

**c** = le poids de pycnomètre + sol + eau distillée dégagée.



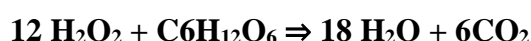
**Photos 3.4 :** Pycnomètre (utilisé pour la détermination de la  $d_r$  de nos échantillons)  
(Photo originale)

### 3.5.1.4 L'analyse granulométrique du sol :

L'objectif de l'analyse granulométrique consiste à différencier par la taille les éléments minéraux du sol et à quantifier leur répartition pondérale, dans des classes de diamètres prédéfinies. Ces analyses s'effectuent en laboratoire sur des échantillons de sol, après destruction de la matière organique qu'ils contiennent. Leur principe repose sur la séparation des particules selon leur dimension. L'analyse granulométrique commence ainsi par la séparation des particules grossières, d'un diamètre apparent supérieur à 2 mm par exemple, puis se poursuit pour des éléments de plus en plus fins (**Musy et Soutter, 1991**).

#### Méthode de pipette:

Dans un échantillon de sol séché à l'air, broyez et tamisez à 2 mm; La destruction du ciment organique par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> est assurée par la réaction suivante :



et calcaire par l'acide chlorhydrique :



Les composants d'un même échantillon sont dispersés dans une solution alcaline de "d'hexa-metaphosphate de Na", puis les échantillons sont prélevés au moyen d'une pipette à une hauteur spécifique de "6.4" et un temps spécifique de 5h.

### 3.5.2 Analyses chimiques :

#### 3.5.2.1 pH du sol :

Le pH d'un sol est d'une grande importance pour la fertilité particulièrement pour sa capacité à mettre des substances nutritives à la disposition des plantes. Une introduction élevée d'acides dans le sol conduit chez les plantes à une diminution de la croissance - il en est de même pour les forêts et pour les plantes nourricières (**Bliefert et Perraud, 2007**).

Le pH du sol est mesuré à l'aide d'un pH-mètre **Photos 3.5** , après avoir préparé une solution de rapport sol /l'eau distillée. Il en est de même pour le pH<sub>Kcl</sub>.

Rapport sol / eau égale à 1 / 2 ,5 à pH eau ;

Rapport sol / solution égale à KCl 1 / 2 ,5 ;



**Photos 3.5:** pH mètre (utilisé pour la mesure de pH de nos sols au laboratoire)  
(Photo originale)

### 3.5.2.2 La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre, après avoir préparé une solution de terre fine et d'eau avec des poids et volumes estimés, après cela on utilise l'agitateur pendant deux heures, elle est exprimée en millisecondes ms /cm ou  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

La durée par laquelle on a jugé utile de prolonger le temps d'agitation à 2h c'est pour extraire les sels solubles



**Photos 3.6 :** Conductimètre (de mesure de CE au laboratoire) (Photo originale).

### 3.5.2.3 Le calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ) % :

Pour mesurer le calcaire total nous avons utilisé la méthode de calcimètre de Bernard ; qui permet de mesurer le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé par action de l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ )  $\frac{1}{2}$  sur le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) d'un échantillon de sol.

Puis on utilise la formule :

$$\text{CaCO}_3(\%) = (p' \cdot V) / (P \cdot V) \cdot 100$$

**P'**: Poids de CaCO<sub>3</sub> ;

**P**: Poids de prise d'essai de l'échantillon ;

**V** : Volume de CO<sub>2</sub> dégagé par l'échantillon ;

**v** : Volume de CO<sub>2</sub> dégagé par CaCO<sub>3</sub> pure;



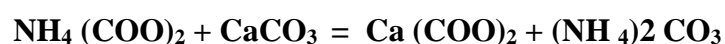
**Photos 3.7:** Calcimètre de Bernard de laboratoire de pédologie

(Département d'agronomie de M'sila)

### 3.5.2.4 Le calcaire actif :

On a utiliser la méthode de **(DROUIN EAU GOUNY)**

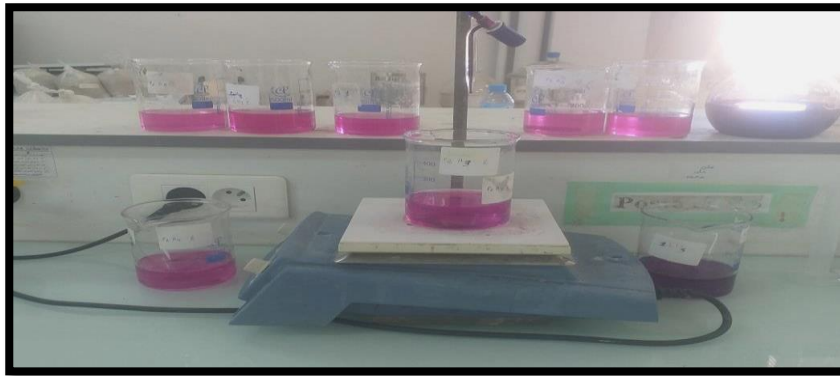
Pour les plantes, c'est la réactivité du calcaire qui est importante d'où la notion de Calcaire Actif. La présence de calcaire actif est détectée par la réaction entre l'oxalate d'ammonium et la terre fine, qui passant de l'oxalate d'ammonium à l'oxalate de calcium insoluble selon l'équation suivante :



Ensuite, nous le filtrons on prélever 20 ml de l'extraits et on ajouter 100 ml d'eau distillée et 5 ml d'acide sulfurique concentré puis titrage avec du permanganate de potassium selon l'équation les résultats sont déduits de la formule suivante :



$$\text{Ca CO}_3 \text{ actif (\%)} = (n' - n) \times (V / v) \times 0,01 (100 / P) S$$



**Photos 3.8:** Une des étapes du dosage de calcaire actif dans un échantillon de sol  
(photos original)

### 3.5.2.5 Le gypse :

Nous avons choisi d'utiliser la méthode au chlorure de baryum. La proportion de gypse est déterminée selon le principe de la calcination après titrage avec une solution de chlorure de baryum qui conduit à un précipité blanc qui est du sulfate de baryum.

Une solution de carbonate d'ammonium a été utilisée, car celle-ci attaque le gypse du sol, puis nous avons filtré la solution et l'avons calibrée avec une solution de chlorure de baryum, et après sédimentation nous l'avons filtrée à nouveau, puis l'avons mise au four à une température de 900 degrés. C (Photos 3.8) a pesé puis calculé sa teneur en gypse selon l'équation suivante :

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} (\%) = P * 0,1476$$



**Photos 3.9 :** creusés en verre avant de mettre au four lors de l'analyse de gypse

(Photo original)

### 3.5.2.6 Matière organique (MO) :

Pour cette analyse de MO dans le sol il s'agit d'un processus d'oxydation à froid de la matière organique à l'aide d'un mélange bichromate de potassium et acide sulfurique. Puis le titrage de bichromate avec du sulfate ferreux. Jusqu'à ce que nous remarquons un changement dans la couleur de la solution, comme dans la photo suivante ;



**Photos 3.10:** Virage de couleur lors de l'analyse de carbone Organique de nos sols par la méthode de (Walkly et Blace) (photos original)



**Photos 3.11:** Dosage de carbone organique après le titrage (photos original)

Ensuite on calcule la matière organique selon la loi suivante :

$$\text{MO (\%)} = 1,72 \times \text{C}$$

### 3.5.2.7 L'Azote total :

Dans la procédure Kjeldahl, après digestion dans de l'acide sulfurique concentré, l'azote organique total est converti en sulfate d'ammonium. L'ammoniac est formé et distillé dans une solution d'acide borique dans des conditions alcalines. Les anions borate formés sont titrés avec de l'acide chlorhydrique standardisé, par lequel on calcule la teneur en azote représentant la quantité de protéine brute dans l'échantillon. La plupart des protéines contiennent (<https://www.sciencedirect.com>, 2023).

Son dosage (N), est fait par la méthode de **Kjeldah**.

Les étapes de cette analyse sont résumés comme suit :

La digestion, la distillation et le titrage sont les trois processus de la méthode **Kjeldahl** pour le calcul de l'azote total. Du  $H_2SO_4$  concentré, du  $K_2SO_4$  et un catalyseur sont utilisés pour décomposer la matière organique.

**a. La digestion :**

pour la dégradation de matière organique l'appareil utilisé est le digesteur **photos 3.12**.



**Photos 3. 12 :** Digesteur utilisé dans l'étape de la digestion (**photos original**)

**b. la distillation :**

Afin récupérer la solution de sulfate d'ammonium et d'azote ammoniacal, on met un matras dans la distillateur kjedahl **Photos 3.13**.



**Photos 3.13:** Distillateur kjedahl utilisé au niveau de département des Sciences Agronomiques de M'sila (**photos original**)

**c. Matras :**

Il doit être utilisé pour la préparation d'échantillons d'azote et est utilisé à la fois dans les étapes de base de la digestion et du distillateur **Photos3.14**.



**Photos 3.14 :** Couleur des échantillons avant(1) et après(2) la digestion (**photos original**)

### 3.5.2.8 Les sels solubles

Dans un sol, les sels solubles peuvent se trouver sous la forme cristallisée (cristaux, efflorescences) c'est le cas de sels peu solubles comme le gypse. Le plus souvent, il s'agit de sels sous forme dissoute, des anions et cations étant présents dans la solution du sol (**Baize, 2000**).

Dans notre cas on a dosé les anions suivants :

#### a. Les Chlorures :

L'ion argent réagit préférentiellement avec l'ion chlorure et s'accumule sous forme de chlorure d'argent :



Lorsque tous les chlorures ont précipité, l'argent réagit avec l'ion chromate et forme un précipité rouge, ce qui indique la fin de la réaction(**Clément et Françoise , 2003**).



**Photos 3.15 :** couleur des échantillons après titrage aux nitrates d'argent  
(**photos original**)

#### b. Les carbonates et bicarbonates:

Les carbonates et bicarbonates sont dosés en titrant la solution préparée (au rapport entre 1/5 eau distillée et terres fins) , pour laquelle 3 gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées à la solution sous agitation.

Si la couleur rose apparaît, cela indique la présence de carbonates, et si elle n'apparaît pas, cela indique l'absence de carbonates si la couleur rose apparaît, une solution d'acide sulfurique est ajoutée jusqu'à ce que la couleur disparaisse. Lorsque la couleur rose a disparu, ajoutez 6 gouttes de méthyle orange on titre la solution avec de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'elle apparaisse jaune orangé/rouge. L'apparition de la couleur indique la présence de bicarbonate.



**Photos 3. 16 :** Dosage des carbonatas et bicarbonates (photos original)

**c. Sulfate :**

Le pourcentage de sulfates dans le sol est déterminé par précipitation, qui comprend l'ajout de chlorure de baryum à l'extrait préparé pour former un précipité blanc, puis nous le filtrons et le brûlons à une température de 450 °C.

**Remarque :**

La formation de dépôts de sulfate de baryum ( $BaSO_4$ ) après ajout d'une solution contenant du chlore Le baryum est un signe de la présence de sulfates en solution.

Suit à l'absence des spectrophotomètre qui sont utilisés pour le dosage des cations on n'a pas du les déterminer.



**Photos 3.17:**Dosage de sulfate (Photos original)

***CHAPITER 4 :***  
***Résultats et discussions***

Ce chapitre comprend les résultats des analyses de quelques paramètres physico-chimique des sols que nous avons prélevés de deux différentes zones au niveau de la région d'Ouled Addi Leguebala .

#### 4.1.Caractérisation des sols du premier profil (P1)

##### 4.1.1. Description morphologique de premier profil (P1) (Ouled Addi)

Dans cette étape, on a essayé de déterminé les principaux caractères morphologiques (couleur, texture, structure, présence ou absence des sels et matière organique et aussi dureté par utilisation d'un pénétromètre), il ressort de cette description de terrain que :

Le profil P1 (Tab. 4.1) se compose de quatre horizons (P1H1, P1H2, P1H3 et P1 H4).

##### Comme résumé de la description du premier profil présente :

- \*Une coloration brune pour le premier et le dernier horizon et orange pour le deuxième et troisième;
- \*Texture limoneuse pour P1H1, P1H2, P1H4 et limono-sableuse pour P1H3;
- \*A l'exception du dernier horizon qui est presque compacte, l'ensemble des horizons du premier profil sont moyennement structurés;
- \*Forte effervescence à l'HCl ce qui traduit probablement des valeurs plus que moyennes voir même élevées de calcaire total ;
- \*Presque même degrés de résistance vis-à-vis de l'utilisation du pénétromètre. Mais elle est un peu élevée pour P1H2 et P1H4 ;

**Tableau 4.1** : Description morphologique des horizons du premier profil (P1).

	Profondeur de chaque horizon	Couleur	Texture par teste de touches	Structure	Effervescence à l'HCl	Dureté par utilisation d'un pénétromètre
<b>P1H1</b>	(0 -22 cm)	couleur brune (10YR5/4; dull yellow brown),	texture limoneux	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	dureté est égale 3
<b>P1H2</b>	(22 - 54,3cm)	couleur orange (10 YR 6/4; dull yellow orange),	texture limoneuse	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	dureté de 4.4
<b>P1H3</b>	(54,3 -79 cm)	couleur orange (10YR 6/3; dull yelloworange),	texture limono-sableuse	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	Dureté de 3.8
<b>P1H4</b>	(79 - 115 cm)	couleur brune (10 YR4/4; brown).	Texture Argilo-limoneuse	Structure presque compacte	forte effervescence à l'HCl	dureté de 4.5

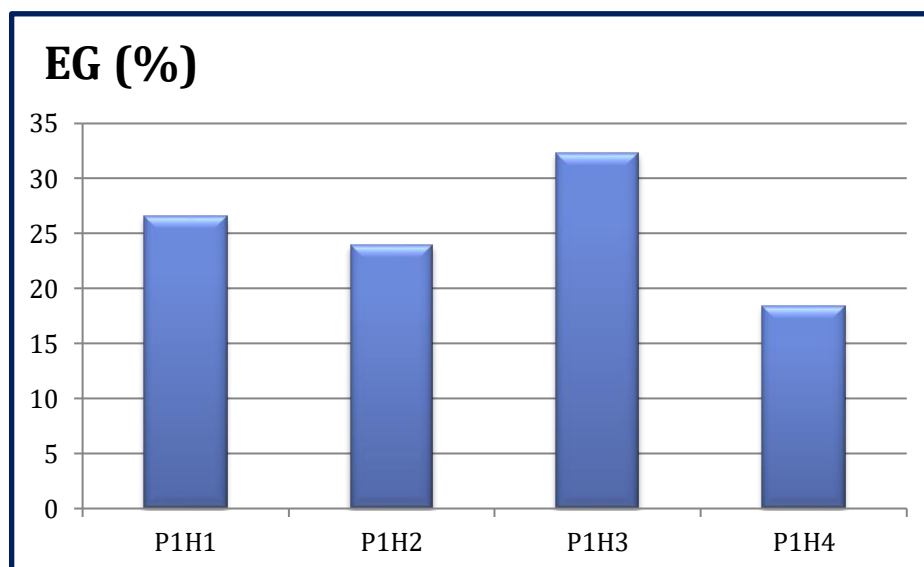
#### 4.1.2. Présentation et interprétation des résultats analytiques du sol de premier profil (P1) :

##### 4.1.2.1. Les éléments grossiers (EG) :

La proportion d'éléments grossiers est obtenue par pesée des échantillons lors de préparation, après séchage et tamisage par « tamis de 2mm » puis par l'utilisation de la formule qui suit :

$$\text{EG (\%)} = (\text{poids du refus sur passoire de 2mm}) / (\text{poids de la terre totale séchée à l'aire})$$

Les résultats des calculs et détermination des pourcentages des éléments grossiers sont mentionnés à la figure (Fig 4.1).



**Figure 4.1** : Présentation des pourcentages des éléments grossiers au niveau des horizons du profil (P1) Selon (GEPPA, 1963), et à travers la figure (Fig. 4.1), on constate que les éléments grossiers dans le premier profil atteignent la valeur la plus élevée dans l'horizon P1H3 (**32.34%**) (Considérée comme charge caillouteuse élevée) et la valeur la plus faible à l'horizon P1H4 (**18.38**) charge caillouteuse moyenne et il y a de même pour les horizons (P1H1 et P1H2).

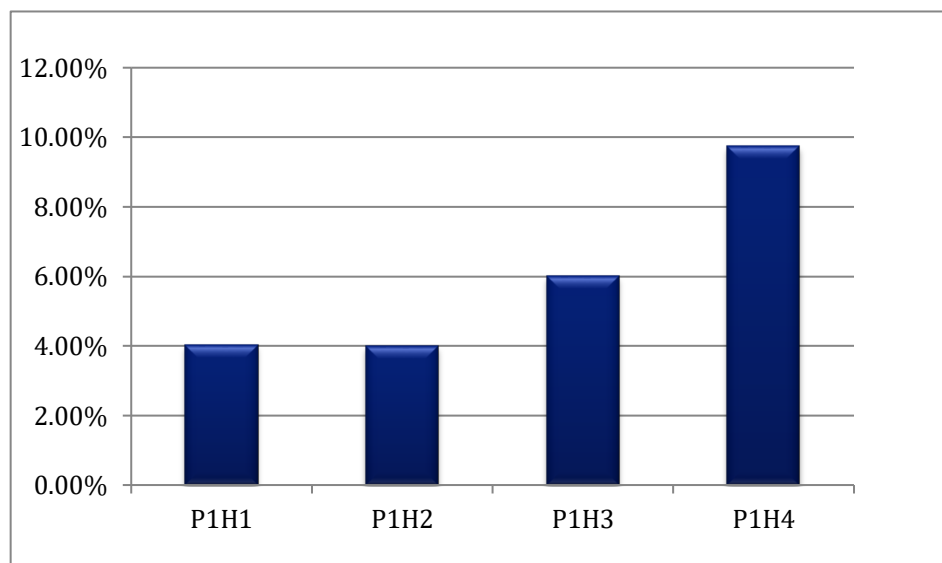
Ces valeurs ou pourcentages plus ou moins élevés peuvent être interprétés par le fait que le site ou l'exploitation agricole ou on a creusé le profil se situe dans une zone montagneuse.

##### 4.1.2.2. Humidité résiduelle des sols du profil P1 :

Selon Fig 4.2, qui résume la répartition des pourcentages de l'humidité on a :

\*La valeur la plus élevée (9.73 %) est marquée au quatrième horizon P1H4 alors que celle la plus faible (3.98 %) au deuxième.

\*Le premier et le troisième horizon respectivement marquent des valeurs d'humidité de 4.02% et 5.99%.



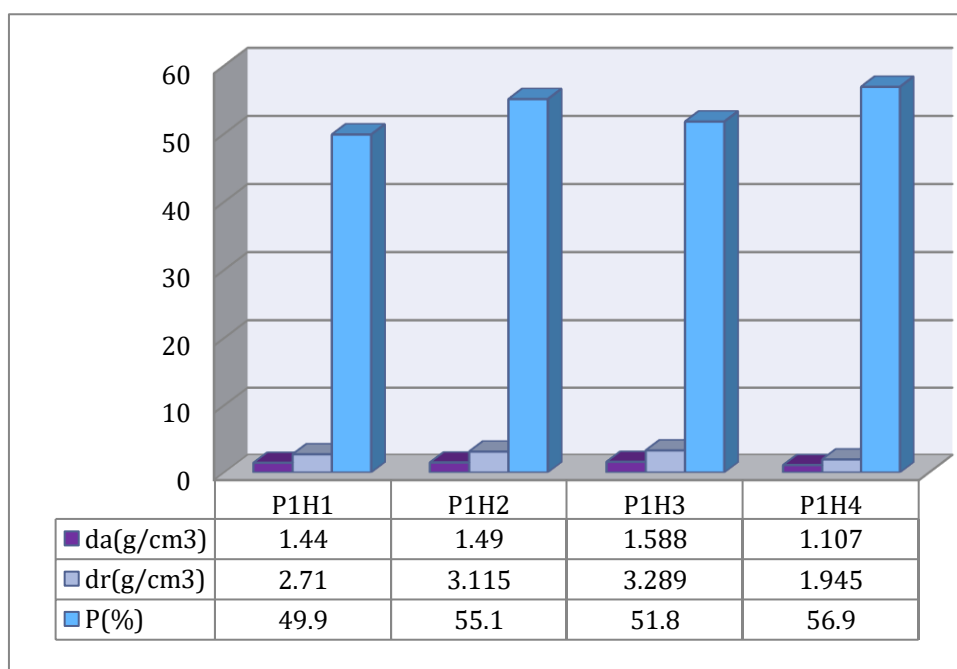
**Figure 4.2:** Résultats de l'humidité des horizons du premier profil (P1)

#### 4.1.2.3 La porosité (%) :

On ne peut pas déterminer la porosité du sol directement, il faut déterminer la **da** et la **dr** pour en déduire le pourcentage de cette porosité.

Les résultats des densités apparentes, densités réelles ainsi que ceux des porosités du sol des quatre horizons du premier profil (P1) sont enregistrés au niveau de la figure (**Fig. 4.3**).

Il ressort des résultats que pour la densité apparente, elle est considérée comme au niveau de P1H1 ( $1.10 \text{ g/cm}^3$ ), modérées pour P1H1 ( $1.44 \text{ g/cm}^3$ ), P1H2 ( $1.49 \text{ g/cm}^3$ ) et P1H3 ( $1.58 \text{ g/cm}^3$ ) (en fonctions des normes proposées par (**Hazelton et Murphy, 2007**)).



**Figure 4.3:** Résultats de la da, dr et porosité des horizons du profil (P1)

En ce qui concerne le pourcentage de la porosité calculée (**Fig.4.3**), il augmente au deuxième horizon (55.1%) par rapport à celui du premier (49.9%), affiche la valeur de 51.1% au troisième horizon et 56.9 au dernier.

Plus on descend, la valeur la plus élevée atteignant 56,9 % dans le quatrième horizon et la valeur la plus basse étant de 46,9 % dans le premier horizon.

Selon les normes d'interprétation de la porosité (**ENIB, 2000**), notre sol est très poreux pour tous les horizons du profil (P1).

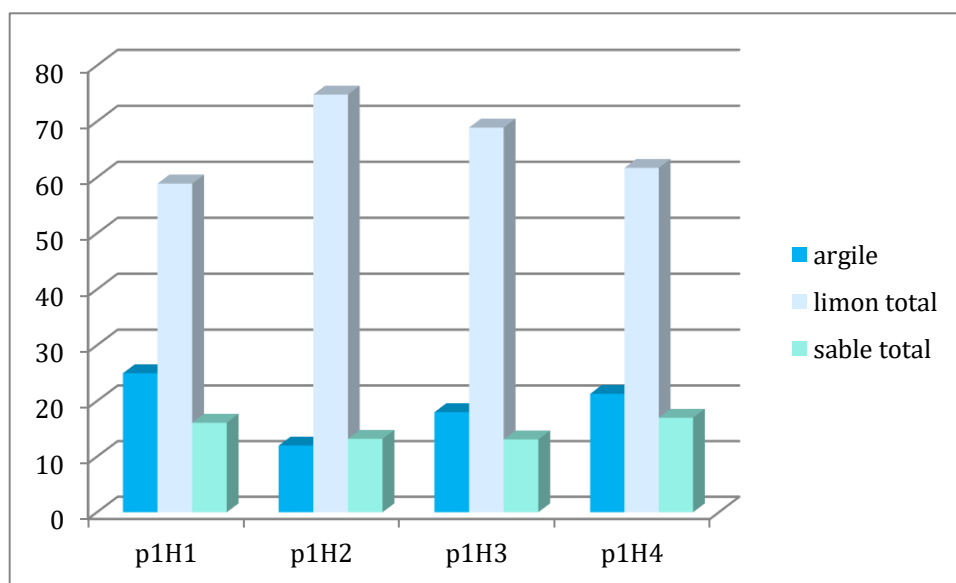
Cela est dû l'abondance des éléments grossiers (déjà présentée) et à la texture et au texture du sol.

#### 4.1.2.4. Texture des horizons du profil P1 :

L'ensemble des résultats d'analyse granulométrique des sols du premier profil (P1) sont représenté au tableau (**Tab 4.2**) ainsi qu'à la figure (**Fig. 4.4**).

**Tableau 4.2** : Fraction granulométrique des quatre horizons du premier profil (P1).

	Argile (%)	Limon total (%)	Sable total (%)
<b>p1H1</b>	25	58,9	16,1
<b>p1H2</b>	12	74,8	13,2
<b>p1H3</b>	18	68,9	13,1
<b>p1H4</b>	21,3	61,7	17



**Figure 4.4** : Fraction granulométrique dans les quatre horizons du profil (P1)

L'utilisation du triangle textural de **Jamagne**, nous aider à classer nos échantillons de sol analysée. Il s'agit de :

- \* Texture limono sableuses (Limon Argilo Sableux, LAS) pour les deux horizons P1H1 et P1H4.
- \* Texture Limoneuses (Limon Moyen LM) pour P1H2.
- \* Texture Limoneuses (Limon Argileux LA) pour P1H3.

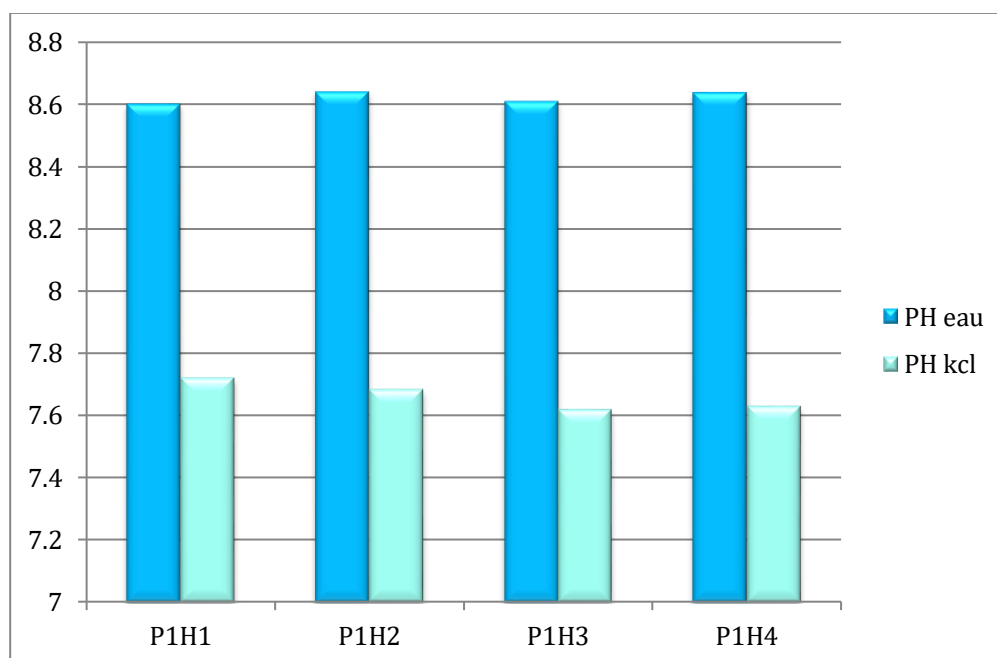
Cette texture à tendance limoneuse attribuée au sol (s'il n'est pas amélioré) quelques mauvaises propriétés physiques tel que la battance, la faible stabilité structurale et qu'il est sujet à l'érosion hydrique.

#### 4.1.2.5. pH eau et pH KCl au niveau des quatre horizons du premier profil

D'après (Baize, 1988), et l'utilisation des résultats du tableau (Tab. 4.4) et la figure (Fig. 4.5), des valeurs de  $pH_{eau}$  comprise entre (8.60 et 8.64) donnent à l'ensemble des horizons de P1 un caractère basique (forte alcalinité).

**Tableau 4.3:** Résultats des  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  des horizons du premier profil (P1)

Horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
$pH_{eau}$	8.602	8.643	8.612	8.64
$pH_{KCl}$	7.720	7.682	7.619	7.628
$pH_{eau} - pH_{KCl}$	0,882	0,961	0,993	1,012



**Figure 4.5:** Représentation des résultats du  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  des horizons du premier profil (P1)

Par calcul de la différence entre  $pH_{eau}$  et  $pH_{kcl}$  on a trouvé des valeurs comprises entre (0.88 et 1.02) dans les trois (3) horizons premiers indiquant que le sol est faiblement dé-saturés. Tandis que pour le quatrième horizon (P1H4) le sol est fortement dé-saturé (Baize, 1988).

Ces valeurs élevées du pH dans l'ensemble des résultats du profil sont peut-être dues à deux facteurs principales :

\*Nature géologique qui est probablement composée principalement des roches mères calcaires ;

\*Le climat évaporant qui conduit à l'accumulation des sels que le calcaire en fait partie (il est très connu qu'un Ph de 8.3 implique la présence des formations carbonatés).

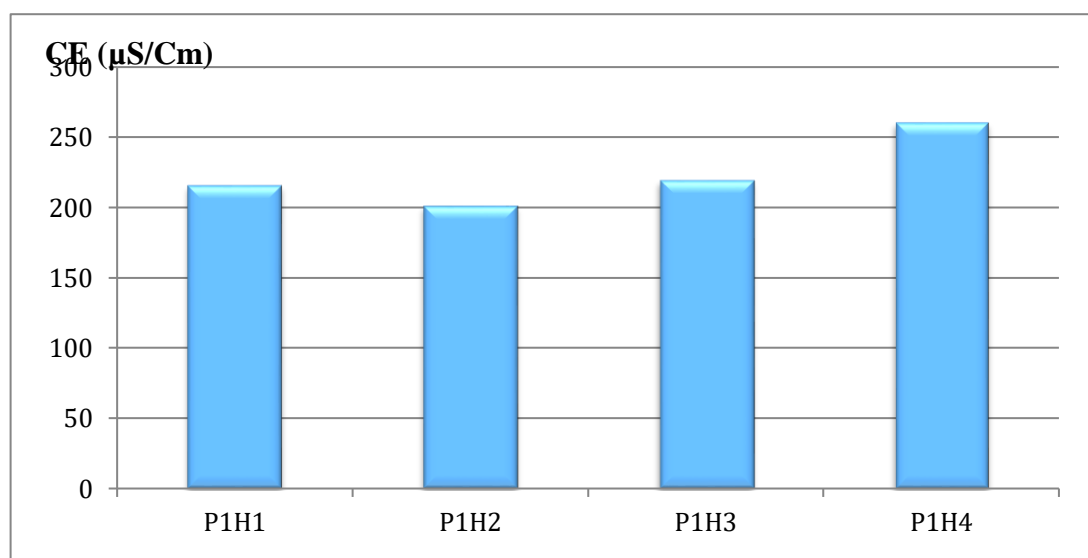
#### 4.1.2.6. La conductivité électrique (CE)

Les résultats mentionnés au tableau (Tab 4.4) et à la figure (Fig. 4.6) montre que les valeurs varie dans un intervalle entre 201  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P1H2) à 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P1H4).

**Tableau 4.4** : Conductivité électrique des horizons du premier profil (P1)

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
CE( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	215.5	201	219	260
Interprétation (Selon Aubert,1978)	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé

La classification des sols des quatre horizons étudiés selon l'échelle proposées par (Aubert, 1978) traduit qu'il s'agit des sols non salés dans l'ensemble des horizons de premier profil.



**Figure 4.6:** Valeurs des conductivités électriques des horizons du premier profil (P1)

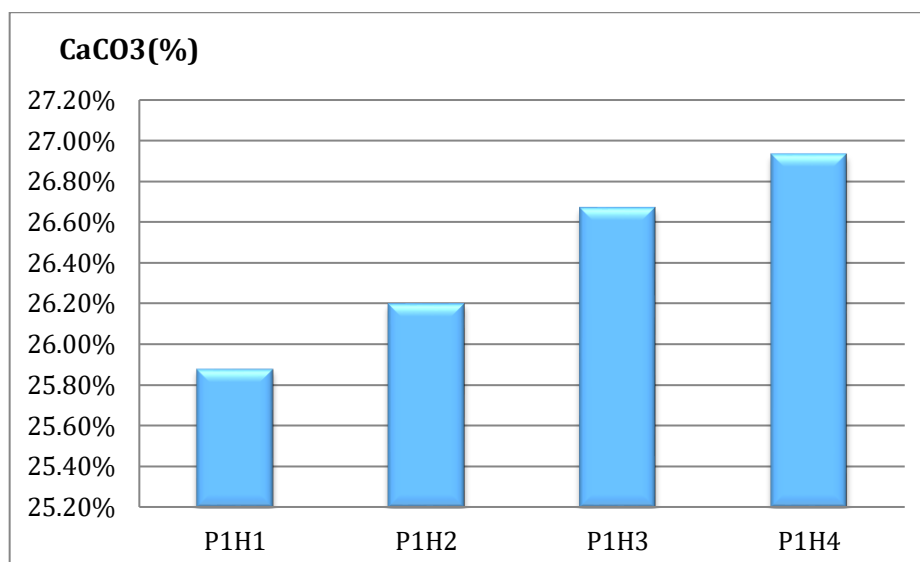
#### 4.1.2.7. Calcaire total:

Les résultats de l'analyse du calcaire total sont représentés autableau (Tab. 4.5) et figure (Fig.4.7).

**Tableau. 4.5:** Résultats du calcaire total pour chacun des horizons du premier profil

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
CaCO <sub>3</sub> total (%)	25.88	26.20	26.67	26.93

Selon (Baize, 1988), on juge que l'ensemble des horizons du premier profil (avec des valeurs qui dépassent 25% càd 25.88%, 26.20%, 26.67% et 26.93% respectivement du premier au dernier horizon) est fortement calcaire.



**Figure 4.7:** Présentation des valeurs de calcaire total des horizons du profil P1

Selon (**Baize, 1988**), l'interprétation des résultats trouvés indique que le sol est fortement calcaire à l'ensemble des horizons du premier profil.

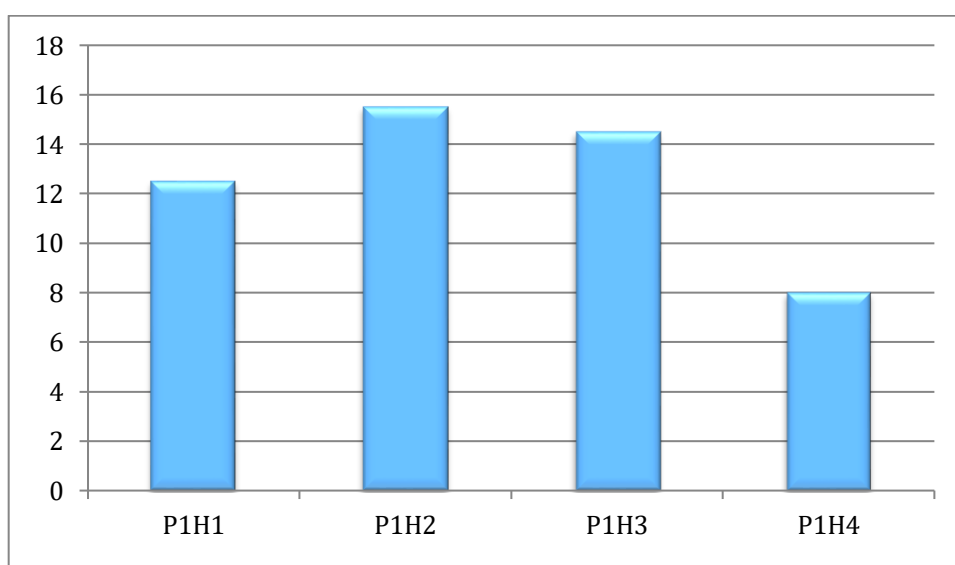
#### 4.1.2.8 Calcaire actif :

En ce qui concerne le calcaire actif (**Tab 4.6**), il se présente avec des pourcentages qui varient entre 8% (P1 H4) et 15.5% (P1 H2).

**Tableau 4.6:** Résultats du calcaire actif des horizons du profil (P1)

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
CaCO <sub>3</sub> actif (%)	12.5	15.5	14.5	8

D'après les normes proposées par (**Baize, 1988**), le pourcentage du calcaire actif dans l'horizon H1, H2 et H3 du premier profil est élevé et H4 est assez élevée.



**Figure 4.8:** Présentation des valeurs de calcaire actif des horizons du premier profil (P1)

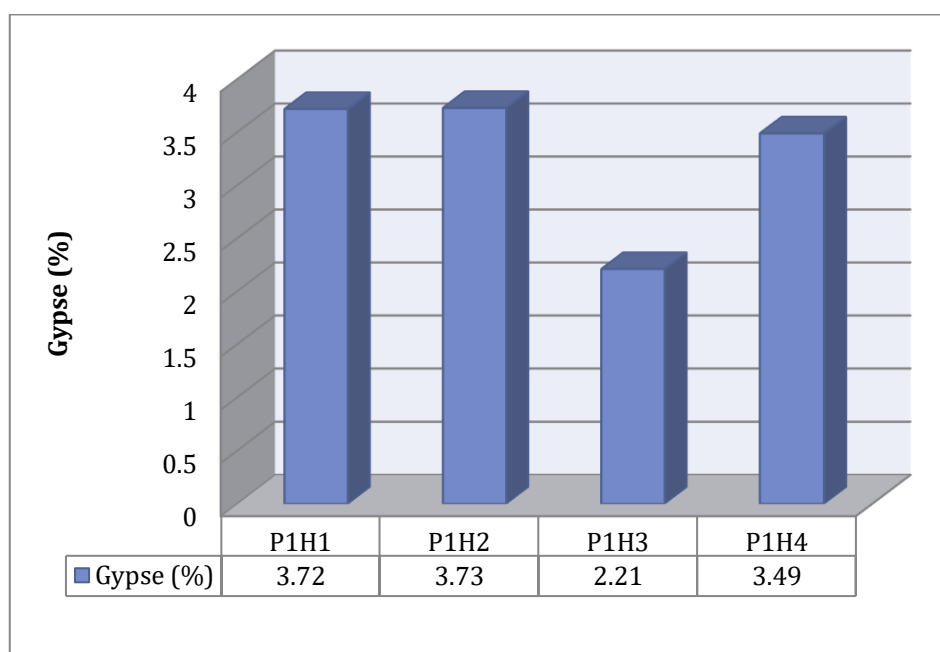
#### 4.2.2.9. Le gypse :

Les résultats présentés dans la figure (**Fig. 4.9**), marquent des valeurs supérieures à 2% pour l'ensemble des horizons du premier profil. Selon les normes proposées par (**Barzanji, 1973**), on déduit que nos sols sont répartis comme suit

\*Non gypseux pour le troisième (avec une valeur de 2.21%)

\*Modérément gypseux pour le reste des horizons avec les valeurs de 3.73%, 3.73% et 3.49 pour P1H1, P1H2 et P1H4.

Nos résultats du gypse paraissent en concordance avec la nature géologique de la région d'étude qui comporte des formations gypseuses et ceci est clairement montré dans le deuxième chapitre de notre présent travail).



**Figure 4.9:** Résultat obtenus des pourcentages du gypse dans les quatre horizons du profil P1

#### 4.2.2.10. La matière organique (MO %)

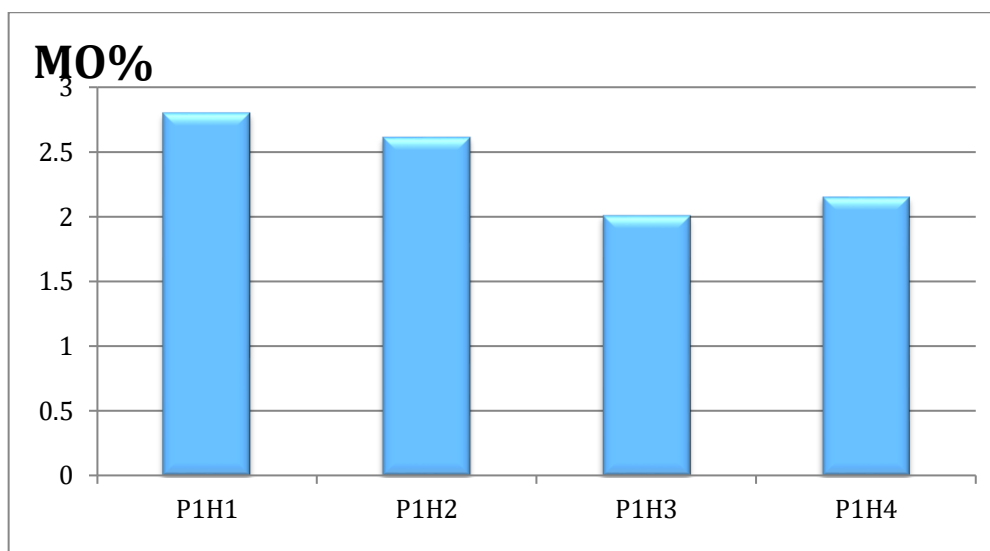
Pour la matière organique (MO%), les résultats trouvés sont montrés au tableau qui suit (**Tab 4.7**).

On remarque qu'elle affiche des valeurs comprises entre 2.01 % et 2.80 %.

**Tableau 4.7:** Résultats de taux du MO des horizons du profil P1

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
MO %	2.80	2.61	2.01	2.15

A partir de ces résultats (**Fig. 10**), on peut dire que le sol du premier profil (Selon la classification proposée par **I.T.A, 1977**) se caractérise par une abondance moyenne en MO au niveau de tous les horizons.



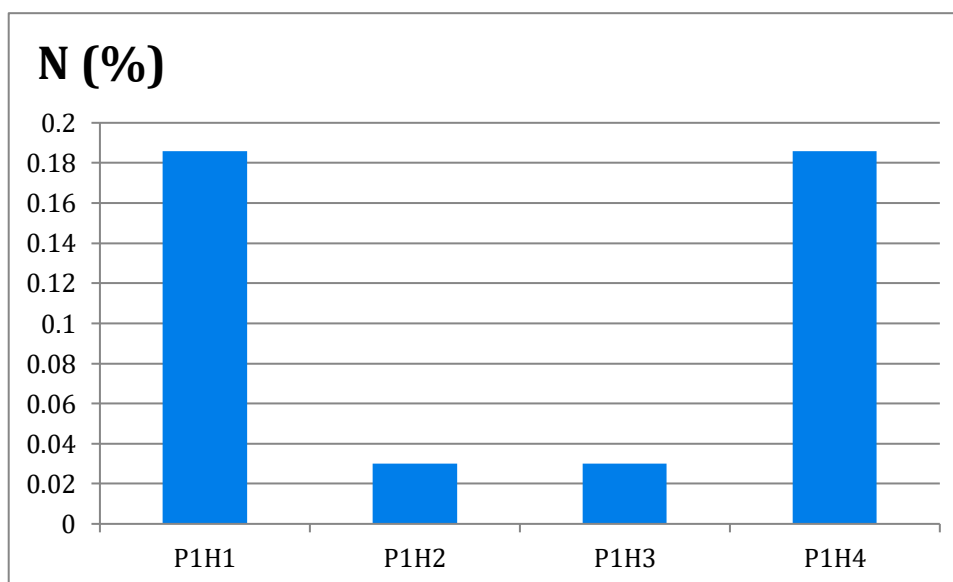
**Figure 4.10:** Taux de matière organique (en %) des horizons du profil (p1).

#### 4.2.2.11. L'azote total dans les horizons du premier profil :

**Tableau .4.8 :** Résultat des taux de l'azote total dans les quatre horizons du premier profil

	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
N (%)	0,186	0,03	0,03	0,186

A travers le tableau (Tab 4.8) représenté en haut, on constate un affichage de la même valeur (0.186%) qui est la plus élevée au niveau des horizons P1H1 et P1H4 comparativement à celle la plus faible (0.03%) au niveau du deuxième et troisième horizon.



**Figure 4.11:** Pourcentage de l'azote dans le sol (P1)

Selon (Calvet et Villemin, 1986), le premier et quatrième horizon sont riches en azote, quant au deuxième et troisième horizons, ils sont considérés comme pauvres en MO.

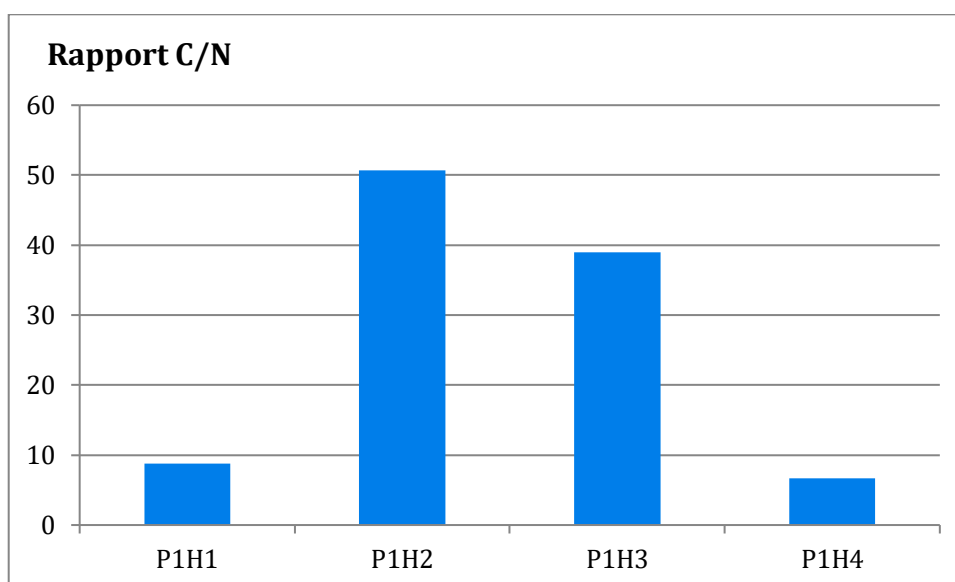
#### 4.1 .2 .12. Le rapport C / N :

**Tableau 4.9:** Rapport C/N dans les horizons du premier profil (P1)

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4
N (%)	0,186	0,03	0,03	0,186
C (%)	1.63	1.52	1.17	1.25
Rapport C/N	8,76	50,66	39	6,72

On remarque du tableau précédent que la valeur du rapport C/N la plus élevée est enregistrée au deuxième horizon (50.66) suivit de celle du troisième horizon (39), en troisième position on trouve P1H1 (8.76) et en dernière position P1H4 (6.72).

La **Fig. 4.12**, montre des valeurs du rapport C/N qu'à partir des quelle on juge que le deuxième et le troisième horizon présentent des valeurs qui peuvent être nocive pour les plantes (phénomène de « privation d'azote »).



**Figure 4.12** : Rapport C/N dans les quatre horizons du premier profil (P1)

## 4.2. Caractérisation des sols du premier profil (P1)

### 4.2.1. Description morphologique des horizons première profil (P2) du (Ouled Addi) :

La description de notre sol sur terrain a montré que le profil P2 se compose de quatre horizons (**P2H1**, **P2H2**, **P2H3** et **P2H4**) (Photos 4.2 Tab 4.10).

Les principales informations dégagées de la description morphologique de terrain sont résumées au tableau (Tab 4.11).

**Tableau 4.11:** Description morphologique des horizons du deuxième profil (P2).

	Profondeur des horizons	Couleur	Texture par teste de touches	Structure	Effervescence à l'HCl	Dureté par utilisation d'un pénétromètre
<b>P2H1</b>	(0-22, 3 cm)	Orange jaune (10YR 6/4; dull yellow orange)	texture limoneuse	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	dureté est égale 2.5
<b>P2H2</b>	(22,3-57,3cm)	Brune (dull yellowish brown 10YR 5/4)	texture sableuse	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	Dureté 2.25
<b>P2H3</b>	(57,3-80,1cm)	Grise (2.5YR7/4; light gray)	texture limoneuse	moyennement structuré	forte effervescence à l'HCl	dureté 3
<b>P2H4</b>	(80,1-100cm)	Jaune pale (2.5YR 5/6; pale yellow)	Texture Argilo-limoneuse	Fortement structuré	forte effervescence à l'HCl	dureté de 2.25

#### 4.2.2. Présentation et interprétation des résultats analytiques du sol de deuxième profil (P2) :

##### 4.2.2.1. Les éléments grossiers EG (%) :

On se basant sur les poids, total et celui de terre fine après tamisage avec un tamis de 2mm on a trouvés les valeurs signalée au tableau (**Tab. 4.12**).

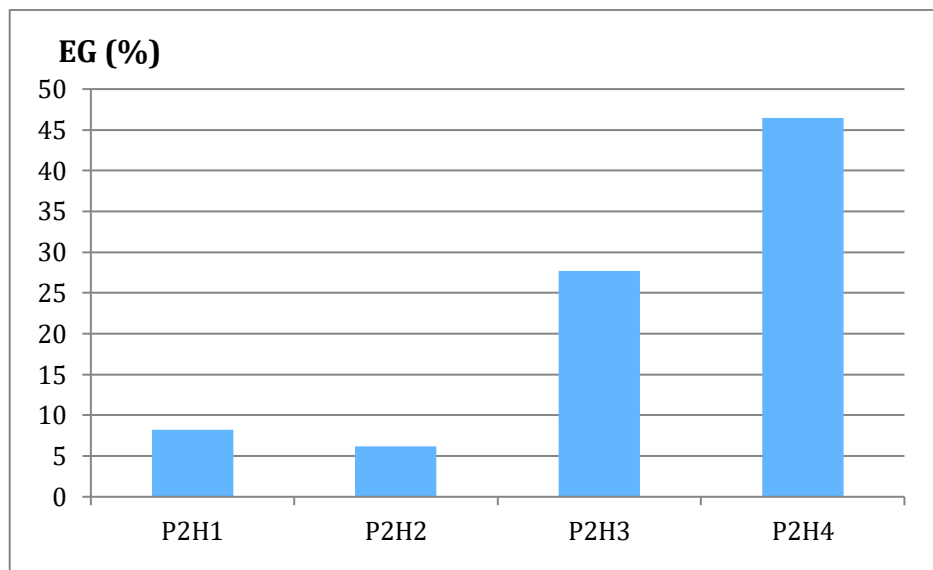
**Tableau 4.12:** Pourcentage de la fraction grossière (refus, éléments grossiers) au profil P2

	Poids des éléments grossiers	Poids total	EG (%)
<b>P2H1</b>	226,5	2753,2	8,22
<b>P2H2</b>	142,8	2318,1	6,160
<b>P2H3</b>	524,8	1897	27,66
<b>P2H4</b>	966,7	2081,2	46,44

A travers le tableau (**Tab 4.12**) et la figure (**Fig. 4.13**), on constate que le pourcentage le plus élevé des éléments grossiers (46.44%) est présenté au niveau du dernier horizon (P2H4) suivit d'une valeur de (27.66%) à l'horizon P2H3, puis d'une valeur de 8.22% au premier horizon et la valeur la plus faible (6.160%) s'affiche au deuxième horizon profil (P2H2).

Ces chiffres affirment qu'il s'agit des horizons de charge caillouteuse moyenne à élevée.

Ces informations s'expliquent par le fait que notre profil se situe dans une zone montagneuse. Il (profil) est de type A C R qui se développe légèrement (présence d'une très forte proportion des éléments grossiers dans les horizons H3, H4).



**Figure 4.13:** Pourcentage des éléments grossiers dans les quatre horizons du deuxième profil

A travers le tableau (**Tab. 4.11**) et la figure (**Fig. 4.13**), on constate que le pourcentage d'éléments grossiers dans le second profil atteint la valeur la plus élevée sur les horizons P2H3 et P2H4, et il est la valeur la plus faible sur les horizons P2H1 et P2H2.

Comme la proportion d'éléments grossiers dans l'horizon P2H3 et P2H4 est confinée à 30-40 %, la charge de l'horizon rocheux augmente

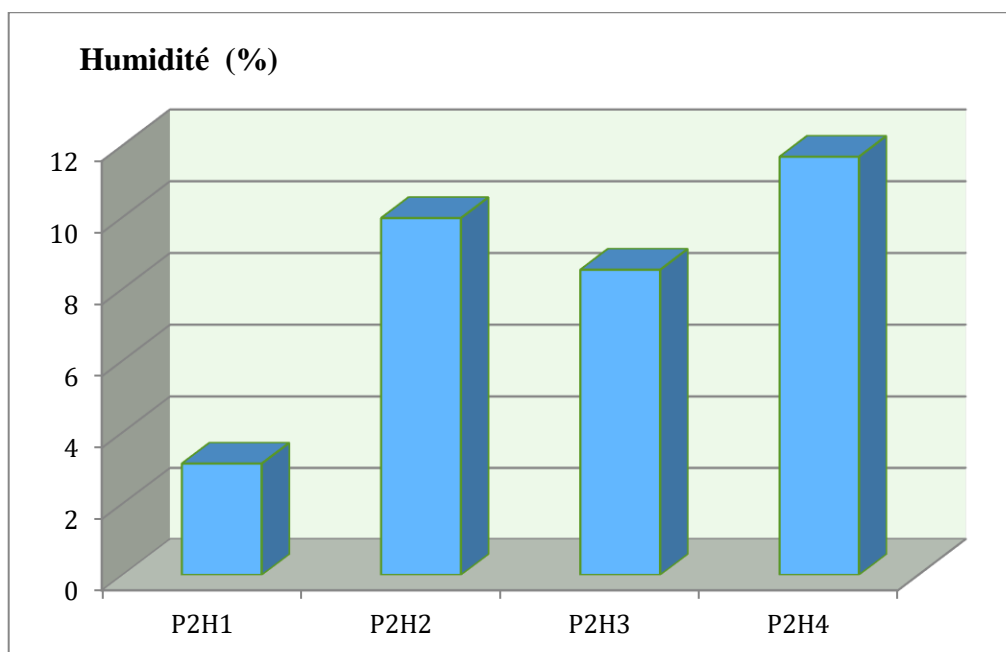
Comme pour les horizons P2H1 et P2H2, la proportion d'éléments grossiers dans ces horizons était limitée entre 5% et 15%, interprétée comme une faible charge de gravier, et ce qui explique la présence d'une forte proportion d'éléments grossiers est qu'ils sont localisés en zone montagneuse et ce profil est de type A C R se développant légèrement car ce profil se poursuit avec une très forte proportion de l'élément grossier dans les horizons H3, H4.

#### 4.2.2.2. Humidité résiduelle (%) :

**Tableau 4.13 :** Résultats de l'humidité du profil (P2)

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Humidité (%)	3.13	9.98	8.54	11.69

On note que l'humidité (**Tab. 13** et **Fig. 14**) est marquée par des fluctuations (remontées et décentes), commençant par une valeur de 3.13% au premier horizon, passant à une valeur de 9.98% au niveau de P2H2, puis marque une diminution en atteignant la valeur de 8.54% (P2H3) et enfin remonte un peu vers une valeur de 11.69 au dernier horizon.



**Figure 4.14:** Présentation graphique de l'humidité des horizons du profil (P2)

#### 4.2.2.4. Porosité (%):

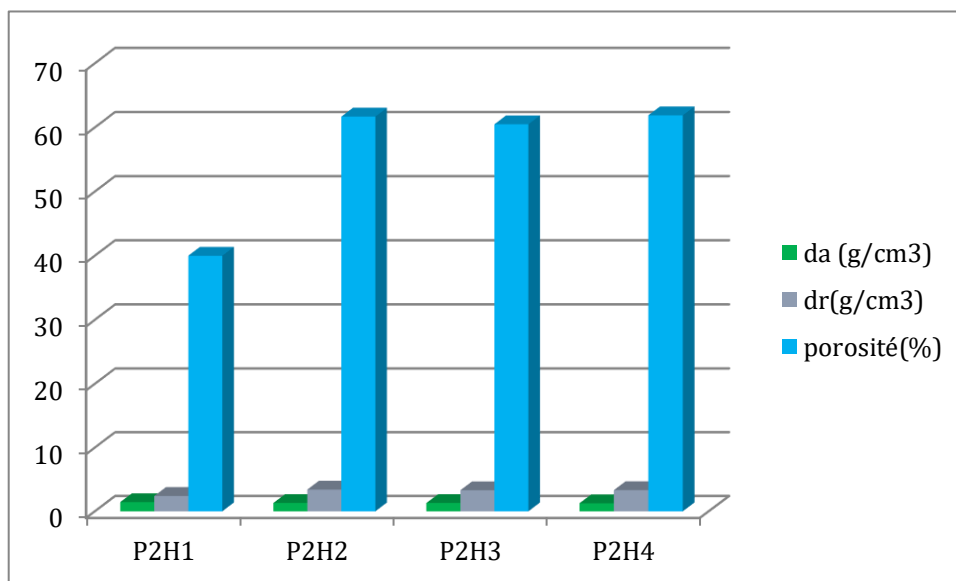
Les résultats des calculs des densités apparentes, réelles ainsi que de la porosité des quatre horizons du deuxième profil sont mentionnés en détailles au tableau (Tab. 4.14) et aussi à la figure (Fig 4.15).

**Tableau 4.14 :** Résultats des densités, apparentes et de la porosité des sols du profil (P2).

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
da (g/cm <sup>3</sup> )	1.451	1.310	1.310	1.270
dr (g/cm <sup>3</sup> )	2.416	3.412	3.316	3.332
Porosité (%)	40	61.7	60.5	61.9

On remarque les valeurs de la densité apparente dépassent 1.3 (g/cm<sup>3</sup>) pour les trois premier horizons du profil P2 (1.451 (g/cm<sup>3</sup>), 1.310 (g/cm<sup>3</sup>) et 1.310 (g/cm<sup>3</sup>) respectivement pour P2H1, P2H2 et P2H3) ce qui les qualifiés comme es sols à densités apparentes modérées. Tandis que pour le dernier horizon 1.27 (g/cm<sup>3</sup>) donc à faible densité apparente (Hazelton et Murphy, 2007).

On suggère que ces valeurs de porosités sont en relation avec la texture.



**Figure 4.15:** Résultats de la porosité des quatre horizons du deuxième (P2)

#### 4.2.2.5. Texture des horizons du profil P2 :

L'élément textural le plus abondant au premier et troisième horizon est le limon avec des pourcentages de 38.5% et 73.8% respectivement. L'argile pour quatrième (53.4%) et le sable (32%) pour le premier horizon (Tab. 4.15 et Fig. 4.16).

**Tableau 4.15:** Fraction granulométriques dans chacun des horizons du profil (P2)

Les Horizons	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
P2H1	29,5	38,5	32
P2H2	45,5	29,8	24,7
P2H3	18	73,8	8,2
P2H4	53,4	17,2	29,4

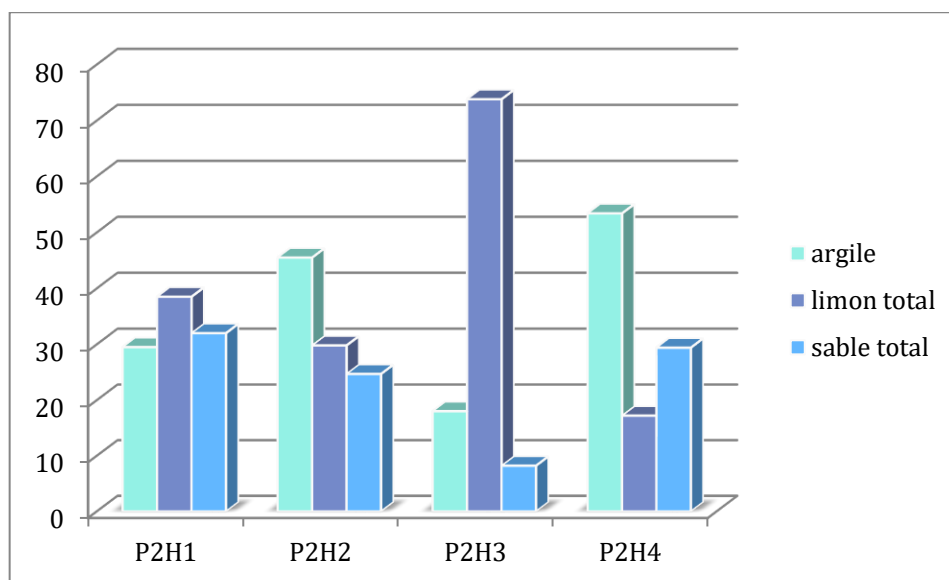
En utilisant le triangle de texture de **Jamagen**, on a déduit la texture pour chacun des quatre horizons de profil P2, on a donc:

\*P2H1 : De texture limono sableuses (Limon Argilo Sableux , LAS).

\*P2H2 : De texture Argileuses (Argile Lourde, ALO).

\*P2H3 : De texture Limoneuses (Limon Argileux, LA).

\*P2H4 : De texture Argileuses (Argile Lourde, ALO).



**Figure 4.16 :** Fraction granulométrique enregistrées pour les quatre horizons du deuxième profil (P2)

#### 4.2.2.6. pH eau et pH kcl

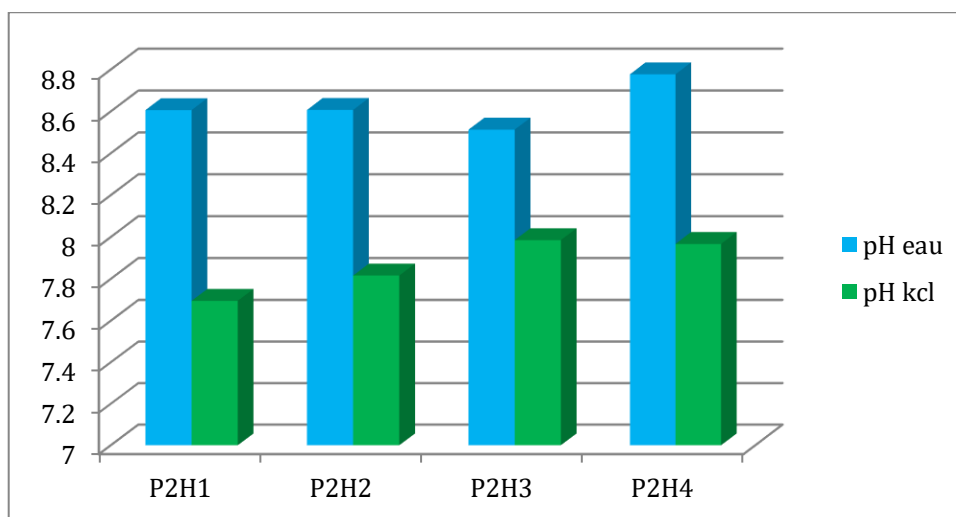
Les valeurs détaillées des pH eau et Kcl de l'ensemble des échantillons du profil P2 analysés sont présentées clairement à la figure (**Fig. 4.17**) et au tableau (**Tab. 4.16**).

**Tableau 4.16 :** Résultats des calculs de  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  des horizons du profil P2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
$pH_{eau}$	<b>8.606</b>	8.607	8.513	<b>8.777</b>
$pH_{KCl}$	<b>7.695</b>	7.816	<b>7.985</b>	7.967
$pH_{eau} - pH_{KCl}$	<b>0.911</b>	0.791	<b>0.528</b>	0.810

On remarque que le  $pH_{eau}$  affiche des valeurs comprises entre **8.606** et **8.777**. Ces valeurs augmentent très légèrement du premier (P2H1) au deuxième (P2H2), diminue d'une valeur 8.607 au P2H2 à 8.513 à l'avant dernier horizon et enfin elle remonte au dernier.

Selon (**Baize, 1988**), les valeurs trouvées indiquent qu'il s'agit d'un sol à caractère basique. On signale aussi que la différence ( $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$ ) est entre (**0.791** et **0.911**), ce sont des sols dé-saturés.



**Figure 4.17 :** Représentation des résultats du pH eau et pH kcl des horizons du deuxième profil (P2)

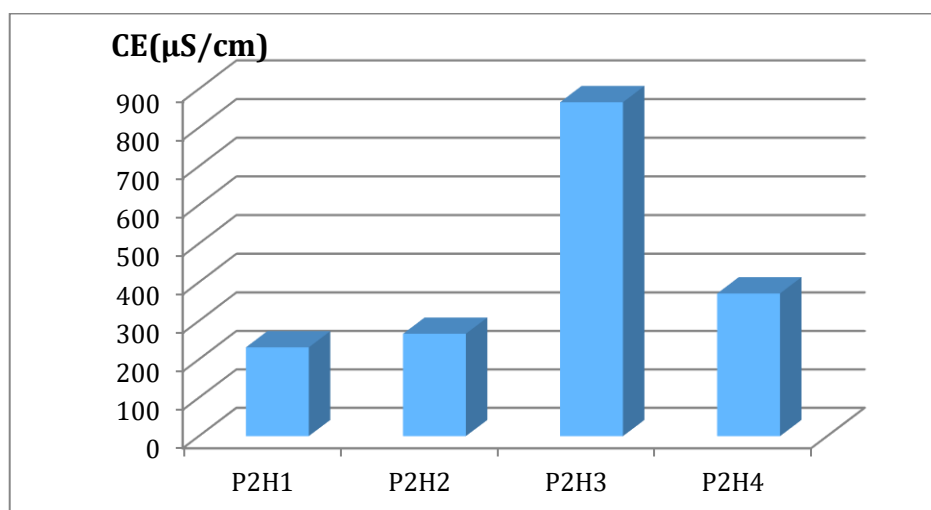
#### 4.2.2.7. Conductivité électrique des horizons du deuxième profil:

Du tableau et de la figure qui suit, on signale que la valeur la plus élevée ( $865.66 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) a été enregistrée au niveau du troisième horizon alors que celle la plus faible ( $231.33 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) au premier horizon.

**Tableau 4.17 :** Valeurs obtenus de la conductivité électrique au niveau du profil P2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	231.33	266.66	865.66	371
Interprétation (Selon Aubert, 1978):	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé

En se basant sur l'échelle d'interprétation proposée par (Aubert, 1978), nos sols sans exceptions sont non salés.



**Figure 4.18:** Valeurs des conductivités électriques des quatre horizons du profil (P2)

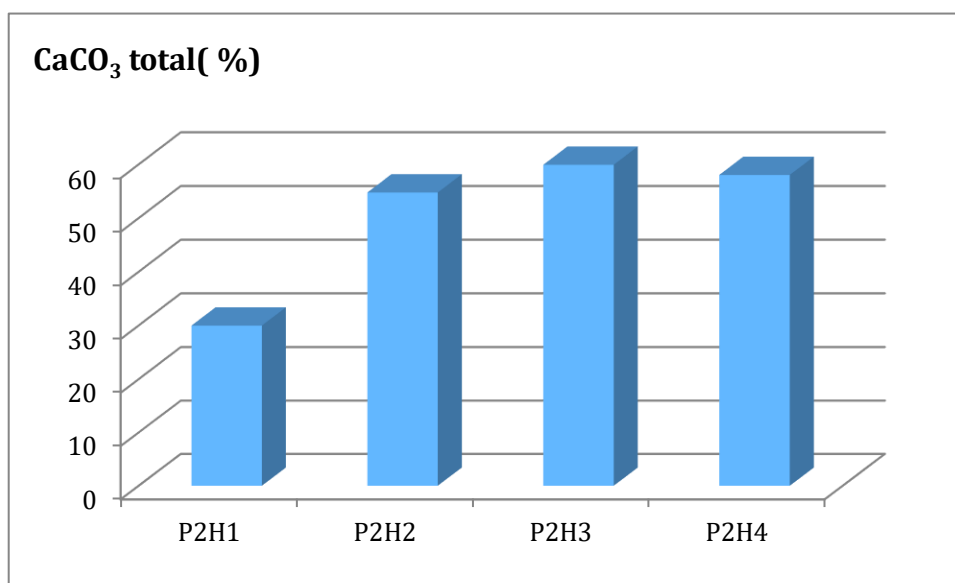
#### 4.2.2.8. Calcaire total :

Le **Tab 4.18**, présente les valeurs (pourcentages) du calcaire comprises entre 29.97(P2H1) et 59.92 (P2H3).

Ces valeurs indiquent que notre sol considéré comme fortement calcaire pour l'ensemble des horizons, à l'exception du premier horizon qui est calcaire.

**Tableau 4.18 :** Résultats du calcaire total de chacun des horizons du profil (P2)

Les horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
CaCO <sub>3</sub> total (%)	29.97	54.76	59.92	58.03



**Figure 4.19:** Valeurs enregistrées du calcaire total dans les quatre horizons du profil (P2)

Alors que si on se réfère à la classification proposée par (G .E.P.P.A in Baize, 1988), l'horizon P2H1est fortement calcaire et les horizons (H2, H3 et H4) sont très fortement calcaires.

#### 4.2.2.9 Calcaire actif :

Le calcaire actif présente des valeurs qui passent de 17 % (P2H1)à 62.5% (P2H4) (Tab 4.19 et Fig.20 )

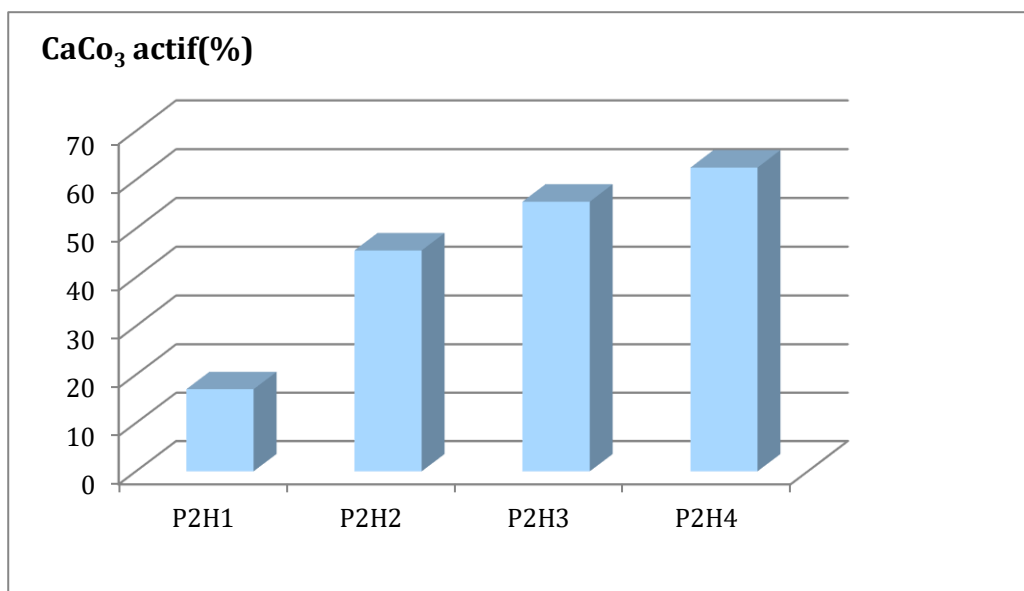
**Tableau 4.19 :** Résultats du calcaire total de chacun des horizons du profil (P2)

Les horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
CaCo <sub>3</sub> actif (%)	17	45.5	55.5	62.5

Selon les critères d'interprétation du calcaire actif (Baize, 1988), on juge qu'il est :

\*Très élevés pour les horizons P2H2, P2H3 et P2H4 ;

\*Elevés dans le premier horizon.



**Figure 4.20:** Valeurs de calcaire actif des quatre horizons du profil (P2)

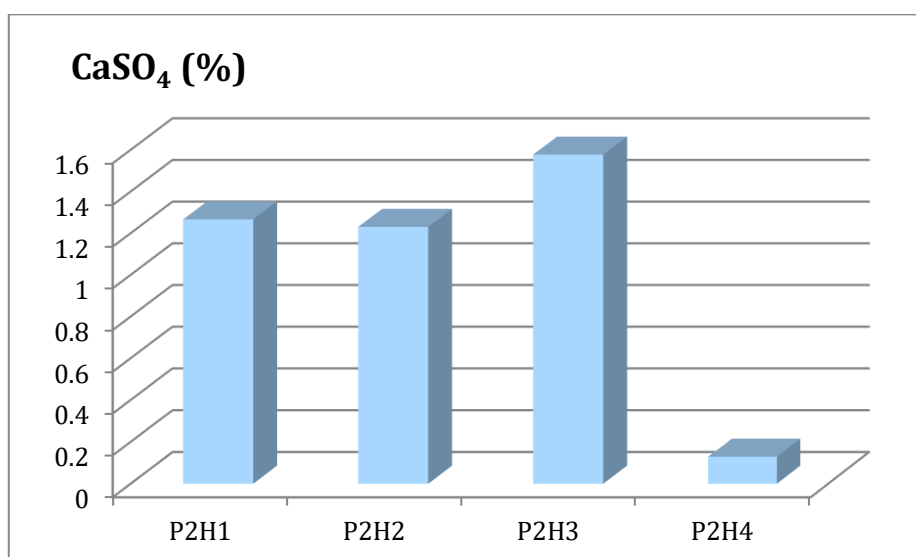
#### 4.2.2.10 Gypse :

Le gypse dans le deuxième profil affiche des valeur allant de 1.230% à 1.577% ( Tab.4.20)

**Tableau 4.20 :** Résultats des analyses du gypse pour les horizons de profilP2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
CaSO <sub>4</sub> (%)	1.266	1.230	1.577	0.129

Selon les normes proposées par (**Barzanji, 1973 in FOA, 1990**), les sols du deuxième profil sont considères comme légèrement gypseux pour (H1, H2 et H3) et non gypseux pour (H4).



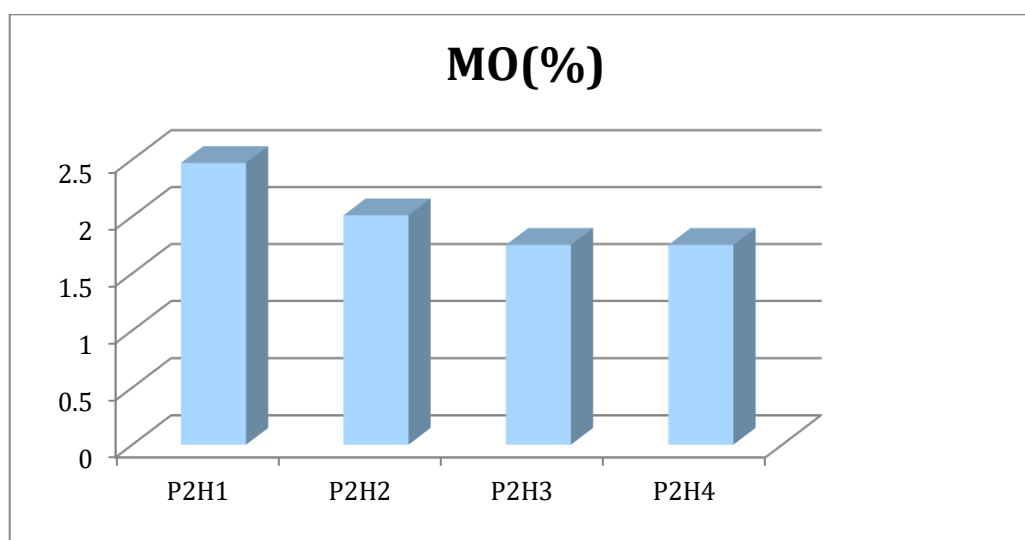
**Figure 4.21:** Présentation des résultats de gypse dans les horizons du profil (P2)

#### 4.2.2.11 La matière organique (MO %) :

**Tableau 4.21:** Résultats obtenus des calculs de la matière organique pour les horizons du profil (P2)

Les horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
MO(%)	2.47	2.01	1.75	1.75

Selon ( **PI.T.A, 1977**), et a partir de ces résultats on peut dire que ce sol est moyennement riche en MO (%) au niveau du premier horizons , et pauvre pour les horizons (H2,H3 et H4).



**Figure 4.22 :** Taux du (MO %) dans les horizons du profil (P2)

#### 4.2.2.12 L'azote total :

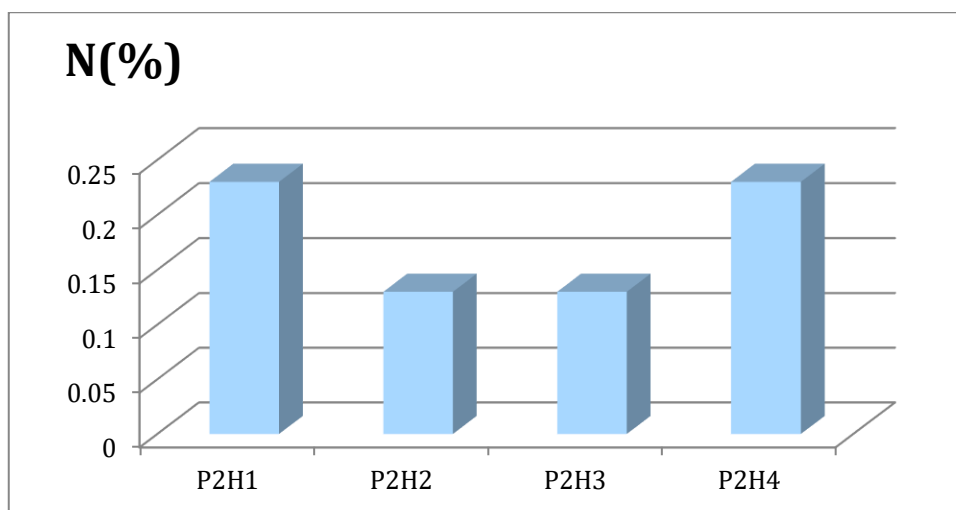
A partir des résultats enregistré au **Tab 4.22** ; les taux de l'azote varient entre 0.35 (P1H2, P1H3) et 1.75 ( P1H1, P1H4) .

**Tableau 4.22:** Présentation des résultats d'azote des horizons du profil(P2)

Les horizons	P2H2	P2H3	P2H4	P2H5
N(%)	0,23	0,13	0,13	0,23

Du **Tab 4.22** représenté en haut, on constate une fluctuation du pourcentage d'azote.

Selon (**Calvet et Villemin, 1986**), la premier et quatrième horizons sont riches en azote, quant aux deuxième et troisième horizons qui sont pauvre en azote.



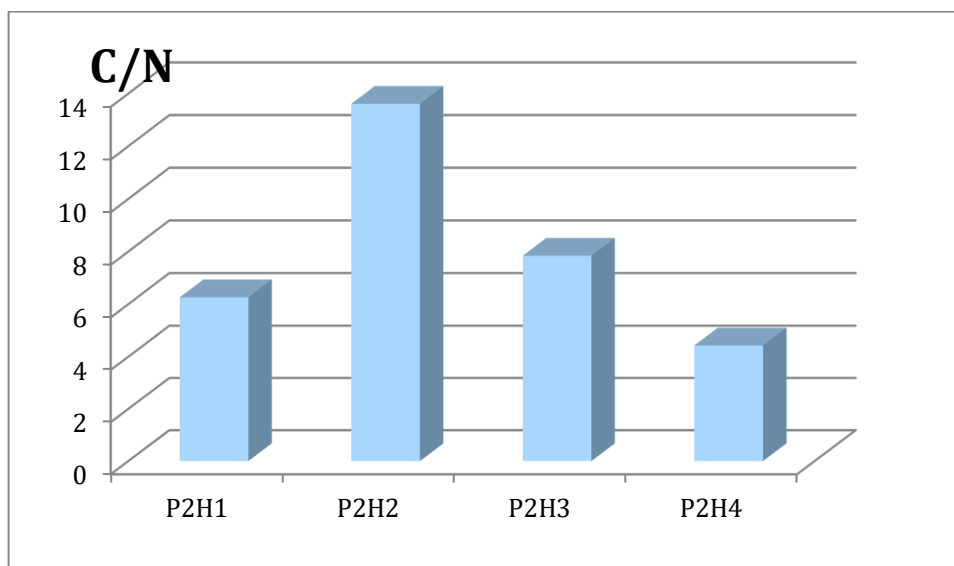
**Figure 4.23 :** Présentation des résultats de l'azote des horizons du profil (P2)

#### 4.2.2.13 Le Rapport C/N :

**Tableau 4.23 :** Le rapport C/N dans les quartes horizon de P2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
N (%)	0,23	0,13	0,13	0,23
C (%)	1,44	1,77	1,02	1,02
C/N	6,26	13,61	7,84	4,43

D'après le (Tab 4.23 et Fig.4.24), on constate pour l'ensemble des horizons de deuxième profil (H1,H2,H3 etH4) se caractérisent par un MO riche en azote .



**Figure 4.24 :** Le rapport C/N (P2)

***CONCLUSION***  
***GENERALE***

## *Conclusion générale :*

Cette étude a été portée sur deux stations situées dans zone d'Ouled Addi Leguebala (Nord- Est de Wilaya de M'sila); dans le but de la connaissance des principales propriétés physico-chimiques de leurs sols.

Les résultats de la description morphologique des deux profils ainsi qu'analytiques (de laboratoire) sont comme suit :

\*La texture des sols du premier profil de la zone d'étude est limono sableuses (Limon Argilo Sableuse, LAS) dans le premier et le quatrième horizon et limoneuses (Limon Moyen LM) dans le deuxième et troisième horizon. Tandis qu'au Profil P2, elle est limono-sableuses (Limon Argilo Sableuse, LAS), Argileuses (Argile Lourde, ALO) et Limoneuses (Limon Argileuse, LA) respectivement pour P2H1, (P2H2 et P2H4) et enfin P2H3.

\*Pour les sols des deux stations, le pH présentent des valeurs supérieures à 8, indiquent leur alcalinité.

\*En se référant aux résultats fournis par la CE; la salinité est très faible dans les deux profils donc le sol est non salé.

\*Les sols des deux stations sont fortement calcaires

\*La matière organique est moyenne dans les deux profils, à l'exception de deux horizons P2H3 et P2H4.

\*Nos sols sont globalement non à moyennement gypseux.

\*La porosité du sol est liée aux les éléments grossier que nous avons trouvés en grand pourcentage dans ces profils (20% à 25%); ce qui rend le sol très poreux pour les deux profils à l'exception de l'horizon P2H1 qui est considéré comme poreux.

A la fin et suit aux résultats trouvés, on donne les suggestions suivantes aux agriculteurs de la zone d'étude:

\*L'apport et l'ajout de matière organique pour améliorer la structure de ces sols.

\*Nous devons suivre des méthodes afin de réduire le taux de calcaire total dans nos sols, on doit prendre soin à diminuer la charge caillouteuse et de se débarrasser de la croûte calcaire dure qui entrave le processus de germination. Adapter le labour profond pour casser la croûte dure.

\*Des engrais verts et organiques devraient être utilisés.

\*La texture du sol est directement affectée par le phénomène d'érosion, que ce soit éolienne ou hydrique, et elle peut former des croûtes de battons, car le sol contient un pourcentage élevé de limon. A fin d'éviter ces dommages, il faut planter des végétaux adaptés à la zone afin qu'ils contribuent à préserver le sol et à réduire le taux d'érosion.

# *Références bibliographiques*

- **Amroune A, 2018** - Etude de l'apport hydrochimique dans la connaissance du fonctionnement de la nappe alluviale de la région nord du Hodna (Sud-Est algérien). Thèse doctorat Science, Université Moustapha Benboulaïd, Batna 2. Page 207.
- **André M, Soutter M, 1991**- Physique du sol, page 321.
- **André M, André M et Mac S, 2007**- Ingénierie des eaux et du sol : processus et aménagements , ingénierie de l'environnement science & technologie de l'environnement .PPUR presses polytechniques , page 37.
- **Aubert G, 1978**- Méthodes d'analyses des sols. C.R.D.P. Marseille, Page 188.
- **Baize D, 1988**- Guide des analyses courantes en pédologie. Choix, expression, présentation, interprétation. I.N.R.A., Paris, Page 172.
- **Baize D, 2000**- Guide des analyses en pédologie. Choix- expression. Présentation interprétation, 2ème édition. INRA. Paris, Page 275.
- **Boichard J, 1977**- L'élevage bovin, ses structures et ses produits en Franche-Comté, page 536.
- **Bliefert C, Perraud R · 2007**- Chimie de l'environnement: Air, eau, sols, déchets , Page 361.
- **Calvet G et Villemin P, 1986** - Interprétation des analyses des terres. Ed. SCPA, Page 25.
- **Calvet R, 2013**- Le Sol, 2<sup>e</sup> édition, édition France Agricole , Page 678.
- **Calvet R, Claire C et Sabine H, 2015**- Les matières organiques des Sols, 2<sup>e</sup> édition , édition France Agricole , page 6.
- **Chaude et Leclee , 1999**- Ecophysiologie végétale. Page 283.
- **Clément M et Françoise P, 2003**- Analyse chimique des sols, Paris, page 387.
- **Claude F, 2011**- Ecologie : Approche Scientifique et pratique, Lavoisier , page 101.
- **DAS M'sila , 2023** - Direction Des Services Agricole, 2023
- **Demolon A, 1969** - Principes D'agronomie. Tome I; Dynamique du sol. 5<sup>e</sup> édit. DUNOD. Paris. Page 250.
- **ENIB , 2000**- Ecole nationale d'ingénieur de bordeaux, 2000, agronomie des bases à la nouvelle orientation. Ed. Synthèse agricole, Page 337.
- **FAO, 1975**- Guide des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricole dans la région du Hodna. Les sols du Hodna rapport technique, volume 5 ; Page 141.
- **F.A.O, 1990**- Management of gypsiferous soils. Bulletin n°62, F.A.O Rome, Page 81.
- **G.E.P.P.A, 1981**- Groupe d'étude de pédologie appliqué. Synthèse des travaux de la commission de cartographie (1970 – 1981). INRA – CESRPF. Page 20.
- **Gobat M, Aragnom M et Matthey W, 2003**- Le Sol vivant Bases , de pédologie, Biologie des sols. 2<sup>e</sup> édition. Presse polytechnique et universités romandes ANDES. Page 568.

- **Gobat M, Aragnom M et Matthey W, 2010**-Le Sol Vivant . bases des pédologie, biologie des sols, 3ème édition, presse polytechnique et universitaire romandes. Page 817.
- **Guyot G, 1999**. Climatologie de l'environnement. Éd. Dunod, Paris. Page 525.
- **Guechi N. O, 2022**, Études floristique et ethnobotanique du massif de Maadid (M'Sila, Algérie). Thèse de Doctorat 3ème Cycle (LMD), Université Mohamed Boudiaf - M'Sila, Algérie. page 122 + annexes.
- **Hamouni M, Touaf L et Chekired Z, SD**- Analyse Du Sol Intérêt Agronomique Page 43 .
- **Halitim A, 1988**- Les Sols Des Régions Arides d'Algérie . Ed. O. P. U, Alger. Page 384.
- **Hellere R, Esnault R et Tance C, 1993**- Physiologie Végétale. 5° Ed. MASSON M; paris. Page 29.
- **I.T.A, 1977**- **Institut de technologie agricole, 1977**– Laboratoire du sol. Méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol. 3 Ed. I.T.A. Mostaganem. Page 105.
- **Jean L et Clément M, 1997**- Analyse physique des sols, 3° édition, page 107.
- **Jean Paul Legros, 2007**- Les Grands Sols Du Monde, première édition, page 71.
- **Jean Le Borgne, 1987**- Climatologie du sud-ouest de l'océan Indien: le cas de l'île Page 676.
- **Jean-Jacques Delannoy, Deline P, Lhénaff R, 2016**- Géographie physique: aspects et dynamique du géo système ,Page 977.
- **Jen Hu Chang, 1968**- Climate and Agriculture: An Ecological Survey - Page 129
- **Jean-Luc Dupont, 2023**-Physique quantique pour les débutants, page 85.
- **Laurent huber, 2007**-Bioclimatologie: Concepts et applications , page 222 .
- **Mawsili A D, 2020** – Science médico-légale des sols, page 96 .
- **Michel C, Christian S et Bernard J, 2011**- Etude Des Sols, page (404).
- **Mimeche F, 2014** - Ecology of the Algerian Barbel *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Pisces: Cyprinidae) in the El K'sob dam (M'Sila). Doctoral Thesis. National Superior School of Agronomy - EL-Harrach, Algiers. pp 117.
- **Nathalle Goma Fortin, Sitevi, 1 décembre 2009**-Gestion la matière organique des sols en parcelle viticole .
- **Hazelton Pet Murphy, 2007**-Interpreting soil test results: what do all the numbers mean, Page 152.
- **Prévost P, 2006**-Les bases de l'agriculture, 3° édition. Page 96.
- **Suzanne Degallaix, 1998**-Traité des Matériaux: Tome 2, Caractérisation expérimentale page 105.
- **Raymond G, Lduc R, 1984**, Connaitre la météorologie ,page 271 .
- **Tir Ch., Bouziane MT., Mimeche L., Alouani R., Madani Dj., Mimeche F., 2022**, Assessment of groundwater quality for irrigation use in the m'sila region (algeria) . Revue natural resources and sustainable development, volume 12. Page 15 .
- [http:// sites Google .com](http://sites.google.com), Mohamed L , 2:57 14/03/2013 .
- <https://fr.scribd.com/doc/2023>, La-région-de-M-Sila, 04/06/2023, 19,56.
- <https://www.sciencedirect.com>, 27/ 05 / 2023, 20 :11.

- <https://www.sdec-france.com/ouverturepdf.php> , 23/05/2023 , 21:25 .
- **Vilain, 1997** - la production végétale ,2 éme Ed , tes doc , paris, page 478.
- **Zedam, A. 2015** - Etude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna : Inventaire-Préservation. Thèse de Doctorat en Science. Université de Sétif 1, Sétif, Algérie. page150 + annexes.

## التحليل و التوصيف الفيزيائي و الكيميائي لبعض التربة بمنطقة أولاد عدي لقبالة

أجريت هذه الدراسة بهدف تحديد خصائص تربة أولاد عدي ( ولاية المسيلة) . تم استهداف ملفين. يتكونان من 4 أفاق . تم وصف وتحليل هذه التربة وقد تحصلنا على النتائج التالية: معظم الأفاق المدروسة للملفين تتميز بنسيج سلتي " طمي ". كما أنها تتميز بدرجة حموضة ملائمة للعديد من المحاصيل الزراعية إضافة إلى توفرها على نسبة متوسطة من المادة العضوية التي يمكن أن توفر الغذاء للنباتات , كما بينت وجود خصائص يمكن أن تؤثر سلبا مثل كمية الكبيرة من الكلس، ويمكن تصحيح هذه المشكلة بتحسين بنية التربة وذلك بإضافة المادة العضوية و القيام بالحرث العميق لتفتيت الطبقات الصماء .

الكلمات المفتاحية : أولاد عدي ,الخصائص الفيزيائية، الكيميائية، التربة.

### Résumé :

#### **Analyse et caractérisation physicochimique de quelques sols d'OuledAddi . Wilaya de M'sila**

Cette étude a été menée dans le but de déterminer les caractéristiques du terroir d'OuledAddi(Wilaya de M'sila). Deux profil étaient ciblés. Ils se composent de 4 horizons. Ce sol a été décrit et analysé et les résultats suivants ont été obtenus :

La plupart des horizons étudiés des deux profils sont caractérisés par une texture « limon ». Il se caractérise également par un pH adapté à de nombreuses cultures agricoles, en plus d'avoir un pourcentage moyen de matière organique pouvant fournir de la nourriture aux plantes.

Il a également montré la présence de propriétés qui pourraient affecter négativement comme une grande quantité de calcaire, ce problème peut être corrigé en améliorant la structure du sol en ajoutant de la matière organique et en faisant un labour profond pour briser les croues dures .

Mots clés : OuledAddi, propriétés physiques, chimiques, sol.

### Summary :

#### **Analysis and Physic-chemical characterization of same soils of Ouled Addi .Wilaya of M'sila**

This study was conducted with the aim of determining the characteristics of the terroir of Ouled Addi (Wilaya of M'sila). Two profiles were targeted. They consist of 4 horizons. This soil was described and analyzed and the following results were obtained:

Most of the studied horizons of the two profiles are characterized by a "silt" texture. It is also characterized by having a pH suitable for many agricultural crops, in addition to having an average percentage of organic matter that can provide food for plants.

It also showed the presence of properties that could negatively affect such as a large amount of lime, and this problem can be corrected by improving the soil structure by adding organic matter and doing deep plowing to break up hard crusts.

Keywords: Ouled Addi, physical and chemical properties, soil.