

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

FACULTE SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES

N° :26/DSA/2022



MAINE : SCIENCES DE LA  
TURE ET DE LA VIE

LIERE : SCIENCES  
RONOMIQUES

OPTION : SCIENCE DU SOL

**Mémoire présenté pour l'obtention  
du diplôme de Master Académique**

**par: GUESMIA warda**

**HABIB Soumia**

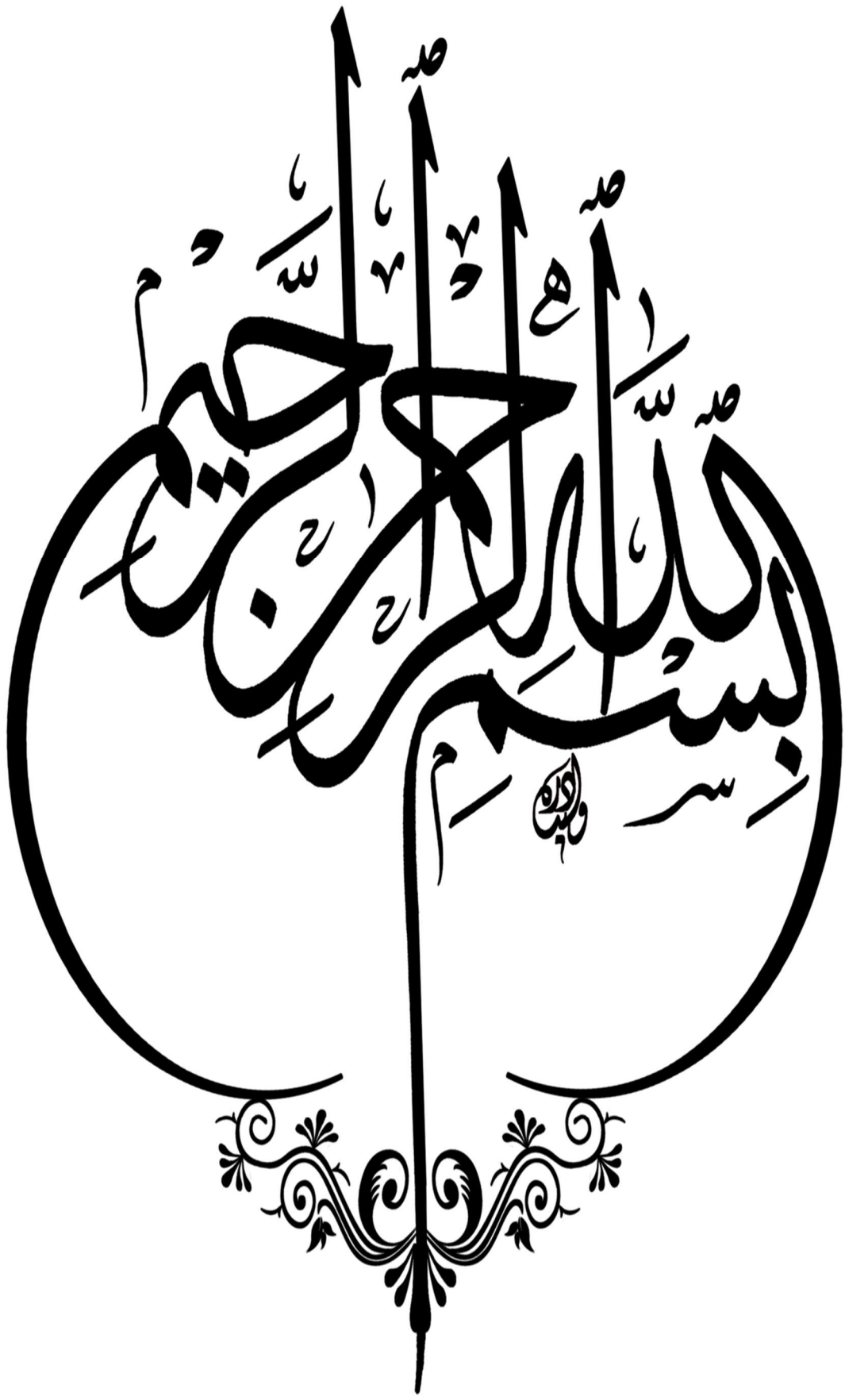
**Intitulé**

**Caractéristiques et propriétés des sols de la wilaya de  
M'Sila. Cas de la région de Hammam Dalaa.**

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	Rapporteur
Melle. MADANI	Djamila	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	CoEncadreur
M. TELLACHE	Slimane	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examinateur

**Année universitaire : 2021 /2022**



# Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir guidé durant toutes ces années et nous a permis de réaliser ce travail en nous donnant la force, la patience et la volonté.

Au terme de ce mémoire nous tenant à remercié vivement et profondément notre promoteur **Melle TIR Chafia** et co-promoteur **Melle MADANI Djamila** pour leurs aides, disponibilités, encouragements tout au long des différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également les membres de jury de l'honneur qu'ils nous ont attribué d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail **Mr. MIMECHE Fateh**, en qualité de président de jury et **Mr TELLACHE Slimane**, entant qu'examineur.

Nos remerciements à tous nos enseignants qui nous ont assurés et permis d'acquérir des connaissances et qui ont contribués à notre formation, nos ingénieurs de laboratoire du département des Sciences agronomiques, sans oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# *Dédicace*

Comme il est beau pour une personne de donner ses biens les plus précieux, et le plus beau est de donner le plus précieux au plus précieux.

C'est le fruit de mes efforts que je récolte aujourd'hui, c'est un cadeau que je dédie à :

Mon cher père, que dieu le protège

Ma chère Maman que l'accorde longue vie.

Tous mes frères, sœurs et amis.

A mon soutien dans la vie aussi à mon présent travail; ma sœur la précieuse  
Asma.

**HABIB SOUMIA**

## *Dédicace*

Comme il est beau pour une personne de donner ses biens les plus précieux, et le plus beau est de donner le plus précieux au plus précieux.

C'est le fruit de mes efforts que je récolte aujourd'hui, c'est un cadeau que je dédie à :

Mon cher père, que dieu le protège.

Ma chère Maman que dieu lui accord longue vie.

Mon cher mari kamal.

Et mon cher fils Adam.

**GUESMIA Warda**

# Table des matières

Dédicaces  
Remerciements  
Liste des tableaux  
Liste des figures  
Liste des abréviations

## Sommaire

	Page
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1: Recherche bibliographique</b>	
1.1 Définition du sol	3
1.2 Composition du sol	3
1.3 Propriétés physiques du sol	4
1.3.1 Texture du sol	4
1.3.1.1 Définition de la texture	4
1.3.1.2 Détermination texturale (par utilisation du triangle textural)	7
a) Propriétés des sols à texture sableuse...	7
b) Propriétés des sols à texture argileuse	7
c) Propriétés des sols à texture limoneuse	8
1.3.2 Structure du sol	8
1.3.3 Porosité du sol	10
1.3.3.1. Définition de la porosité d'un sol	10
1-3.3.2 Importance de la porosité du sol	11
1.3.3.2 Types de porosité des sols...	11
1.4. Propriétés chimiques du sol	12
1.4.1 pH du sol	12
1.4.2 Capacité d'échange cationique (CEC ou T)	13
1.4.3 Conductivité électrique (CE) et la salinité des sols	14
1.5 Propriétés biologiques du sol	14
1.5.1 Carbone organique du sol	14
1.5.2 Azote dans le sol	15
1.5.3 Rapport C/N	15
1.5.4 Matière organique dans le sol	16
1.5.5 Faune du sol	16
1.5.5.1 Microfaune (taille <0.2mm)	17
1.5.5.2 Mésofaune (0.2mm<taille <4mm)	17
1.5.5.2 Mésofaune (0.2mm<taille <4mm)	17
1.5.5.4 Mégafaune (80mm<taille)	17
<b>Chapitre 2: Présentation du milieu physique de la zone d'étude</b>	
2.1 Introduction	19
2.2 Situation géographique de la zone d'étude	19
2.3 Les composantes naturelles de la région d'étude	19
2.3.1 Les caractéristiques climatique...	19
2.3.1.1 La Température	20
2.3.1.2 Les précipitations	21
2.3.1.3 Le vent	22

2.3.1.4 L'humidité	23
2.3.1.5 Evapotranspiration	24
2.3.1.6 Les indices climatiques	25
a) Indice annuel de De Martonne (Ia)	25
b) Indice xérothermique de Bagnouls et Gausson (Ix)	26
c. Quotient pluviothermique et le Climagramme d'Emberger	27
2.3.1.7 Topographie	29
2.3.1.8 Ressource Hydriques et irrigation	30
2.2.1.9 La végétation	30
2.3.1.9 L'agriculture	30
2.3.7 Production Animale 2.3.8. Matériels de travail du sol	32
2.3.8 Matériels de travail du sol	32
2.3.9 Ressources pédologiques	32
2.4 Conclusion	34

### **Chapitre 3: Methodologies de travail**

3.1 Choix de la région d'étude	35
3.2 Période de prélèvement et échantillonnage du sol	36
3.3 Les analyses au laboratoire	38
3.3.1 Analyse physiques	38
3.3.1.1 L'humidité résiduelle du sol	38
3.3.1.2 La porosité	38
a) La densité réelle (dr)	38
b) La densité apparent (da)	39
3.3.1.3 L'analyse granulométrique du sol	39
3.1.4.3 Le Ph	40
3.1.4.4 La conductivité électrique	40
3.1.4.5 Le calcaire total (CaCO <sub>3</sub> t%)	41
3.1.4.6 Le calcaire actif	42
3.1.4.7 Le carbone organique et la matière organique	43
3.1.4.8 Le gypse	44

### **Chapitre 4 : Résultats et discussion**

4.1 Présentation des résultats de la description de morphologique et analytiques du premier profil Hammam Dalaa	45
4.1.1 Résultats de la de description morphologique de première profil (P1)	45
4.1.2 Résultats analytiques des horizons du premier profil (P1)	45
4.1.2.1 pH <sub>eau</sub> et pH <sub>KCl</sub>	45
4.1.2.2 La conductivité électrique (CE)	46

4-1-2-3 Calcaire total	47
4-1-2-4 Calcaire actif	47
4-1-2-5 Phosphore assimilable	48
4.1.2.6 La matière organique (MO %)	48
4.1.2.7 Humidité (%)	50
4.1.2.8 La porosité (%)	50
4.1.2.9 Dosage du Cl <sup>-</sup> dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil	50
4.1.2.10 Dosage du Ca <sup>++</sup> dans la solution du sol des six (6) horizons du profil P1	51
4-1-2-11-Carbonate et bicarbonate dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil	51
4.1.2.12 Le gypse	51
4.1.2.13 Résultats de l'analyse granulométrique des sols du profil P1	51
4.2 la description morphologique et analytique du deuxième profil de Hammam Dalaa	53
4.2.1 la description morphologique du deuxième profil	53
4.2.2 analytiques du deuxième profil	
4.2.2.1 pH <sub>eau</sub> et pH <sub>kel</sub>	53
4.2.2.2 Conductivité électrique des horizons du deuxième profil	54
4.2.2.3 Calcaire total	55
4.2.2.4 Calcaire actif	55
4.2.2.5 Phosphore assimilable	55
4.2.2.6 La matière organique (MO %)	56
4.2.2.7 Humidité (%) des horizons du profil P 2	56
4.2.2.8 La porosité (%)	57
4.2.2.9 Dosage du Cl <sup>-</sup>	57
4.2.2.10 Dosage du Ca <sup>++</sup> dans la solution du sol de chacun des 4horizons de P2	58
4.2.2.11 Les Carbonates et bicarbonate	59
4.2.2.12 Le Gypse	59
4.2.2.13 Analyse granulométrique des horizons de P2	59
<b>Conclusion générale</b>	<b>61</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>62</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	

## Liste des Tableaux

### Chapitre 1

<b>Tableau 1.1:</b> Classification des constituants du sol selon Atterberg et les sédimentologues	4
<b>Tableau 1.2 :</b> Classes granulométriques des sol en fonction des diamètre des particules	4
<b>Tableau 1.3:</b> Classes granulométriques des sol en fonction des diamètre des particules	5
<b>Tableau 1.4:</b> Degrés de développement organique et la possibilité décompléter le sol avec de l'azote	16
<b>Tableau 1.5:</b> La faune du sol (ordre de grandeur par famille)	17

### Chapitre 2

<b>Tableau 2.1</b> Moyenne mensuelle des températures moyenne en °C pendant la période (2006-2016) de la zone de Hammam Dalaa (après extrapolation)	20
<b>Tableau 2.2:</b> Précipitation moyenne mensuelle en mm pendant la période (2006-2016) de la zone de Hammam Dalaa (après extrapolation)	20
<b>Tableau 2.3:</b> Evapotranspiration mensuelle moyenne (en mm ) de la région d'étude (2006-2016)	24
<b>Tableau 2.4:</b> Paramètres et résultats du calcul de l'indice d'aridité (Ia) pour la zone d'étude (Hammam Dalaa)	26
<b>Tableau 2.5:</b> Classification des climats selon l'indice de De Martonne	26
<b>Tableau 2.6 :</b> Paramètres et résultats du calcul du quotient pluviométrique pour la zone d'étude	29
<b>Tableau 2.7:</b> Nombre de puits de la commune de hammam dalaa (D.S.A, 2022)	30
<b>Tableau 2.8:</b> Ouvrages de stockage des eaux par commune Hammam Dalaa	30
<b>Tableau 2.9:</b> La répartition des surfaces irriguées dans la commune de Hammam Dalaa	30
<b>Tableau 2.10:</b> Répartition des végétations par commune Hammam Dalaa	31
<b>Tableau 2.11:</b> L'exploitation agricole de la commune Hammam Dalaa	32
<b>Tableau 2.12:</b> La Production végétale de la commune.	32
<b>Tableau 2.13:</b> les différents types d'élevage dans la commune	34
<b>Tableau 2.14:</b> La répartition de matériels de travaux de sol de la commune Hammam Dalaa	34

### Chapitre 4

<b>Tableau 4.1:</b> Résultats des pH <sub>eau</sub> et PH <sub>KCl</sub> des horizons du premier profil	45
<b>Tableau 4.2 :</b> Conductivité électrique des horizons du premier profil (1)	46
<b>Tableau 4.3:</b> Résultats du calcaire total pour chacun des horizons du premier profil	46
<b>Tableau 4.4:</b> Résultats du calcaire actif des horizons du profil P1	47
<b>Tableau 4.5:</b> Résultats de l'humidité du profil (1)	47
<b>Tableau 4.6:</b> Résultats des densités apparentes et densités réelles et aussi de la porosité de chacun des six (6) horizons du profil P1	50
<b>Tableau 4.7:</b> Résultats du dosage du Cl <sup>-</sup> dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil	51
<b>Tableau 4.8 :</b> Pourcentages du gypse dans chacun des horizons du profil P1	52
<b>Tableau 4.9 :</b> Fractions granulométriques des horizons du premier profil	52
<b>Tableau 4.10 :</b> des calculs de pH <sub>eau</sub> et pH <sub>KCl</sub> des horizons du profil P2	53
<b>Tableau 4.11 :</b> obtenus de la conductivité électriques du profil 2	56
<b>Tableau 4.12 :</b> Résultats du calcaire total de chacun des horizons du 2 <sup>ém</sup> profil (P2)	56
<b>Tableau 4.13 :</b> Résultats du calcaire total de chacun des horizons du 2 <sup>éme</sup> profil (P2)	56
<b>Tableau 4.14</b> Résultats obtenus des calculs de la matière organique pour les horizons du profil P2	57
<b>Tableau 4.15:</b> Résultats de l'humidité du profil P 2	57
<b>Tableau 4.16:</b> Résultats des densités réelles et apparentes et aussi	

la porosité des sols du profil (2)	57
<b>Tableau 4.17:</b> Résultats obtenus de dosage du Cl <sup>-</sup> dans les solutions des sols du profil P2	57
<b>Tableau 4.18:</b> Résultats de dosage du Ca <sup>++</sup> dans la solution du sol de chacun des 4 horizons de P2	58
<b>Tableau 4.19:</b> Résultats des carbonates et des bicarbonates au niveau des solutions des sols de P2	58
<b>Tableau 4.20 :</b> Résultats des analyses du gypse pour les 4 horizons de profil P2	59
<b>Tableau 2.21:</b> Fraction granulométrique des horizons du profil 2	59

## Liste des figures

	page
<b>Chapitre 1</b>	
<b>Figure 1.1:</b> Distribution pondérale et volumique des trois phases du sol	4
<b>Figure 1.2:</b> Diagramme de classification détaillée des textures	6
<b>Figure 1.3:</b> Triangle des textures selon l'USDA	6
<b>Figure 1.4:</b> Classification des types des structures des sols	12
<b>Figure 1.5:</b> Description du réseau poreux du sol selon la partition texturale et structurale	15
<b>Chapitre 2</b>	
<b>Figure 2.1:</b> Situation géographique de la commune de HammaDalaa	19
<b>Figure 2.2:</b> Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la zone de Hammam Dalaa pendant la période (2006- 2016)	20
<b>Figure 2.3:</b> Variation moyenne mensuelle des précipitations en (mm) de la zone de Hammam Dalaa pendant la période	22
<b>Figure 2.4:</b> Variations des vitesses moyennes mensuelles de vent en (m/s) de la région de Hammam Dalaa pendant la période	23
<b>Figure 2.5:</b> Humidité moyenne mensuelle en % de la zone de Hammam Dalaa pendant la période (2006-2016).	27
<b>Figure 2.6:</b> Evapotranspiration mensuelle moyenne (en mm) de la région d'étude (2006-2016).	27
<b>Figure 2.7:</b> Positionnement de la zone de Hammam Dalaa dansle Climatogramme d'Emberger pendant la période (2006-2016).	27
<b>Figure 2.8:</b> La superficie agricole dans la région d'étude	29
<b>Figure 2.9:</b> Carte pédologique de la zone du Hodna	30
<b>Chapitre 3</b>	
<b>Figure 3.1 :</b> Situation géographique de la zone d'étude	31
<b>Figure (photos) 3.2:</b> les horizons de profile P1 de la zone Hammam Dalaa (Habib et Guesmia, 2022)	36
<b>Figure (photos) 3.3:</b> Les horizons du profile P2 de la zone de Hammam Dalaa(Habib et Guesmia, 2022)	37
<b>Figure (photos) 3.4:</b> pH mètre (outil de mesure du PH du sol)	40
<b>Figure (photos) 3.5:</b> Conductimètr , outil de mesure de la conductivité électrique	41
<b>Figure (photos) 3.6:</b> Calcimètre de Bernard	41
<b>Figure (photos) 3.7:</b> Titration lors de mesure du calcaire actif des sol analysés (warda et soumia, 2022).	42
<b>Figure (photos) 3.8:</b> Une des étapes de détermination du taux du CO dans nos sols	43
<b>Figure (photos) 3.8:</b> Echantillons de sol avant prélèvement des fraction	45
<b>Chapitre 4</b>	
<b>Figure 4.1:</b> Représentation des résultats du pH <sub>eau</sub> et pH <sub>KCl</sub> des horizons du premier profil	46
<b>Figure 4.2:</b> Valeurs des conductivités électriques des horizons du premier profil (P1) de Hammam Dalaa	47
<b>Figure 4.3:</b> Pourcentages du phosphore assimilable (en ppm) dans les horizons du profil P 1	48
<b>Figure 4.4:</b> Taux de matière organique (%) des horizons du profil (p1)	48
<b>Figure 4.5:</b> Résultats de l'humidité des horizons du premier profil (P1) de Hammam Dalaa.	49
<b>Figure 4.6:</b> Résultats de la porosité des horizons du profil (P1)	50
<b>Figure. 4.7:</b> Valeurs des Cl <sup>-</sup> (meq/L) dans chacun des horizons du premier profil.	51

<b>Figure 4.8:</b> Valeurs du $\text{Ca}^{++}$ dans la solution du sol de chacun des horizons de P1.	<b>51</b>
<b>Figure 4.9:</b> Représentation des résultats du $\text{pH}_{\text{eau}}$ et $\text{pH}_{\text{kcl}}$ des horizons du deuxième profil	<b>53</b>
<b>Figure 4.10:</b> Valeurs des conductivités électriques des horizons du profil 2	<b>54</b>
<b>Figure 4.11 :</b> Taux du phosphore assimilable (en ppm) dans les horizons du profil P2	<b>56</b>
<b>Figure 4.12:</b> Résultats de la porosité des horizons du profil 2	<b>56</b>
<b>Figure. 4.13:</b> Valeurs des $\text{Cl}^-$ des horizons du profil P2.	<b>57</b>
<b>Figure. 4.14:</b> Valeurs des $\text{Ca}^+$ des horizons du profil P2.	<b>58</b>
<b>Figure 4.15:</b> Résultats obtenus des carbonates et bicarbonates dans les horizons du profil (P2)	<b>59</b>

## Liste des abréviations

**A:** Argile.

**Ca<sup>+2</sup>** : Calcium

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

**CE:** conductivité électrique.

**CEC:** Capacité d'échanges cationiques.

**Cl** : chlore

**da:** densité apparent.

**Dr:** densité réelle.

**dS/cm:** déci-siemence par centimètre.

**FAO:** Food Agricultural Organisation.

**H:** Horizon.

**H (%)**: Taux d'humidité.

**L:** Limon.

**Lt:** Limon tota

**IB:** Indice de battance.

**LF:** Limon fin.

**LG:** Limon grossier.

**meq/l:** milli équivalent par litre.

**MO:** Matière Organique.

**P:** Précipitation (mm).

**P(%):** Pourcentage de porosité.

**Pe:** Poids d'eau.

**pH:** Potentiel hydrique.

**pH eau:** Acidité actualité.

**pH kcl:** Acidité totale.

**Ps:** Poids de terre sèche de l'échantillon.

**Rs:** Résidé sec.

**S:** Sable.

**P:** Profil ( P1: première Profile et P2: deuxième Profile).

**Sf:** Sable fin.

**SG:** Sable grossier.

**T:** Capacité d'échange cationique.

**T(C°):** Température.

**T.Max:** Température maximale.

**T.Min:** Température minimale.

**V (K/H):** Vent.

**Vs:** Volume occupé par la matière solide.

**Vt:** Volume totale.

**Vv:** Volume de vide.

**E:** Est.

**N:** Nord.

**C:** Carbone.

**ETP:** Évapotranspiration potentiel

**µm :** micro mètre

**% :** pourcentage

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

**Cm :** centimètre.

**D.S.A :** Direction des Services Agricole.

**g/cm<sup>3</sup> :** gramme sur centimètre cube.

**GEPPA :** Groupe D'étude des Problèmes de Pédologie Appliquée.

**M :** Température le mois le plus chaude en Kelvin.

**m :** Température le mois le plus froid en Kelvin.

**m/s :** mètre par seconde

**Q :** Débit.

**Q2 :** le quotient pluviométrique d'Emberger. •

---

**Introduction**

**générale**

---

### Introduction générale

L'Algérie est consciente de l'importance de la sécurité et de l'autosuffisance alimentaires et de l'importance de développer l'agriculture et de réunir toutes les conditions nécessaires à sa réussite. Que parmi les plus importants la vraie connaissance de ces sols et leurs potentialités agricoles

Les sols en Algérie se caractérisent par la présence des types nombreux et variés sur lesquels il est possible de planter de nombreux types de plantes et d'arbres d'une manière dont le pays bénéficie.

Les sols du Nord diffèrent de ceux du Sud et la région des plaines et des plateaux différents aussi.

M'Sila est considérée comme une zone d'étude actuelle de point de vue agronomique. C'est une zone agricole réputée pour sa culture de différents types des cultures. Pour la céréaliculture par exemple, les habitants de la zone de Hammam Dalaa s'intéressent à son amélioration et à l'augmentation de ces rendements ainsi que d'autres types des cultures. Tout ça est conditionné en premier lieu des vraies connaissances des propriétés de ces sols ; et c'est l'objectif principal de cette étude.

Pour se faire, notre travail est organisé en quatre chapitres précédé par une introduction générale et finalisé par une conclusion générale. Il s'agit des chapitres :

**Chapitre 1;** consacré à la présentation des principales définitions et notion sur le sol et ses propriétés.

**Chapitre 2;** dans lequel on explique la situation géographique ainsi que la caractérisation géologique, hydrogéologique, climatique et pédologique de la zone d'étude.

**Chapitre 3;** vise à la détermination des méthodes de prélèvement ainsi que ceux des analyses au laboratoire.

**Chapitre 4;** dans lequel on présente les résultats des analyses des paramètres physiques et chimiques des horizons des deux profils étudiés, avec des explications , discussion et dans certains cas des interprétation des résultats trouvés.....

Et enfin une conclusion dans laquelle on propose les solutions au plus graves pproblèmes ou entrainées rencontrées pour les sols étudiée de la zone de Hammam Dalaa.

---

***CHAPITRE 1 :***

**Recherche bibliographique**

---

### 1.1 Définition du sol :

Le terme sol est utilisé lorsqu'on considère la surface en tant que support, pour l'agriculture. C'est la couche de terre labourée, la couche arable la couche sous-jacente considérée est comme le sous-sol.

Le sol est le siège de certains phénomènes essentiels pour le développement et la croissance des racines des végétaux cultivés. Le pédologue tend à préférer le terme de couverture pédologique au sein de laquelle il distingue des unités différentes ; l'idée de sol implique celle d'une succession de couche. un sol est « issu » d'une roche mère ou repose « sur » un substrat (Vilain, 1997).

Chaude et Lecle (1999), définissent le sol comme un composite granuleux multicouche, qui se développe sur une roche mère. Il est constitué de minéraux issus de la décomposition de la roche mère, et de matériaux organiques issus de la décomposition des tissus et des organismes morts. Les deux processus de décomposition sont en interaction continue et réalisent un équilibre aboutissant à un sol d'épaisseur et de composition globale déterminées. Le résultat est influencé par la pluviométrie et par les vents, qui introduisent une contrainte mécanique sur l'équilibre global.

Selon Halitim, (1988), de point de vue pédologique, le sol est un milieu complexe dynamique et capable d'individualité propre.

Dokoutchaiev (1883), fut le premier à concevoir le sol comme une entité spécifique, constituée par une superposition de couches, qui ont constitué les éléments de base des diverses classifications et études des systèmes pédologiques.

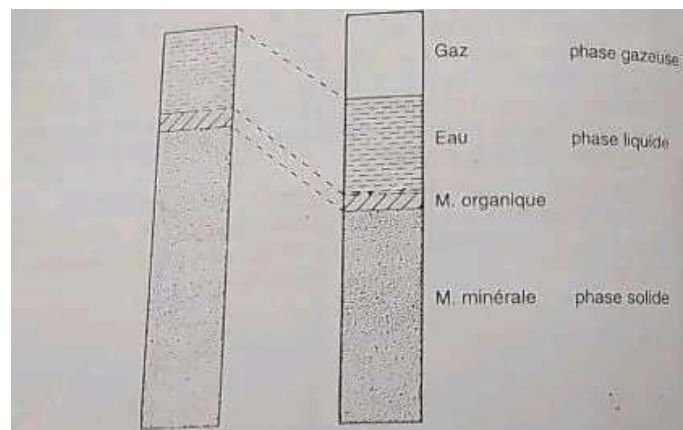
D'après Heller et al, (1993), le sol est la source presque exclusive de l'eau et des sels minéraux indispensables pour le végétal.

Le sol est l'interface d'échange dynamique à la surface du globe entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la géosphère. Il présente la particularité de lier intimement l'organique et le minéral, ce qui lui confère émergeant, dépassant la simple addition des propriétés géologiques et biologiques (Gobat et al, 2010).

### 1.2 Composition du sol

Le sol se compose de trois phases ; une phase solide (la terre ou matériau terreux renfermant des constituants minéraux et organique), une phase liquide et phase gazeuse (Vilain, 1997)

Leurs proportions varient d'un sol à un autre;elles dépendent des conditions climatiques,biologiques et culturelles. Les phases liquide et gazeuse sont complémentaires et la distribution centésimale (figure 1.1) diffère selon qu'elle est appréciée en masse ou en volume, dans ce dernier cas elles dépendent de l'état du sol.



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

### 1.3 Propriétés physiques du sol :

#### 1.3.1 Texture du sol :

##### 1.3.1.1 Définition de la texture :

Pour Heller *et al*, (1993); Helaunois *et al*, (2009), la texture est le diamètre moyen des particules du sol, ou la composition granulométrique.

Les fractions granulométriques sont de l'ordre de trois. Les sables qui sont généralement siliceux, forment de grains de quartz et résistent et subsistent longtemps, les limons, comme les sables proviennent de la désagrégation physique des roches et enfin les argiles granulométriques considérées comme fraction inférieure à 2 micromètre et sont formés en majeure partie de l'argile minéralogique (Henin *et al*, 1976).

De même Halitim, (1988), expliqua qu'on peut aussi définir la texture comme un facteur déterminant de la fertilité des sols puisqu'elle influence les propriétés physiques (économie en eau et en air, structure, perméabilité, résistance à l'érosion ect ...) et chimiques (capacité des échanges) des sols.

Après détermination précise des pourcentages du sol en argile, sable et limon, l'utilisation du triangle texturale est primordiale pour déduire notre texture.

D'après Prevost, (2006), le triangle textural ne prend en compte que les fractions granulométriques (S, A et L); cependant, certains éléments comme le calcaire et la matière organique peuvent influencer fortement les propriétés du sol lorsque leur taux deviennent élevés. Il existe plusieurs triangles texturaux tel que celui de JAMAGNE et aussi de GEPPA. La dénomination textural permet de définir la texture du sol mais elle n'est pas insuffisante pour connaître ces propriétés (Henin, 1976).

D'après Henin, (1976), la terminologie des constituants du sol est mentionnée au (tableau 1.1), il adonner la terminologie pour Atterberg et celle des sédimentologues.

**Tableau 1.1** : Classification des constituants du sol selon Atterberg et les sédimentologues

Diamètres des éléments (en mm)	Diamètres des éléments(en mm)		Diamètres des éléments(en mm)
	Normale	Subdivisions	
<0.002 0.002-0.02 0.02-0.2	Argile Limon Sable fin	<0.0005 Argiles très fine 0.0005-0.002 Argile grossière 0.02-0.05 limon grossière	Pélites
0.2-2	Sable grossier	0.05-0.2	Arénites
2-20>20	Graviers Cailloux		Rudites

Source: (Henin,1976).

Selon Ramade, (2003), il existe plusieurs classification granulométrique des éléments constitutifs des roches meubles, des sédiments (utilisée en géologie) et des sols (pédologique); celles-ci diffèrent entre elles par les limites de dimension qu'elles fixent entre les diverses catégories d'éléments

**Tableau1.2** :Classification granulométrique des éléments minéraux des sols

Eléments	Classification géologique et hydrologique	Classification pédologique (écologique)
Cailloux	> 16mm	> 20mm
Graviers	2 à 16mm	2 à 20mm
Sables grossiers	0.5à 2mm	0.5 à 2mm
Sable moyens	0.25 à 0.5mm	50µ à 0.5mm
Sables fin	0.06 à 0.25m	20µ à 50µ
Limons	2µ à 60µ	à 20µ
Argile	< 2µ	< 2µ

Source : (Ramade, 2003).

Baize (2000), classe les éléments constitutifs du sol en fonction des diamètres en argiles, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier (pour la terre fine) et graviers et cailloux pour la terre grossière dite aussi refus ou éléments grossiers (tableau 1.3).

**Tableau1.3:** Classes granulométriques des sol en fonction des diamètre des particules

	Terre fine				Terre grossière	
Classes	Fraction argileuse	Fraction limoneuse	Fraction sableuse		Graviers	Cailoux
	Argiles	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers		
Diamètres des particules	2um	2-20 um	50-200 um	200-2000 um	2-20 mm	20 mm

BAIZE (2000)

**1.3.1.2. Détermination texturale (par utilisation du triangle textural) :**

La composition granulométrique permet de déterminer la texture globale d'un sol, en se référant à un diagramme textural. Cette classification texturale regroupe les sols en classes ayant des comportement et des propriétés communes.

La représentation ou détermination texturale, permet de définir la tendance du sol (c'est une simple indication) et elle est insuffisante pour connaître les propriétés exactes et détaillées de ce sol (HENIN *et al*, 1976; HALITIM, 1988 et PREVOST, 2006).

Le triangle de référence est le triangle rectangulaire ou le triangle équilatéral dans la quelle représentation s'appuie sur le fait quasi, dans un triangle équilatéral, ou même un point, des parallèles aux cotés, la somme des distance interceptés sur les coté est égale au côté dutriangle. On procède de la manière suivante

\*Chaque côté du triangle est divisé en 100 parties égale un coté du triangle attribué à l'argile, un autre aux limons et le troisième aux sables, la somme de leurs pourcentage respectifs est égale à 100.

\*L'intérieur du triangle est divisé en cases, chacune d'elles représentant un type granulométrique de sol caractérisé par les proportions d'un ou deux éléments dominants (Figures1.2 et 1.3).

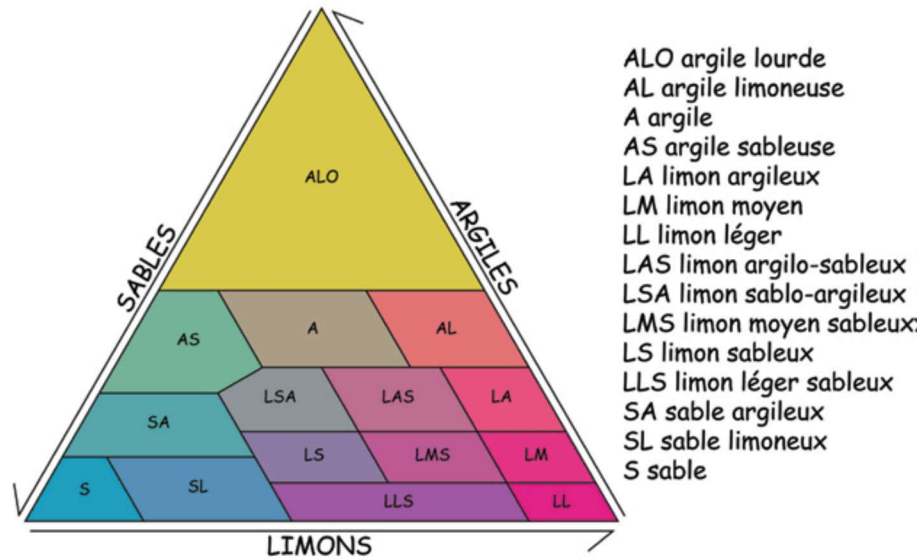


Figure 1.2: Diagramme de classification détaillée des textures (Jamagne, 1977)

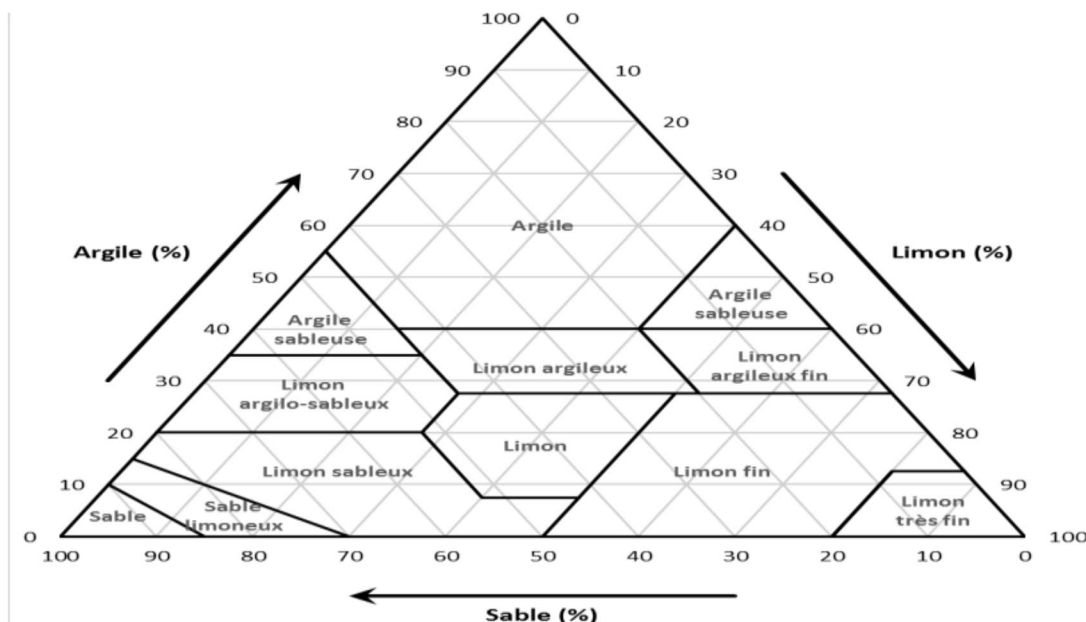


Figure 1.3: Triangle des textures selon l'USDA (USDA, 1954)

Selon **Rabah, (1983)**, la texture de la terre fine est partagée entre 6 classes du triangle textural de l'U. S. D. A. Ces classes sont par ordre d' importance ;

- ✓ Limono-sableux (Ls) = 39% de l'ensemble des volumes du triangle.
- ✓ Limoneux (L) = 27 % de l'ensemble des volumes du triangle.
- ✓ Limono-argilo-sableux (Las) = 17 % de l'ensemble des volumes du triangle
- ✓ Argilo-sableux (As) = 6 % de l'ensemble des volumes du triangle.
- ✓ Argilo-sableux (As) = 6 % de l'ensemble des volumes du triangle.
- ✓ Argileux (A) = 6 % de l'ensemble des volumes du triangle.

- ✓ Sablo-limoneux (Sl) = 6 % de l'ensemble des volumes du triangle.

### 1.3.1.3 Propriétés des sols en fonction de leurs textures :

Selon **Halitim, (1988)**, la discussion des propriétés physiques et chimiques des fractions granulométriques isolés sont à la compréhension du rôle principal des particules d'un certain diamètre, mais elles ne constituent qu'une discussion théorique, car les sols naturels ne se composent que très rarement d'une seule fraction granulométriques.

**Heller et al,(1993)**, confirment que la texture du sol joue son rôle dans d'autres propriétés physiques telles que sa compacité, sa porosité, qui préside à la plus ou moins grande facilité de pénétration des racines et à la circulation de l'air et de l'eau.

Ainsi La texture conditionne directement la structure du sol, sa porosité et son régime hydrique (**Gobat et al, 1998**)

#### a- Propriétés des sols à texture sableuse

**Halitim (1988)**, explique que les propriétés des sols à texture sableuse sont essentiellement déterminées par les propriétés des sables, fraction granulométrique prépondérante. Ils peuvent être subdivisés en deux catégories :

- ✓ Terres sableuse: l'élément prépondérant est les sables grossiers.
- ✓ Terres sablonneuses: la fraction prépondérant est sable fin.

Tous les sols à texture sableuse se distinguent par leur faible cohésion (la teneur en Argile qui ne dépasse plus 15%, est très faible pour qu'elle puisse produire ou exercer une influence notable et remarquable sur la cohésion).

Les sols à texture sableuse sont dits terres légères se travaillent donc facilement.

La capacité de rétention en eau des sols sableux est réduite, mais la part de l'eau assimilable par les plantes est relativement grande en comparaison aux terre riche en argiles. La vitesse d'infiltration pour les sables grossiers est grande. Généralement, les sols à texture sableuse sont pauvres en éléments nutritifs et présentent une faible capacité d'échange cationique et anionique.

#### b-Propriétés des sols à texture argileuse

En général, les sols à texture argileuse possèdent des propriétés diamétralement opposées aux propriétés des terres légères. Leurs état physique est très défavorable tandis qu'ils sont des sols riche et fertiles du point de vue chimique (**Halitim et al, 1978**).

Ces sols se caractérisent par une cohésion d'autant plus forte que la teneur en argile est élevée. A cause de la cohésion considérable ils sont tenaces et collants à l'état mouillé et dur

à l'état sec. Ils se laissent donc difficilement travailler et le temps de travail est très limité. Ces terres sont dites lourdes (**Halitim, 1988**).

Ajoutant aussi les propriétés suivantes :

- ✓ Les pores ont des dimensions réduites. Par la suite la perméabilité à l'eau et à l'air est limitée.
- ✓ La minéralisation de la matière organique est entravée. La quantité de l'eau est élevée, mais

L'eau se retient si fortement qu'une grande partie de l'eau se trouve à l'état inassimilable pour les plantes.

Ces sols s'échauffent lentement et restent mouillés long temps après une période pluvieuse. Quand ils dessèchent ils sont très durs (**Halitim, 1988**).

En générale ces sols sont riches en éléments nutritifs et leur pouvoir d'adsorption est très élevé. Mais cette règle n'est pas toujours valable (cas des sols tropicaux).

### **c-Propriétés des sols à texture limoneuse**

Ces sols à texture limoneuse ou silteuse sont dits battants, à cause de leur faible cohésion et de leur perméabilité réduite, ils sont extrêmement susceptibles à l'érosion par l'eau de ruissèlement (**Halitim, 1988**).

Les réserves de ces sols en élément nutritifs sont très grandes, mais ce rôle favorable des limons dans les sols est composé par les propriétés physiques défavorables. Dans ces sols la qualité d'agrégats, les particules intermédiaires (limons) ne sont pas doués de propriétés colloïdales, elles ne jouent donc aucun rôle utile à ce point de vue. Mais elles sont suffisamment fines pour permettre un colmatage des pores grossiers et une diminution considérable de l'aération et de la perméabilité et pauvre en matière organique (**HALITIM et al, 1978; HALITIM, 1988**).

#### **1.3.2. Structure du sol :**

Dans la littérature scientifique, plusieurs définitions de la structure du sol sont retenues, les plus importantes à citer sont:

Selon **Gobat et al, (1995)**, la structure est un état du sol, variant à court terme, par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture 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.

C'est en effet; l'appréhension de cette dernière qui permet utilement le diagnostic des grandes tendances du fonctionnement physique du sol ou de son comportement mécanique probable (**Guerif, 1990**).

La structure d'un sol est l'assemblage des différents constituants physiques du sol à un moment donné (**Pasquier, 2010**).

La structure peut être simplement définie, comme étant la manière dont sont disposées les particules du sol les unes par rapport aux autres (**Henin, 1976; Musy et Soutter 1991**).

D'autres définitions font intervenir en plus de la disposition spatiale, la nature et l'intensité des liaisons établies entre les particules constitutives du sol (**Manichon, 1982; Stengel, 1990**).

Les particules du sol, auxquelles il est fait référence dans les deux définitions précédentes, peuvent être simplement des particules primaires (sables, graviers) donnant naissance à un agrégat millimétrique. Comme elles peuvent aussi se présenter sous une forme plus complexe, résultant de l'agglomération des particules primaires et donner naissance à des assemblages décimétriques et parfois métriques (**Tessier et al, 1996**).

Selon **Heller et al, (1993); Calvet, (2003)**, la structure est l'agencement des constituants du sol.

**Chossat (2005)**, expliqua qu'il existe différents types de structure dans les sols :

\*Structure particulaire, lorsqu'il n'existe pas de ciment ou que celui-ci en quantité insuffisante pour créer des agglomérats, les éléments du squelette ne sont plus associés entre eux, la nomenclature emprunte ses termes à la granulométrie pour les éléments minéraux : poudres, sable, graviers, galets... et à la forme pour les éléments organiques: feuillets, fibres.

\*Structure agrégées massives ou continues, si les forces de cohésions sont continuées et relativement isotropes, il n'existe plus d'interfaces. On les distingue par la diminution des particules élémentaires contenues dans la pâte. La nomenclature emprunte ses termes à la pétrographie (ainsi par exemple a-t-on le type « grès » ou le type «poudingue» et à l'aspect des éclats que l'on peut obtenir ainsi cà anguleux ou « émoussés »).

Selon **Prevost, (2006)**, on distingue trois principales classes des structures des sols (**figure. 1.4**)

- ✓ **La structure particulaire** : les éléments sont peu reliés entre eux mais seulement juxtaposés;
- ✓ **La structure fragmentaire**: les éléments structuraux sont bien individualisés;
- ✓ **La structure continue**: la terre se présente sous forme de masse compacte sans fissurations nettes.







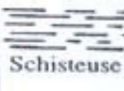

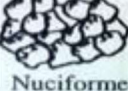




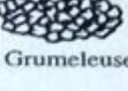

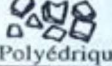
Classes	Continue	Fragmentaire			Particulaire
		Philliteuse	Anguleuse	Arrondie	
G r o u p e s	 Ciment	 Squameuse	 Prismatique	 Massive	 Cendreuse
	 Grès	 Schisteuse	 Columnnaire	 Nuciforme	 Sableuse
	 Poudingue	 Laminaire	 Cubique	 Grumeleuse	 Graveleuse
			 Polyédrique		

Figure 1.4: Classification des types des structures des sols (Prevost, 2006)

Henin, (1976), fait intervenir en plus de la forme des éléments structuraux, leur constitution. Il définit trois classes: particulaire, massive et fragmentaire. Ces classes sont définies en fonction des forces et des modes d'agencement des particules entre elles.

D'autres auteurs font relier chaque type structural à une origine pédo-génétique (Duchaufouere, 1956 cité par Dridi, 1989).

Selon (Zakhrov, 1927 cité par Dridi, 1989), on peut classer les éléments structuraux selon leurs formes en éléments cubiques, prismatique et aplatis.

### 1.3.3 Porosité du sol :

#### 1.3.3.1. Définition de la porosité d'un sol :

CHOSSAT, (2005), la porosité est la conséquence du mode d'assemblage des constituants du sol, c'est une de ses caractéristiques essentielles. Cette porosité est constituée par tous les vides qui sont laissés entre les particules élémentaire, ainsi que par des vides qui se créent entre les agrégats et ceux qui proviennent d'activités biologiques.

RAMADE (2003), expliqua que la porosité peut se définir comme la proportion du volume des lacunes par rapport au volume totale.

Selon (Bonin, 2006), on appelle porosité le rapport du volume occupé par les pores/volume de terre en place (égale au volume occupé par les pores + volume de la phase solide), elle s'exprime en pourcent. De l'ordre de 80% pour les horizons supérieurs des tourbes par exemple, 60 à 70% pour les horizons grumeleux et 40 à 50% pour un horizon éluvial sableux.

Selon (Eluard et Jean, 1978), la porosité s'exprime en pourcentage par la formule :

$$P (\%) = (1 - (d_a/d_r)) \times 100.$$

Avec :

$d_a$  (densité apparent) = (poids de l'échantillon sec / volume totale de l'échantillon).

$d_r$  (densité réelle) = (poids de l'échantillon sec / volume du solide).

D'après (HILLEL, 1984; PREVOST, 2006), la porosité est définie comme le rapport du volume de l'espace poral  $V_p$  au volume  $V_t$  du sol en place ou volume apparent. Le volume  $v_{pse}$  détermine par différence entre le volume du sol en place et le volume des constituants Solides  $v_s$ .

D'où la formule de la porosité :

$$\text{Porosité} = V_p/V_t = (V_t - V_s)/V_t = 1 - V_s/V_t$$

On l'exprime en général en %:

$$\text{Porosité \%} = V_p/V_t \times 100$$

La porosité du sol se mesure à partir des densités du sol:

\*La densité réelle ( $d_r$ ), qui représente la masse volumique des éléments solides du sol (de l'ordre de 2,6 g/cm<sup>3</sup>). La formule de la densité réelle est :

$$d_r = P_s / V_s$$

Sachant que:  $P_s$  est le poids du solide et  $V_s$  est le volume solide.

\*La densité apparente ( $d_a$ ), correspond à la masse volumique du sol en place ; elle est variable selon la nature et l'état structural du sol ; elle peut varier de 0,8 à 2 g/cm<sup>3</sup> (mais sa valeur moyenne est de 1,3 g/cm<sup>3</sup>).

La formule de la densité apparente est :

$$d_a = P_s / V_t$$

Tel que:  $P_s$  est le poids solide et  $V_t$  est le volume totale.

De ce fait, la porosité (en%) est égale à:

$$P(\%) = d_r - d_a / d_r \times 100$$

### 1-3.3.2 Importance de la porosité du sol :

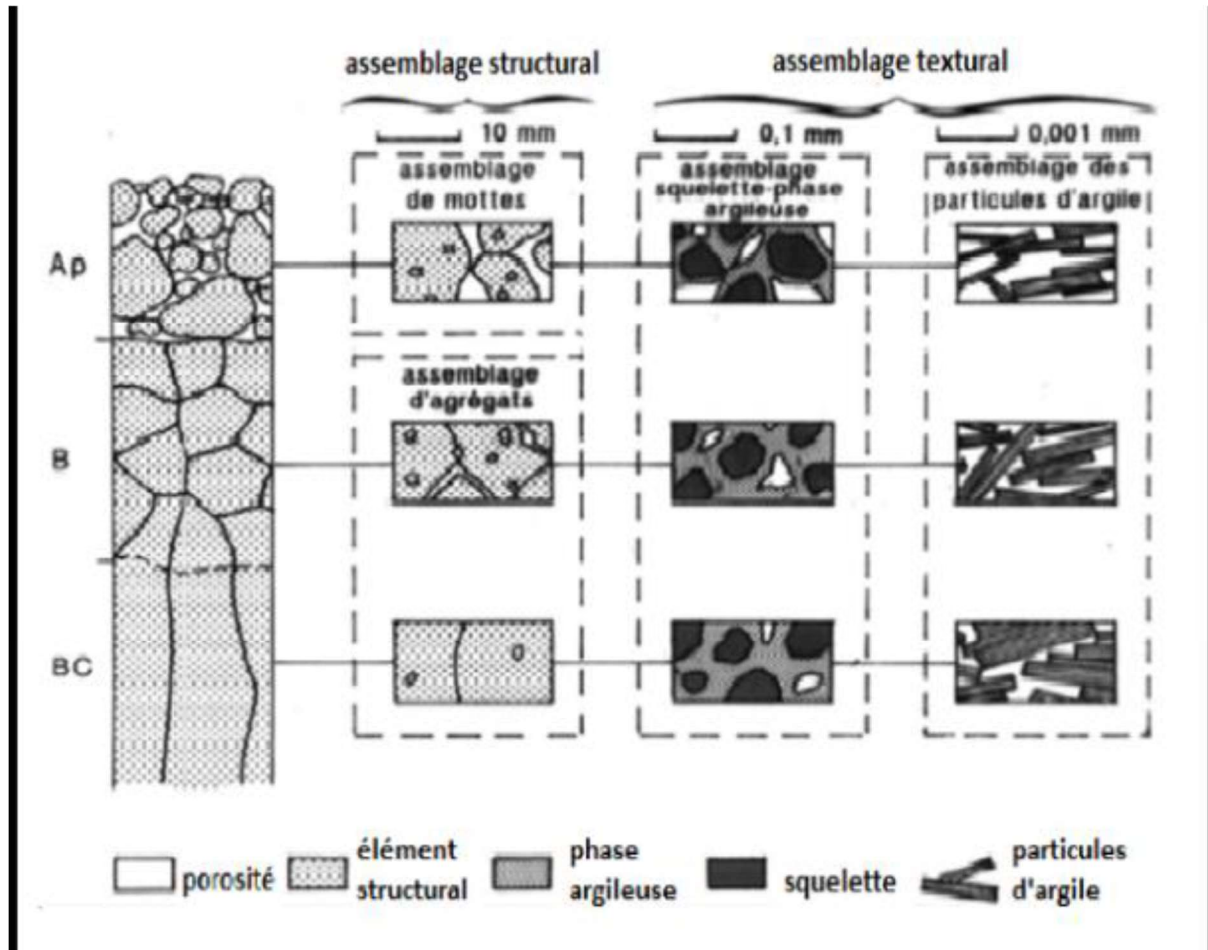
Ramade, (2003), expliqua que le rôle de la porosité d'un sol est essentielle aussi bien pour assurer le développement des plants supérieures que celui de la microflore et de la faune édaphique.

La porosité texturale joue un rôle essentiel dans la rétention de l'eau du sol et des échanges avec les racines des plantes (Henin, 1990; Chossat, 2005).

Elle joue aussi un rôle important dans les échanges hydriques et gazeux, ainsi que dans le développement racinaire (Lahlou et al, 2005).

### 1.3.3. 3 Types de porosité des sols :

Plusieurs classifications de la porosité ont été adoptées dans la littérature. Elles divisent la porosité du sol en plusieurs classes en se basant sur deux principaux critères; l'origine et la taille des pores (**Figure. 1.5**)



**Figure 1.5 :** Description du réseau poreux du sol selon la partition texturale et structurale (Bruand et Tessier, 1996 in Cousin, 2007).

## 1.4. Propriétés chimiques du sol :

### 1.4.1 pH du sol :

D'après **Chaude et al, (1999)**, le pH est fortement influencé par la roche mère, la composition de la litière joue aussi un rôle en particulier à travers son rapport C/N. Souvent l'abondance en  $\text{Ca}^{++}$  est corrélée à un pH neutre ou légèrement basique. Le  $\text{Mg}^{++}$  lui aussi relève le pH.

Le pH exprime la réaction acide, neutre ou basique d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions  $\text{H}^+$  libres en solution. Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. Ces 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 plus acides et 8 pour les terres très basiques (**Prevost, 2006**).

### 1.4.2 Capacité d'échange cationique (CEC ou T) :

**Giasson et Jaouich, (2008)**, expliquent que la capacité d'échange cationique est déterminée par le déplacement des cations échangeables ou par un cation indicateur (utilisé pour la saturation des sites d'échanges).

Les cations qui sont le plus souvent mentionnés dans un rapport d'analyse de sol sont les suivants: le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{++}$ ) et le calcium ( $Ca^{++}$ ). Certains rapports indiquent aussi l'hydrogène ( $H^+$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). Les cations sont des ions d'éléments nutritifs chargés positivement.

La CEC est une caractéristique très importante à déterminer dans toute étude des sols et en agronomie. Elle est en effet, reliée au comportement des cations et de ce fait est une indication intéressante pour l'étude des processus pédologiques qu'il s'agisse de pédogenèse ou de nutrition minérale des végétaux (**Calvet, 2003**).

### 1.4.3 Conductivité électrique (CE) et la salinité des sols :

Cette propriété exprime approximativement la concentration des solutés ionsables, cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs des charges électriques augmentent.

La présence d'ion en solutions est à l'origine d'une conductivité électrique; c'est pourquoi cette propriété est utilisée pour caractériser les sols.

Plus la quantité des sels dissous est grande et plus la CE de la pâte saturée est grande généralement, la CE s'exprime en mmhos/cm ou déci siemens/mètre à une température de 25°C (**Calvet, 2003**).

Pour (**Robert, 1996**), la conductivité électrique des sols est la principale propriété chimique qui caractérise le sol, par rapport à une roche mère qui en est le plus souvent dépourvue

Selon **Mathieu et Pielain, (2003)**, la CE d'une solution de sol est un des indices les plus importants à prendre en considération lors d'une caractérisation des sols en particulier ceux des zones arides et semi-arides.

Plus la quantité des sels dissous est grande et plus CE de la pâte saturée est grande généralement, la CE s'exprime en mmhos/cm ou déci siemens/mètre à une température de 25°C (**CALVET, 2003**).

D'après **Mathieu et Pielain, (2003)**, la CE d'une solution de sol est un des indices les plus importants indiquant la salinité et la teneur en sels solubles. Elle exprime approximativement la concentration des solutés ioniques stables. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait

que la conductance (inverse de la résistance électrique) d'une solutions'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs des charges électriques augmentent. Les sels les plus fréquents sont ceux à base de sodium, gypse et calcaire qui exercent les effets suivants sur les sols :

- ✓ **Le Sodium**, en excès dans le complexe absorbant du sol, peut dégrader la structure. Ces sols à structure diffuse sont souvent dénommés sols à alcali ou sodique (**Aubert, 1983**).
- ✓ **Le gypse**, est généralement admis qu'en petites quantités, le gypse a un effet favorable sur les propriétés fonctionnelles des sols et la croissance des plantes. En sols très argileux et très dispersée, le gypse améliore l'infiltration, diminue l'érosion et augmente la floculation (**Ventura et al, 2001**).
- ✓ **Le calcaire**, les carbonates principalement le  $\text{CaCO}_3$ , apparaissent dans les sols désertiques par des formes variées comme les filaments, les efflorescences, les revêtements, les nodules, ou comme des imprégnations diffuses...etc. Fréquemment, les carbonates s'accumulent à une profondeur spécifique du profil, formant un horizon calcique (**Singer, 1995**).

## 1.5 Propriétés biologiques du sol :

### 1.5.1 Carbone organique du sol :

Le carbone organique du sol provient des végétaux, des animaux et des résidus microbiens pendant tous stades de décomposition (**Post et Kwon, 2000**).

**Epron et al., (2006)**, a expliquer que l'accumulation nette de carbone dans le sol résulte de la différence entre les intrants de la matière organique du sol (la litière, les exsudats racinaires et le turnover racinaire) et les carbones perdus par la respiration des microorganismes pendant la décomposition des matières organiques et par le transport du carbone organique dissous par écoulement d'eau (**Figure 1.6**).

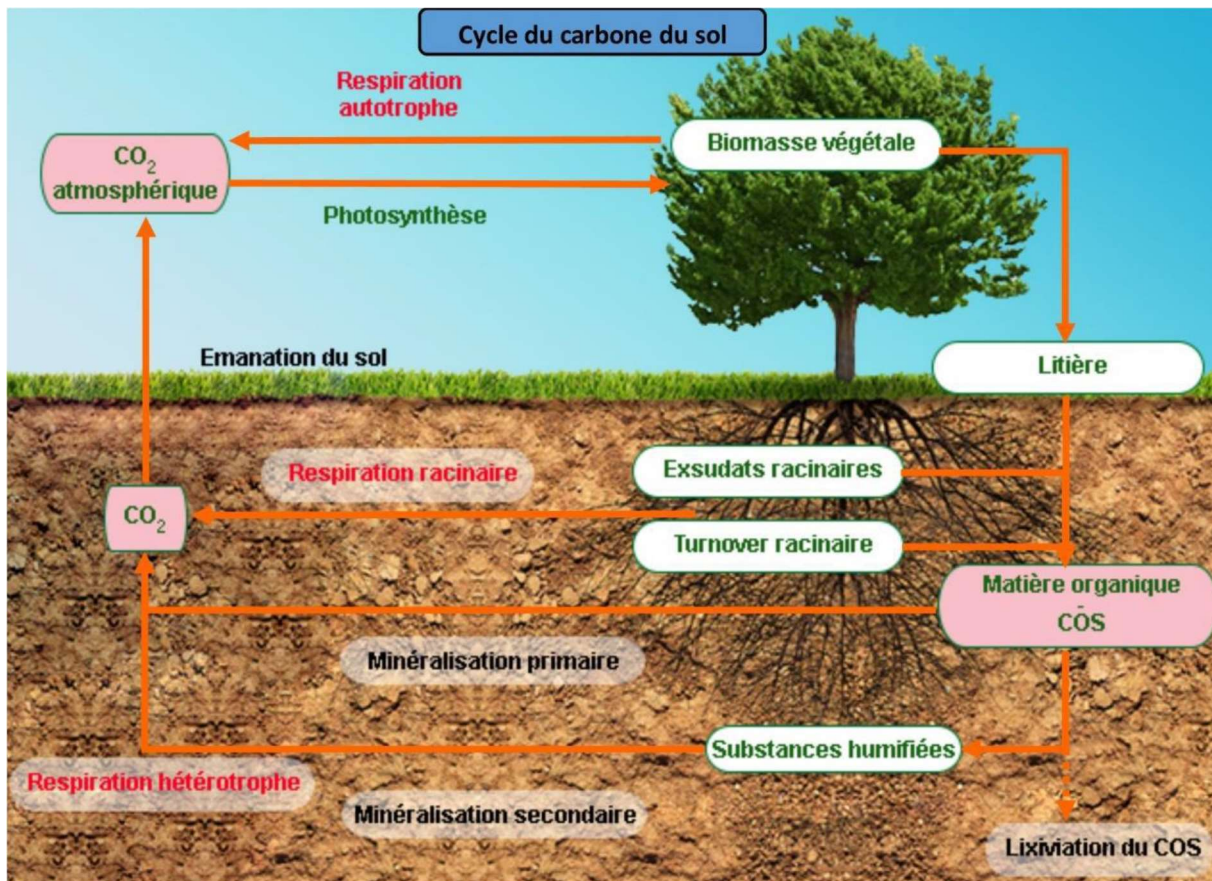


Figure 1.6 : Cycle du carbone organique du sol (Rabearison, 2019).

### 1.5.2. Azote dans le sol :

C'est un élément chimique important utilisé par les plantes, c'est aussi le quatrième composant de la masse végétale et il est utilisé dans la production de molécules métaboliques telles que les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle (Epstein cité par Bado, 2002).

### 1.5.3. Rapport C/N :

LCA, (2008), dans le (tableau 1.4) fournit des données sur le degré de développement organique et la possibilité décompléter le sol avec de l'azote.

**Tableau 1.4** :Degrésde développement organique et la possibilité décompléter le sol avec de l'azote

6	8	9	10	11	12	14	>14
Très faible	Faible	Normal			Légèrement élevé	Élevé	Très élevé
Sol à décomposition rapide de la matière organique		Bonne décomposition de la matière Organique			Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique		

Source: (LCA, 2008)

#### 1.5.4 Matière organique dans le sol :

On connaît toute l'importance que présente l'humus du point de vue physicochimique et biologique dans les sols.

Les matières humiques peuvent être définies comme "des complexes colloïdaux,relativement stables et résistants à l'action microbienne, qui se minéralisent à leur tour mais beaucoup plus progressivement que la matière organique fraîche" (Duchaufour, 1983).

D'après Halitim, (1988),une substance organique qui n'a pas de composition spécifique, elle se présente sous la forme de proportions changeante en fonction de son état environnemental ou dans le processus d'hydratation a 'différents stades de développement et de débris organiques purs qui ne se décomposent pas

D'un point de vue physique, chimique et biologique on sait que l'humus est important dans les sols,c'est un complexe colloïdale relativement stable et résistant à l'influence microbienne, qui à son tour minéralise plus que la matière organique(Gobat et al, 1998).

La dégradation de la M.O.F, en particulier les composants peu résistants comme les glucides, les protéines et les acides aminés. Ainsi que les lipides et les acides nucléiques.

Si elle est totale, les produits de transformation sont des cations, des anions et des molécules simples (Koull,2007).

#### 1.5.5 Faune du sol :

Ils vivent dans l'eau contenue dans les pores suffisamment grands pour les abriter.Il existe trois forme de faune ;

### 1.5.5.1 Microfaune (taille <0.2mm)

Ils vivent dans l'eau contenue dans les pores suffisamment grands pour les abriter.

### 1.5.5.2 Mésofaune (0.2mm<taille <4mm)

Elle comprend des microarthropodes : acariens, collemboles, déclores, protozoaires, petits myriapodes, à cela s'ajoutent des nématodes de grande taille et des enchytréides (Calvet, 2013)

### 1.5.5.3 Macrofaune (4mm< taille< 80mm)

Les espèces épigées sont localisées près de la surface du sol, tandis que les espèces endogées vivent en profondeurs et que les espèces anéciques se déplacent dans tout le profil du sol. La biomasse de vers de terre dépend de la nature du sol, de la végétation, du climat et des pratiques culturales pour les sols cultivés. Elle est de 30g à 100g/m<sup>2</sup>, les petites valeurs étant observées sous les climats froids et tropicaux et les plus élevées dans les milieux tempérés (Lavelle et Spain, 2001 cité par Calvet, 2013).

Les vers de terre représentent probablement la catégorie la plus importante, tant par leur biomasse (plusieurs centaines de kilogrammes /hectare) que par leur rôle dans les processus de transport et de biotransformation se déroulant dans le sol. De nombreuses espèces possédant des caractéristiques physiologiques très variées ont été inventoriées, décrites et réparties en trois groupes écologiques (Bouche, 1972 cité par Calvet, 2013).

### 1.5.5.4 Mégafaune (80mm<taille)

Ce sont les animaux de grande taille (vertébrés, reptiles, amphibiens) qui utilisent le sol comme habitat (Calvet, 2013).

**Tableau 1.5 : La faune du sol (ordre de grandeur par famille)**

		Nombre d'espèces	Taille	Abondance	Biomasse g/m <sup>2</sup>	Fonctions	Régime alimentaire
<b>Mésofaune</b>	Arthropodes inférieurs (collemboles , acariens..)	140	0.2 à 4 mm	2x10 <sup>4</sup> à 4x10 <sup>5</sup> / m	0.2 à 400	broyeurs de feuilles.	résidus de végétaux, algues, champignons
	Enchytréide et bactérie (annélides)	36					Enchytréide et bactéries.

<b>Microfaune</b>	protozoaires	68	0.2m m	10 <sup>3</sup> à 10 <sup>11</sup> / m <sup>2</sup>	6 à >30	microphages consommateurs de colonies	champignons, bactéries, débris organiques,
	nématodes	<b>65</b>	0.1 à 5 mm	106 à 108/ m <sup>2</sup>	1 à 3	bactériennes action de prédation stimulant le renouvellement de la microflore	algues.
<b>Macrofaune</b>	Taupe, hérisson, lombrics, araignées, Myriapodes, Fourmis,.....	11	3 à 30 cm	10 à 103 / m <sup>2</sup>	20 à 400	fragmentation de la matière organique	résidus de végétaux, cadavres
		<b>6</b>	A>1	20 à 700 /m <sup>2</sup>	0.5 à 12.5	+ brassage avec matière minérale	d'invertébrés, champignons et bactéries

Source: (Chaussod, 1996 et Girard et al ., 2005 cités par Calvet, 2013)

---

## **CHAPITRE 2 :**

# **Présentation du milieu physique de la zone d'étude**

---

## 2.1 Introduction :

Le deuxième chapitre a comme objectifs d'étudier, d'identifier et de décrire les composantes naturelles principales de la région de **Hammam Dalaa** ainsi qu'un résumé des secteurs sociaux économique qui sont liés à la production agricole dans la région étudiée

## 2.2 Situation géographique de la zone d'étude :

Hammam Dalaa est située géographiquement entre les parallèles de l'altitude ( $22^{\circ}$ - $34^{\circ}$ ) et les lignes longitudinales ( $4^{\circ}$ - $56'$  et  $5^{\circ}$   $33'$ ). Entre la série d'Atlas Tellien à côté du Nord et la chaîne des montagnes du Hodna à l'Est. Elle est située au Nord-Ouest de la wilaya de M'Sila à 30km.



**Figure 2.1:** Situation géographique de la commune de Hammam Dalaa (Bensaïssa et Boukhane, 2015).

## 2.3 Les composantes naturelles de la région d'étude :

### 2.3.1 Les caractéristiques climatiques :

Selon Legros, (2007); De Parveaux et Huber, (2007), le climat joue un rôle essentiel dans la genèse des sols; sur le comportement des différentes espèces végétales ou animales et impose leurs saires d'expansion maximale. Il règle aussi, au cours des saisons leur cycle de développement.

Le climat est habituellement défini sur une durée de trente 30 ans, mais cette durée est arbitraire et doit être ajustée selon les caractéristiques des changements climatiques, et des méthodes statistiques que l'on utilise à cette fin (Foucault, 2016).

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 du climat on doit tenir compte à la fois de la variabilité interannuelle des événements météorologiques et de leurs fluctuations à long terme (De Parcevaux et Huber, 2007).

**2.3.1.1. La Température :**

Le climat d'une zone est déterminé par l'indice de chaleur, qui joue un rôle important et essentiel dans la transpiration et l'évaporation.

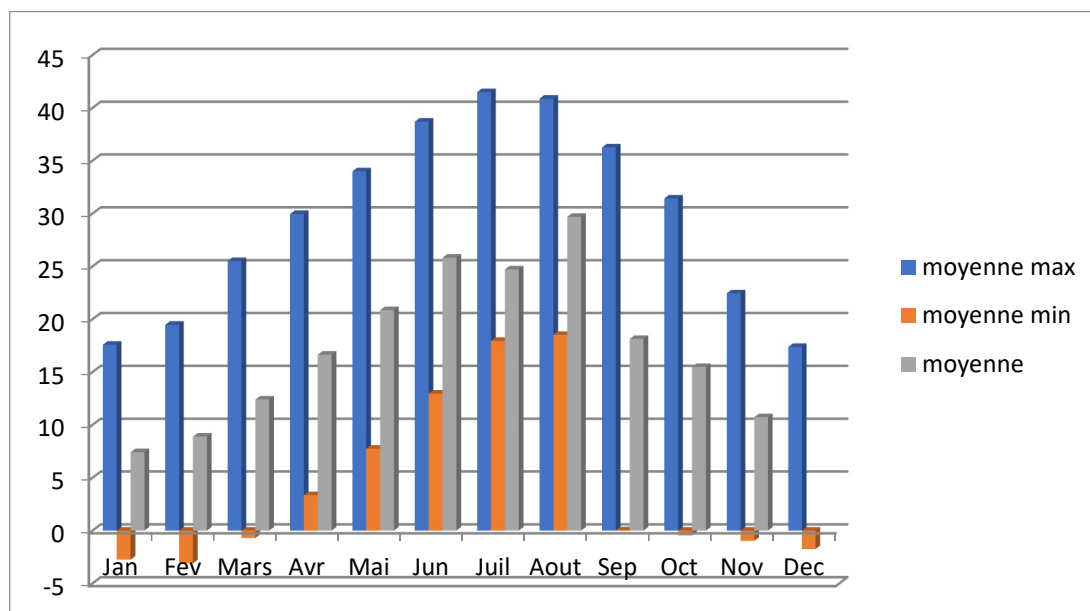
Dan car nous avons collecté des données de la zone météorologique de ghazal pendant unepériode (2006-2016).

Suit à la différence d'altitude entre la station météorologique (de M'Sila) et la zone d'étude (Hamмам Dalaa), on a appliqué la méthode d'extrapolation.

**Tableau 2.1:** Moyennes mensuelles des températures moyennes en °C pendant la période (2006-2016) de la zone de Hamмам Dalaa

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>moyenne max</b>	17,59	19,48	25,51	29,96	34	38,7	41,5	40,88	36,26	31,43	22,45	17,38
<b>moyenne min</b>	-2,75	-3,1	-0,7	3,35	7,75	12,96	17,95	18,52	0,02	-0,46	-0,97	-1,75
<b>Moyenne</b>	7,42	8,9	12,40	16,65	20,87	25,83	27,72	29,70	18,14	15,48	10,74	7,81

Source : SMM,(2022)(après l'extrapolation).



**Figure 2.2 :** Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales de la zone de Hamмам Dalaa pendant la période (2006-2016)(après l'extrapolation).

Pour la zone d'étude et comme nous montrent le (**tableau 2.1** et la **figure 2.2**), la température maximale est enregistrée au mois de **Juillet** avec la valeur de **41.5°C**, alors que celle minimale se rencontre au mois de **Février** avec **- 3.1°C**.

### **2.3.1.2 Les précipitations :**

La pluie (précipitation) est un facteur écologique et climatique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes limniques mais aussi pour d'autres composantes écologiques (**Ramade, 2003**).

Parmi les composantes climatique, le deuxième facteur considéré comme l'un des plus importants pour la caractéristique de climat d'une zone ou d'une région, la pluie (précipitations) celle dernière augmente avec l'altitude et diminue au fur mesure que l'on s'éloigne de la mer (**Abddemadjide, 2016**).

C'est aussi le composant vital le plus important de la photosynthèse (**Ozenda, 1982**).

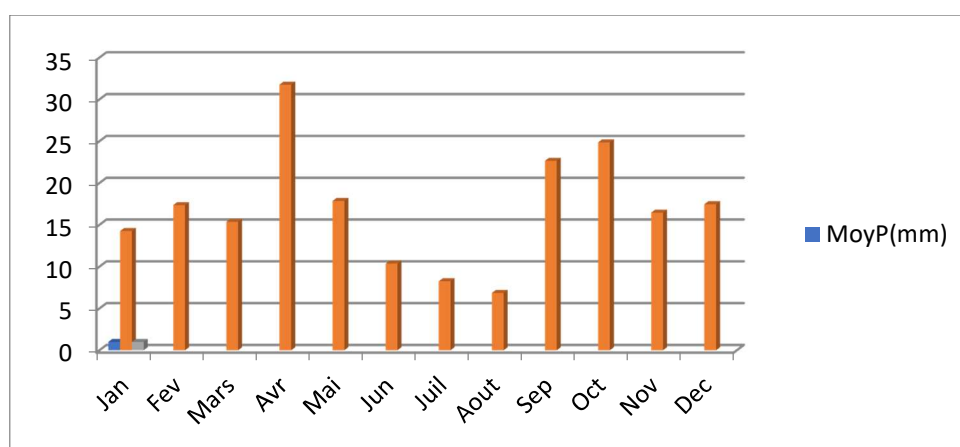
Les Précipitations mensuelles enregistrées dans la région de Hammam Dalaa (de 2006 à 2016) sont mentionnés au (**tableau 2.2**) et à la (**figure 2.3**).

**Tableau 2.2:** Précipitation moyenne mensuelle en **mm** pendant la période (2006-2016) de la zone de Hammam Dalaa.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Moy P(mm)</b>	14.26	17.36	15.36	31.76	17.86	10.36	8.25	6.86	22.66	24.86	16.46	17.46

Source : (S M M après extrapolation des données).

A partir du (tableau 2.2 et la figure 2.3), le mois le plus arrosé est celui d'**Avril** avec une précipitation moyenne mensuelle de **93.3mm**; alors que celui le moins arrosé est **Aout** avec une précipitation moyenne mensuelle de **68.4mm**.



**Figure 2.3:** Variation moyenne mensuelle des précipitations en (mm) de la zone de Hammam Dalaa pendant la période (2006-2016) (après extrapolation des données).

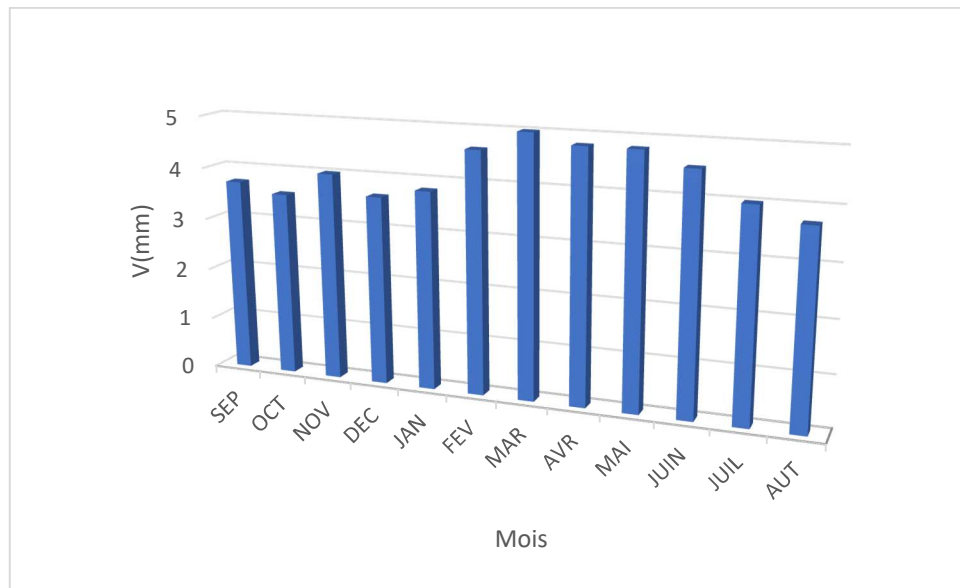
### 2.3.1.3 Le vent :

D'après **Mebarkia, (2011)**, la température, l'humidité, évaporation, la direction du vent sont variables au cours de l'année.

La commune de Hammam Dalaa est caractérisée par deux types de vent dominants:

- Vents d'Ouest et du Nord-Ouest, qui souffle en hiver (froid et humide)
- Vents du Sud sont des vents sirocco soufflant en été (chauds et poussiéreux) (**Mebarkia, 2011**).

La (figure 2.4), montre que la vitesse moyenne du vent de la région d'étude durant la période (2006-2016) varie de **3,54 m/s** au mois d'Octobre à **5 m/s** au mois de Mars.



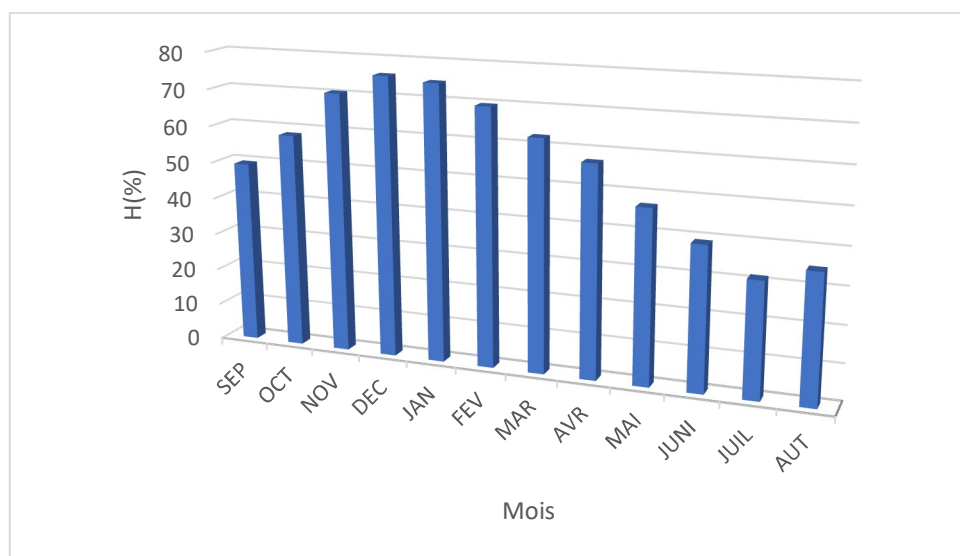
**Figure2.4** : Variations des vitesses moyennes mensuelles de vent en (m/s) de la région de Hammam Dalaa pendant la période (2006-2016).

#### 2.3.1.4L'humidité :

**Baize (2016)**, a défini l'humidité du point de vue pédologique comme une quantité d'eau, exprimée sous la forme d'une proportion pondérale ou volumique, présente à un moment donné dans un certain volume de sol.

L'humidité relative est mesurée en combinant l'humidité absolue de l'air au moment de la mesure à l'humidité absolue nécessaire pour saturer cet air dans la station météorologique (**Hufty, 2001**).

Dans notre cas et en se référant à la (**figure2.5**), on remarque que l'humidité de la région d'étude s'élève durant le mois de Décembre presque égale à **75,81%**, alors qu'moins de Juillet, elle affiche la valeur de **33.45%**



**Figure 2.5:**Humidité moyenne mensuelle en % de la zone de Hammam Dalaa pendant la période (2006-2016).

**2.3.1.5 L'évapotranspiration :**

C'est l'évaporation de l'eau liquide à partir d'une surface quelconque (masse d'eau, sol ou plante) et la transpiration émanant du feuillage des plantes. L'évapotranspiration a une incidence notable sur la vie en affectant les réserves d'eau en surface, dans les sols et dans la biomasse (Anctil et al, 2012).

On la détermine par une formule qui empirique a été créée, on mesure l'évapotranspiration potentielle d'un lieu, c'est a dire la quantité d'eau évaporée d'un sol(Delannoy et al, 2016).

**Tableau 2.3 :** Evapotranspiration mensuelle moyenne (en mm) de la région d'étude (2006-2016)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
ETP	24,9 0	11,2 8	3,33	0,76	0,63	0,92	2,71	7,93	18,5 3	36,8 5	56,9 0	51,7 8

La (figure 2.6) et le (tableau2.3), montrent que la zone étudiée est caractérisée par une faible évapotranspiration avec la valeur maximale enregistrés au mois deJuillet (56,78mm) et la valeur minimale du mois de Janvier (0,63mm).

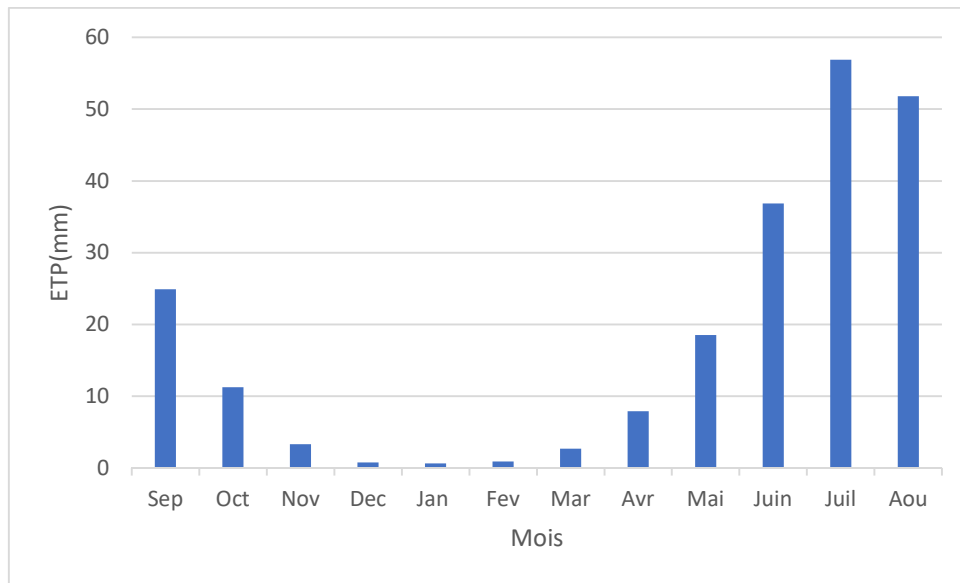


Figure 2.6:Evapotranspiration mensuelle moyenne (en mm) de la région d'étude (2006-2016).

### 2.3.1.6 Les indices climatiques

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. Suivant l'étendue de la zone géographique prise en considération, on est amené à envisager plusieurs échelles du climat (**De Parcevaux et Huber, 2007**)

Les géographes et botanistes, conscients du rôle du climat sur la végétation et sur le sol, se sont appliqués à définir des indices climatiques dont l'objet était de classer les climats du monde de manière simple et opérationnelle (**Legros, 2007**).

#### a) Indice annuel de De Martonne (Ia):

Cet indice caractérise l'aridité du climat d'une région donnée et dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et de la température annuelle en (°C). On le détermine en appliquant la formule suivante :

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

Où :

**P** : précipitation annuelle (mm). **T** : température moyenne annuelle (C°).

Cet indice simple a été largement utilisé par les géographes, il prend des valeurs d'autant plus élevées que le climat est plus humide et l'inverse d'autant plus faibles que le climat est plus sec.

Des (**Tableau 2.4 et 2.5**), et pour une période de vingt ans (2006-2016) et en fonction des valeurs-seuils de cet indice on déduit que la région Hammam dalaa se situe dans l'étage bioclimatique Aride.

**Tableau 2.4:** Paramètres et résultats du calcul de l'indice d'aridité (**Ia**) pour la zone d'étude (Hammam Dalaa)

P (mm)	T(C°)	Ia
233.62	17.64	8.45

**Tableau 2.5 :** Classification des climats selon l'indice de De Martonne:

Valeur de l'indice	Type du climat
0 <I<5	Hyper aride
5<I<10	Aride
10<I<20	Semi-aride
20<I<30	Semi-humide
30<I<50+	Humide

#### b) Indice xéothermique de Bagnouls et Gaussen (Ix)

Est fort connu et utilisé. Il consiste à représenter les températures mensuelles en degrés et les pluviométries mensuelles en cm, en choisissant pour la température une échelle double. Cela permet de repérer facilement, rapidement et très approximativement, les périodes de déficit hydrique et donc de juger de l'aridité d'un climat (**Legros, 2007**)

Selon (**Lebourgeois, 2010**), plus l'aire est importante et plus la saison est sèche (valeur de l'intégrale). On trace généralement les diagrammes Ombrothermique pour repérer les mois "secs" et "humides" et mettre en évidence les périodes de sécheresse d'une localité. Ces diagramme superposent les deux courbes de températures et de précipitation pour les 12 mois de année ce qui permet de définir une aire Ombrothermique

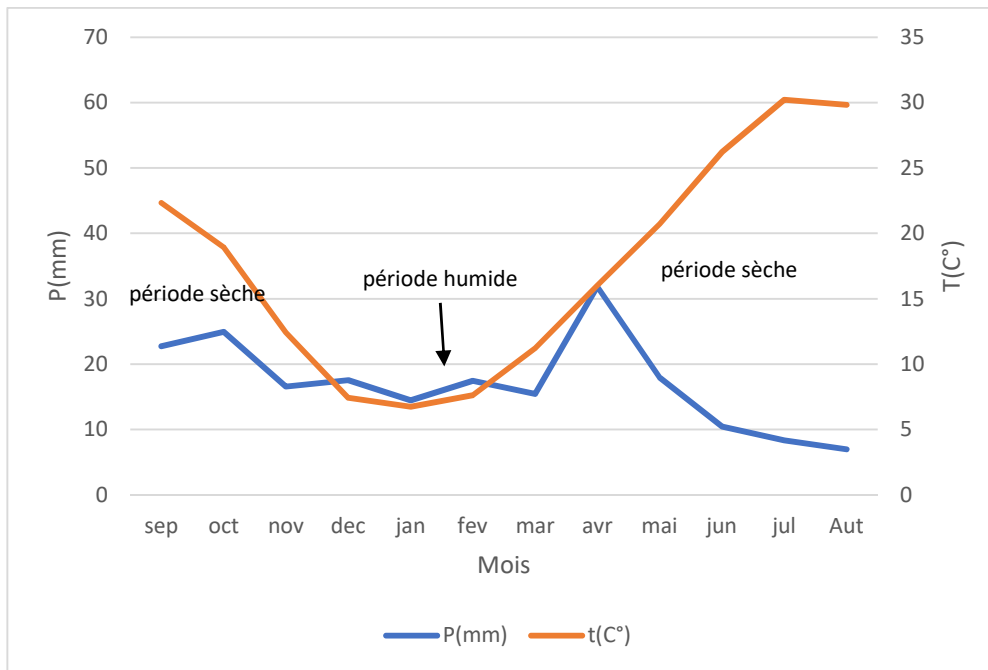


Figure 2.7: Diagramme Ombrothermique de la région d'étude (2006-2016).

La (figure 2.7), montrent que la zone de Hammam Dalaa se caractérise par l'existence de deux périodes :

- Période sèche de la fin de Février Mais jusqu'au mois de Novembre.
- Période humide du fin novembre jusqu'à le début de février.

**c) Quotient pluviothermique et le Climagramme d'Emberger :**

Selon **Lebourgeois, (2010)**, ce **Quotient** correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations (en mm) et les variantes de la température : la moyenne des minimums du mois le plus froid (**m**) et la moyenne des maximums du mois le plus chaud (**M**) :

$$Q2 = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

Avec :

**P**: Précipitation annuelle en mm.

**(M+m)**: Moyenne des températures annuelles.

**(M-m)**: Amplitude thermique extrême en K°.

**M**: Moyenne des maxima du mois le plus chaud en K°.

**m**: Moyenne des minima du mois le plus froid en K°.

**Stewart (1968)**, simplifia la formule précédente en proposant le quotient suivant .

$$Q2 = \frac{3,43P}{M-m}$$

Où :

**M**: Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en Kelvin.

**m**: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en Kelvin.

La (**figure 2.8**) et en se référant aux résultats des calculs mentionnée au (**tableau 2.6**), montre que le climat de la zone de Hammam Dalaa appartient à l'étage bioclimatique aride à hiver froid.

**Tableau 2.6**: Paramètres et résultats du calcul du quotient pluviométrique pour la zone d'étude.

<b>P(mm)</b>	<b>M(K°)</b>	<b>m (K°)</b>	<b>Q<sub>2</sub></b>
<b>62.9</b>	<b>43.8</b>	<b>8.8</b>	<b>6.164</b>

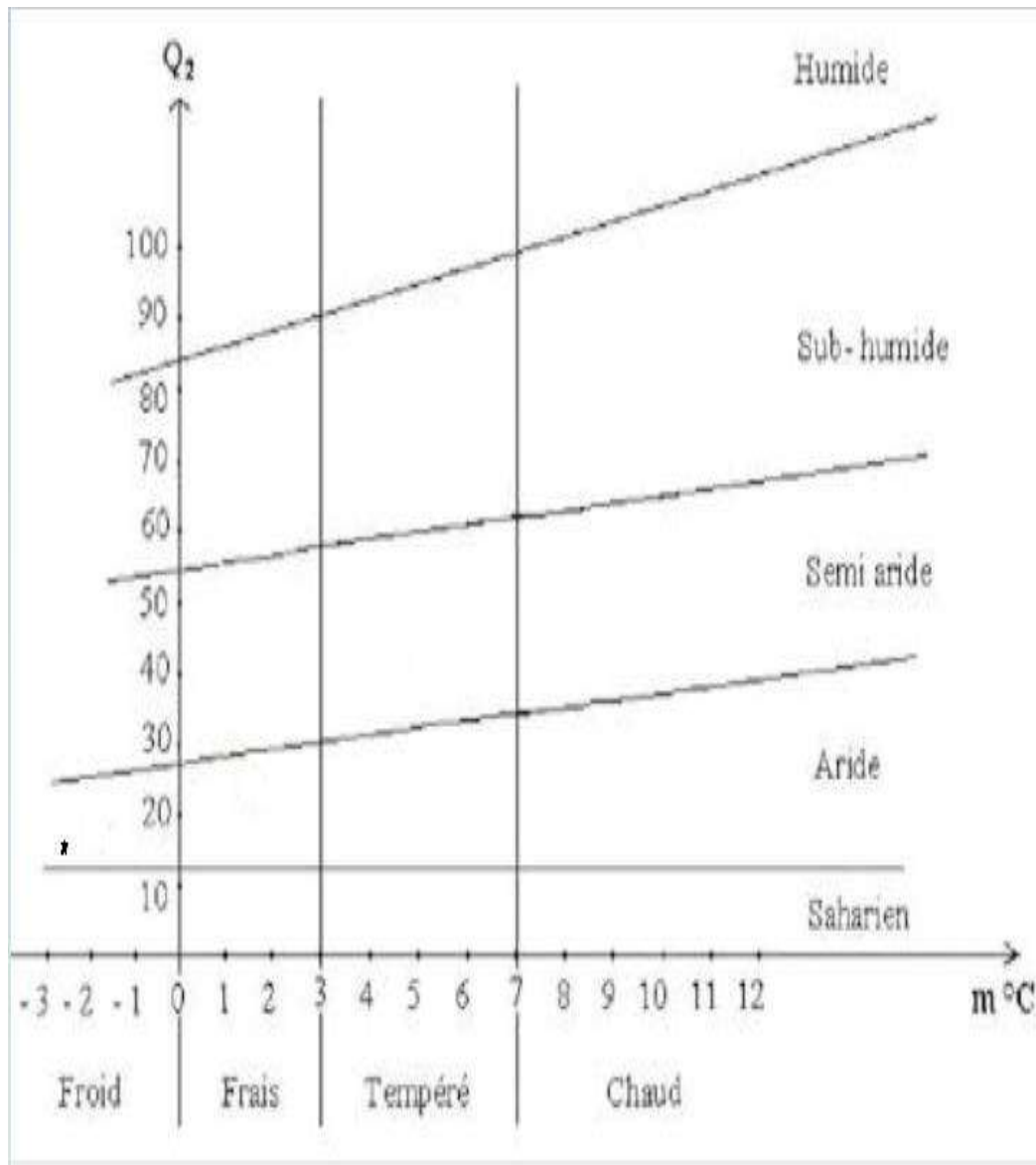


Figure 2.8: Positionnement de la zone de Hammam Dalaa dans le Climatogramme d'Emberger pendant la période (2006-2016).

### 2.3.1.7. Topographie

La commune de Hammam Dalaa positionné sur une zone de hauteur moyenne, parsemé d'une gamme de hautes terres et de zones en pente, en particulier dans les régions du Nord ; la commune peut être divisée en termes d'aspect de la surface en deux parties principales :

- La partie Nord représente les zones montagneuses jusqu'à 1200 mètres d'altitude ;
- La partie Sud correspond aux zones plates, en particulier dans l'extrême Sud, où l'altitude est de 700 mètres au-dessus du niveau de la mer (**mairie de Hammam Dalaa, 2022**).

### 2.3.1.8: Ressource Hydriques et l'irrigation dans la zone de Hammam Dalaa :

Les ressources en eau disponibles se résument aux nappes sous-terraines.

D'après D.S.A, (2022), les puits de la commune de Hammam Dalaa sont représentés par 136 puits dont 106 sont profonds et 30 puits traditionnels.

Le nombre des réservoirs est 16 et les châteaux d'eau sont de l'ordre de quatre (4) pour une capacité 12350 (m<sup>3</sup>) et 700 sur la commune de Hammam Dalaa (tableau 2.7).

**Tableau 2.7:** Ouvrages de stockage des eaux par commune Hammam Dalaa.

Commune	Réservoirs		Châteaux d'eau	
	Nbre	Capacité (m <sup>3</sup> )	Nombre	Capacité(m <sup>3</sup> )
<b>Hammam Dalaa</b>	16	12 350	4	700

Source : (Annuaire Statistique de la wilaya de M'sila, 2020).

En ce qui concerne l'irrigation dans la région de Hammam Dalaa et à partir de (tableau 2.8), la superficie totale irriguée au niveau de la commune de Hammam Dalaa est estimée à 294 (Ha), répartis respectivement en : superficie gravitaire estimée à 270 ha et aspersion à 08ha, Goutte à goutte à 16ha système d'irrigation le plus utilisé dans la région d'étude est par gravité.

**Tableau 2.8:** La répartition des surfaces irriguées dans la commune de Hammam Dalaa .

Communes	Superficies irriguées (Ha)	Gravitaire (Ha)	Aspersion (Ha)	Goutte à Goutte (Ha)
<b>Hammam Dalaa</b>	294	270	08	16

Source : (D. S .A, 2022).

### 2.2.1.9 La végétation :

La végétation de Hammam Dalaa est répartie comme nous montre le (tableau 2.9):

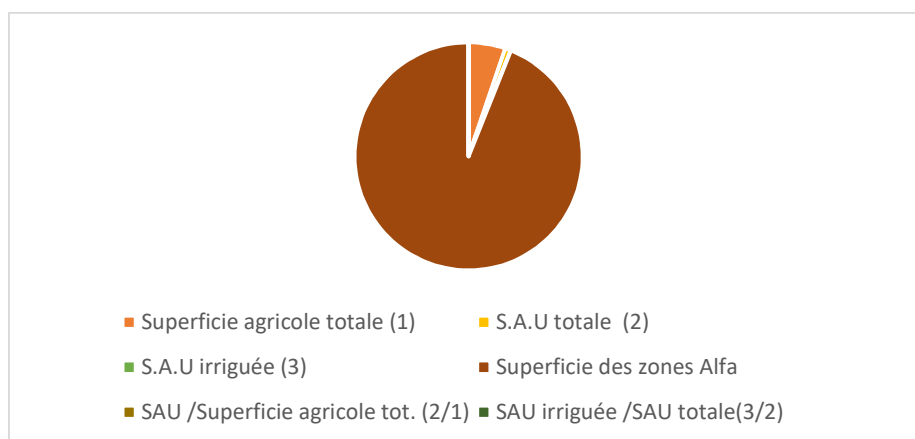
**Tableau 2.9:** Répartition des végétation par commune Hammam Dalaa .

Commune	Superficie		Espèces(arbres)	Nbr de grandes forestiers	Nbre d'Has de forêts par 1garde forestiers	Alfa
	Totale (Has)	maquis (Has)				
<b>Hammam Dalaa</b>	13 883	11 784	Olivier-pin d'Alep	7	1983	1500

Source : (Annuaire Statistique de la wilaya de M'sila, 2020).

### 2.3.1.9 L'agriculture :

Comme c'est mentionnée clairement à la figure 2.9, la zone de Hammam Dalaa a une Superficie agricole totale: 83.07%, S.A.U. totale : 12.93%, S.A.U irriguée (3): 0.66% Superficie des Alfa, SAU/ : 0.00035%, superficie agricole totale: 0.0001%.



**Figure 2.9:** La superficie agricole dans la région d'étude (*Annuaire Statistique de la wilaya de M'sila 2020*).

**Tableau 2.10:** L'exploitation agricole de la commune hammam dalaa.

L'exploitation agricole	Nombre	Superficie(Ha)
L'exploitation agricole individuelle (EAI)	19	287
L'exploitation agricole récupération (APFA)	31	151
L'exploitation agricole privée	1200	5062
Total	1250	5500

Source : (D. S .A,2022).

Le nombre de l'exploitation agricole de la commune hammam dalaa est 1250 dont 19 l'exploitation agricole 31 récupération 1200 spéciaux la plupart est l'exploitation agricole spéciaux

L'agriculture dans la commune de Hammam Dalaa comporte plusieurs types de cultures, notamment la céréaliculture; la culture maraîchères; l'arboriculture fruitière.

**Tableau 2.10:** La Production végétale de la commune.

	Céréales	Cultures maraîchères	Arbres fruitiers
<b>Superficies (Ha)</b>	1700	12.75	1111

Source: (D.S.A, 2022).

- 1700 Ha de céréales dont 700 Ha de blé dur et 1000 Ha d'orge.
- 1111 Ha de Arbres fruitiers dont 15 Ha d'abricotier, 49 Ha Grenade, 30 Ha Figuier, 04 Ha pistache ,1013 Ha d'olivier.
- 12.75 Ha de Maraichères dont 04 Ha d'oignon, 075 Ha Tomate, 04 Ha ail, 03 Ha poivron, 01 Ha carotte.

D'après DSA, (2022), la zone étudiée dépend de la culture des céréales, car le nombre total de céréales cultivées est de 1700 ou il existe différents types de céréales qui en dépend ; blé tendre (0ha), blé dur (700ha), l'avoine (0ha), orge (1000ha).

Il y a des arboricultures fruitières dans la zone de Hammam Dalaa qui en représentent 1111 (Ha) ou l'on trouve abricot (15ha), Grenade (49ha), figue (30ha), pistache (04ha), olive (1013ha).

### 2.3.7 Production Animale dans la zone de Hammam Dalaa :

**Tableau 2.11:** Les différents types d'élevage dans la commune de Hammam Dalaa

Les animaux	Nombre
<b>Bovins</b>	25730
<b>Vaches</b>	347
<b>Caprins</b>	1150
<b>Les chevaux</b>	11
<b>Ecuries</b>	16
<b>Les ruches d'abeilles</b>	284

Source: (D.S.A, 2022).

Cette répartition (**tableau 2.11**), nous permet de déduire que la production des ovins est la plus dominante (25730 têtes) dont (22100 Brebis), 347 têtes de bovins (228 de vaches Laitières), 1150 têtes de caprins (750 de chèvres) et 356800 têtes des poules dont 291500 (Poulés de chair) et 52800 Poules œufs (DSA, 2022.)

### 2.3.8 Matériels de travail du sol :

Le machinisme (tracteurs et accessoires, moissonneuses batteuses.. etc) est très importante dans les travaux de sol, selon la subdivision agricole de **hammam dalaa** les machines utilisées dans la région sont de l'ordre de 176, réparties comme suit (**tableau 2.12**).

**Tableau 2.12:** La répartition de matériels de travaux de sol de la commune Hammam Dalaa.

Les matériels	Nombre
<b>Tracteurs et équipement</b>	168
<b>Machine de récolte et laçon</b>	08

Source: D.S.A.20

### 2.3.9 Ressources pédologiques

Dans notre zone étudiée, nous retrouvons les types de sols suivants notamment (**figure 2.10**) :

- ✓ Sols brun calcaire
- ✓ Lithosols et sols à encroûtement calcaire
- ✓ Siérosems

- ✓ Sols peu évolués alluviaux et
- ✓ Sols à encroûtement calcaire

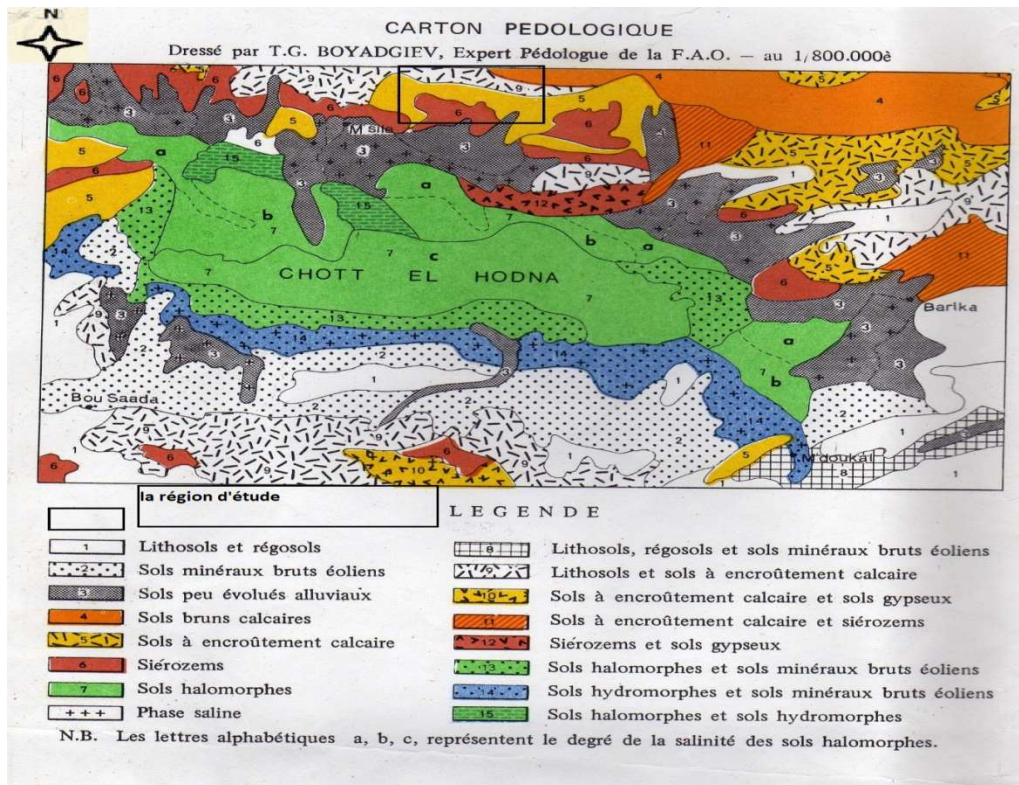


Figure 2.10: Carte pédologique de la zone du Hodna (Le Houerou et al, 1975 in Zedam, 2015).

**CONCLUSION :**

L'étude montre que la zone de Hammame Dalaa a en général d'un potentiel naturel remarquable , qui se traduit par la présence importante de productions agricoles , ainsi que par un climat chaud en été et froid en hiver , en plus de sa stratégie , qui contribue à accroître la production locale dans la région .

---

***CHAPITRE 3 :***

**Méthodologies de travail**

---

### 3.1 Choix de la région d'étude :

Le choix de la région d'étude a pour objectifs la connaissance des potentialités agricoles de ces sols et essai d'identifier les contraintes auxquelles est confrontée le secteur agricole dans cette zone.

On a essayé de déterminer les propriétés des sols en réalisant deux profils (P1) et (P2). Ceux derniers sont situés à la zone du Gtafe (commune de Hammam Dalaa).

\*Profil 1: qui présente une altitude de 749m, une latitude de  $35^{\circ}54'78.7''$  Nord et longitude de  $413^{\circ}56'13.9''$

\*Profil 2: dont l'altitude est de 762m, la latitude de  $35^{\circ}54'88.47.2''$  Nord et longitude de  $413^{\circ}67'82.1''$

La **figure 3.1**, indique l'emplacement exact des deux profils (P1 à la parcelle 1 et P2 à la parcelle 2)

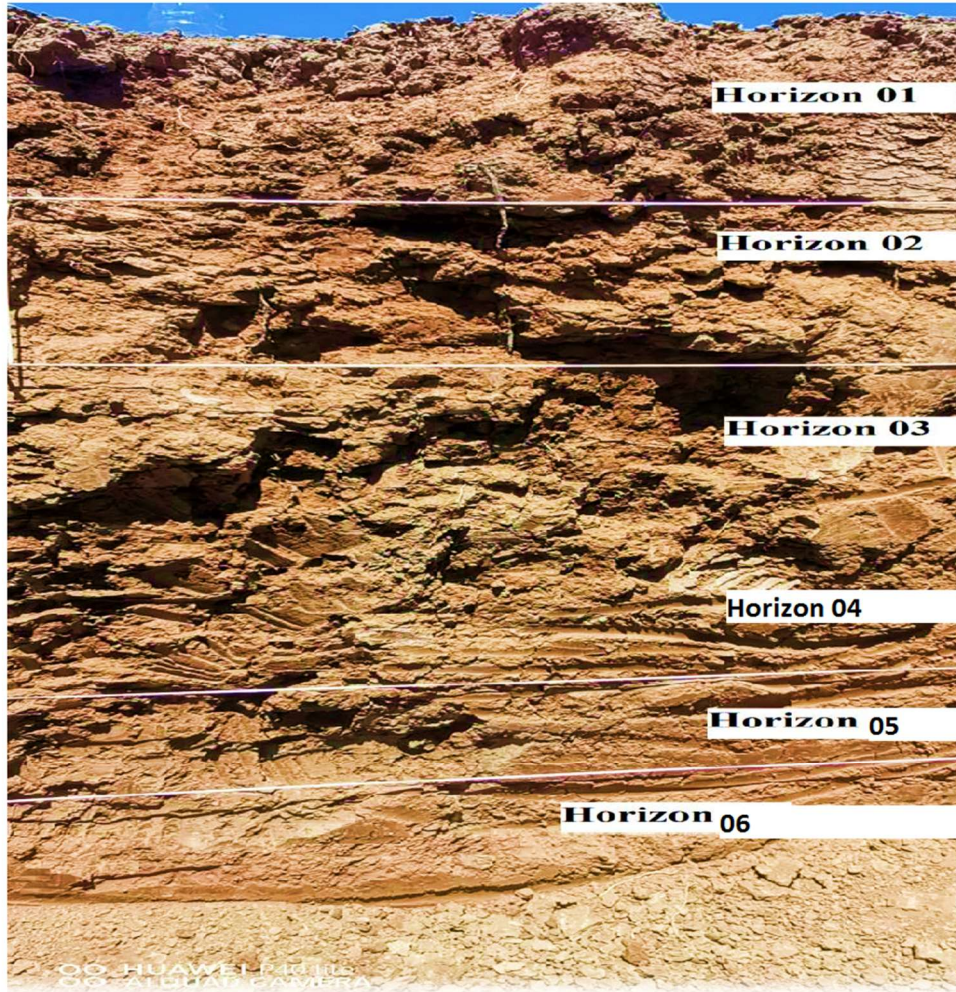


**Figure 3.1** : Situation géographique de la zone d'étude ainsi que nos deux profils étudiés.

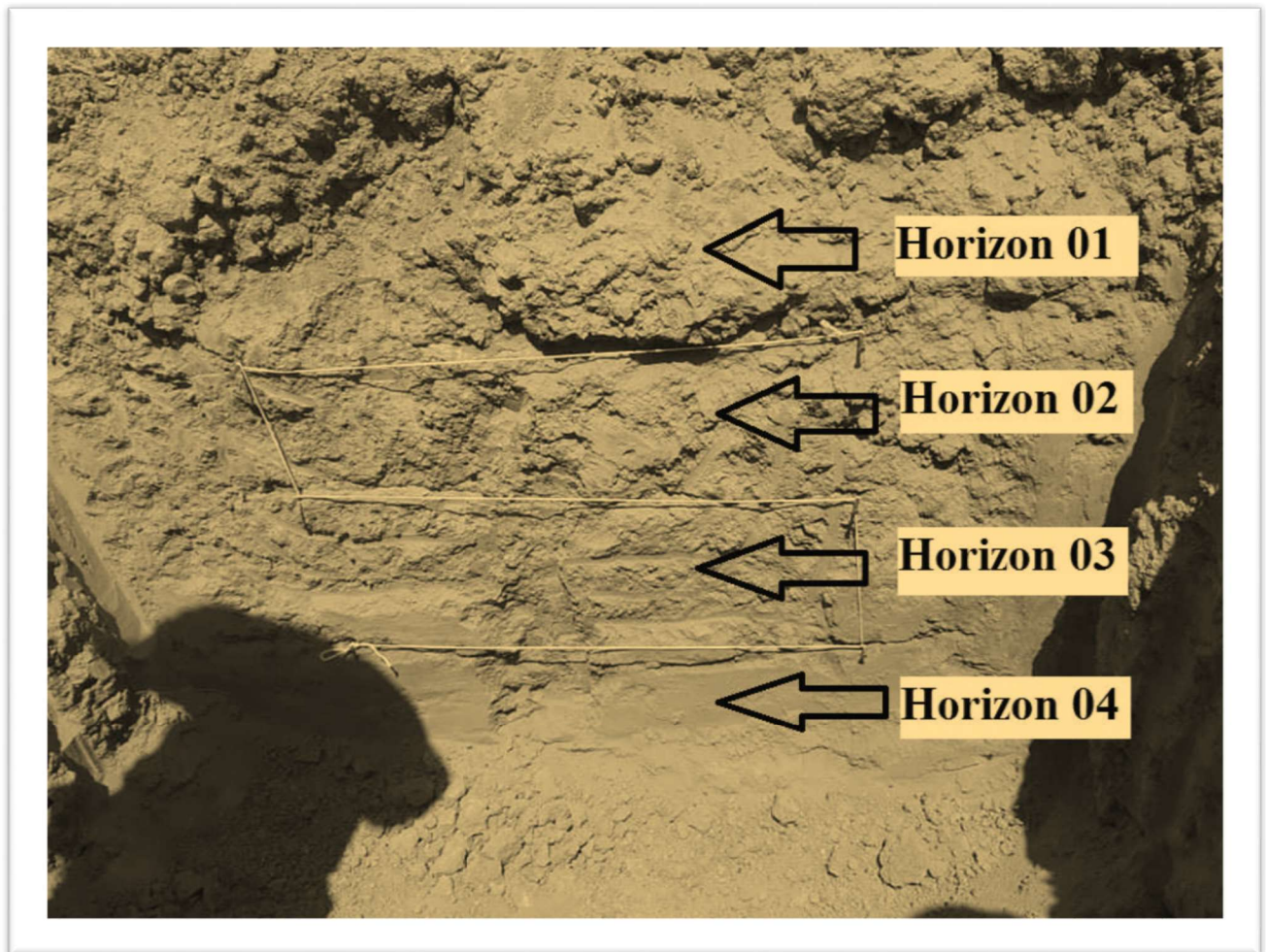
### 3.2 Période de prélèvement et échantillonnage du sol:

Après des sorties de prospection au début du mois de Mars 2022, nous avons creusé les deux profils à l'aide de l'engin (retro-chargeur), puis nettoyé chacun d'eux avec un marteau (pour ne pas fausser les données de la description morphologique des horizons).

Le nombre total des horizons était de l'ordre de dix (10), six (6) pour le premier profil (P1) et quatre (4) du deuxième profil (P2) (**figures 3.2 et 3.3**).



**Figure 3.2:** Les horizons du profil P1 de la zone Hammam Dalaa (photo originale)



**Figure 3 .3:** Les horizons du profile P2 de la zone de Hammam Dalaa (**photo originale**)

Chacun des dix (10) horizons des deux profils ont bénéficiés d'une description morphologique sur terrain, en se basant sur les caractères morphologiques :

Profondeur de chaque horizon, Couleur, texture, structure, porosité, présence ou absence des taches, système racinaire, effervescence à l'HCl.....

Les résultats de cette description sont exposés au chapitre résultats et discussion

Pour le prélèvement des échantillons, on a 3types :

- Echantillons du sol prélevés par cylindre en acier....
- De chaque horizon, presque 1Kgde sol (pour la majorité des analyses physico-chimiques au laboratoire.....
- De chaque horizons une vingtaine de grammes mis dans sachet bien fermé, pour la détermination de l'humidité

### 3.3 Les analyses au laboratoire :

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de pédologie, département des sciences Agronomiques, faculté des sciences à l'Université de M'Sila.

Après séchage à l'air libre (de l'ensemble des échantillons des horizons, une fois les sachets des échantillons sont ouverts on procède à la détermination de l'humidité (avant séchage), on procède à la deuxième étape (broyage) puis au tamisage avec un tamis de 2mm.

On peut envisager les analyses des échantillons étudiées ;analyse physiques, chimiques et biologiques.

#### 3.3.1 Analyses physiques :

##### 3.3.1.1 Humidité résiduelle du sol :

C'est la teneur en eau de l'échantillon; l'humidité d'un échantillon est déterminée par différence de poids. Une prise d'essai (P1) est prélevée et passée à l'étuve à 105°C pendant 24h.

Après 24h, l'eau contenue dans l'échantillon s'évapore, l'échantillon est pesé de nouveau, après avoir laissé le refroidir au dessiccateur, on aura le poids (P2), l'humidité du sol est égale à :

$$H\% = \frac{P1 - P2}{P1} \times 10$$

##### 3.3.1.2 Porosité :

Pour la mesurer la porosité d'un sol, il faut mesurer sa densité apparent (da) et réelle (dr) :

###### a) La densité réelle (dr):

Se base sur le volume d'eau déplacé par une masse connue d'un échantillon de sol dans un volume connu.

Dans notre cas, on l'a mesuré par la méthode pycnométrique ou dite aussi méthode du pycnomètre à eau qui consiste à déterminer :

Le poids du pycnomètre vide ;

Puis, poids du pycnomètre contenant une masse de sol à étudier;

Ensuite le poids du même pycnomètre avec la masse du sol rempli d'eau;

Et enfin le poids du pycnomètre rempli uniquement d'eau

La densité réelle s'exprime par la formule :

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

Sachant que;

**a** = le poids de pycnomètre vide

**b** = le poids de pycnomètre contenant le sol à étudier (15g environ).

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

$d$  = le poids de pycnomètre rempli d'eau.

**b) Densité apparente ( $d_a$ ):**

Des échantillons sont prélevés au moyen d'un cylindre métallique, le sol est séché puis pesé. La densité apparente est variable selon la nature et l'état structural du sol; sa valeur moyenne est de 1.3.

La densité apparente sèche :  $d_a = P_s/V_t$ .

$P$  : le poids sec de la terre, il est obtenu après séchages à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

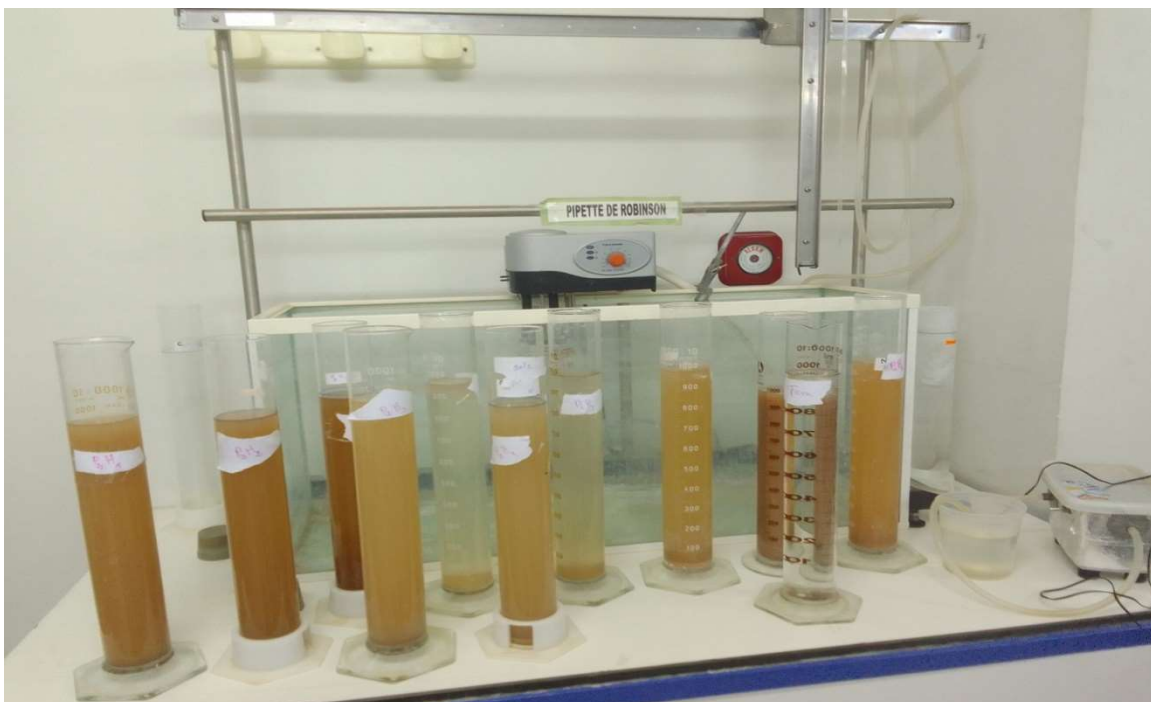
$V_t$  : le volume de la terre à l'intérieur du cylindre = 250 cm<sup>3</sup>(dans notre cas)

**3.3.1.3 L'analyse granulométrique du sol :**

Cette analyse sert à déterminer la texture du sol par l'utilisation du triangle textural après calculs des pourcentages des sables, argiles et limons.

Le prélèvement des argiles et des limons fins a été effectué par la pipette de **Robinson (figure 3.4)**; tandis que les sables (gros et fins) ont été récupérés par tamisage et enfin les limons grossiers par différences par rapport à 100%.

Toutes ces opérations ont été faites après la destruction de la matière organique et du ciment minéral (calcaire) respectivement par l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et l'acide chlorhydrique (HCl) et dispersion des particules (colloïdes) par utilisation d'une solution d'hexa-méta- -phosphate de sodium.



**Figure 3.4:** Echantillons des dix (10) horizons étudiés (avant prélèvement de Lf et A+Lf à la pipette de Robinson) (photo originale).

### 3.1.4.3 Le pH

La lecture est faite à l'aide d'un pH-mètre (pH-mètre étalonné à l'aide d'une solution tampon de pH connu; pH =7) (**figure 3.4**).

Le pH (KCl) est mesuré de la même manière que le pH (eau) mais la lecture est faite après une nuit de repos et de contact entre la terre fine et la solution de KCl.



**Figure 3.4** : pH mètre (outil de mesure du pH du sol) (**photo originale**)

### 3.1.4.4 La conductivité électrique (CE) :

On l'a mesuré (conductivité électrique) sur la base d'un extrait dilué (1/5), par un conductimètre.

Elle est exprimée en mS/cm ou dS/m à une température de 25C°.

Dans notre cas, la méthode suivie consiste à mélanger l'échantillon de sol (de poids connu) avec une quantité d'eau suffisante pour obtenir de fortes dilutions. Agiter, laisser reposer puis mesurer.



**Figure 3.5**: Conductimètre utilisé pour la mesure de la conductivité électrique (**photo originale**)

### 3.1.4.5 Le calcaire total (CaCO<sub>3</sub>t%) :

On a mesuré le calcaire total par la méthode gazométrique, par utilisation du Calcimètre de Bernard.

Le principe de base est que le volume de gaze carbonique dégagé lors de la réaction est mesuré à l'aide d'une burette à gaz (Dakar, 2008).

Après expérimentation, le calcul est comme suit :

$$\text{Le taux de CaCO}_{3t} (\%) = (p' * V) / (P * V) * 100$$

Sachant que :

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

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

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

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



**Photos 3.6 :** Calcimètre de Bernard lors la détermination du calcaire total (photo originale)

### 3.1.4.6 Le calcaire actif :

Le calcaire actif a été déterminé par la méthode de DROUINEAU-GALET.

Cette méthode se base sur le fait que l'excès de la solution d'oxalate d'ammonium (utilisée) est dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique (figure 3.7).



**Figure 3.7:** Titrations lors de mesure du calcaire actif des sols analysés (photo originale)

### 3.1.4.7 Le carbone organique et la matière organique :

La teneur en matière organique est déduite à partir de la valeur issue de l'analyse du carbone organique par la formule suivant :

$$\text{Matière organique (\%)} = \text{Carbone organique (\%)} \times 1,724.$$

D'après (Baize, 2000), la teneur en carbone organique est déterminée directement par oxydation.

La méthode consiste en une oxydation de la matière organique par une quantité en excès de bichromate de potassium en milieu sulfurique à température contrôlée où à ébullition.

La méthode qu'on a utiliser est celle WALKELY et BLACK (figure 3.8).



**Figure (photos) 3.8 :** Une des étapes de détermination du taux du CO dans nos sols analysés (photo originale)

#### **3.1.4.8 Le gypse**

Pour le gypse, on a utilisé la méthode de  $\text{BaCl}_2$ .

Cette méthode se base sur la détermination du taux des sulfates par calcination, puis calcul du taux de gypse.

---

***CHAPITRE 4 :***

***Résultats et discussion***

---

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats de description sur terrain ainsi que ceux mesurés au laboratoire, calculés et discutés.

#### 4.1 Présentation des résultats de la description de morphologique et analytiques du premier profil Hammam Dalaa

##### 4.1.1 Résultats de la de description morphologique de première profil (P1)

En se basant sur l'auscultation ainsi qu'à la détermination des principaux caractères morphologiques (couleur, texture, structure, et aussi dureté par utilisation d'un pénétromètre et aussi système racine), on déduit que:

Le profil P1 se compose de six horizons (**P1 H1, P1 H2, P1 H3, P1 H4, P1 H5 et P1 H6**).

**P1 H1 (0-27cm):** de couleur brune (7.5YR 4/3; Brown), texture limoneux, structuré, forte effervescence à l'HCl, avec présence de la racine superficielles et la dureté est égale 3.

**P1 H2 (27-45) :** couleur marron foncé (7.5 YR 3/3; dark brown), texture limoneuse, moyennement structuré, moyenne effervescence à l'HCl, dureté 4.4, avec faible présence des racines.

**P1 H3 (45-83cm):** couleur oronge terne (7.5YR 6/4; dull orange), texture limono-sableuse, moyennement structuré, effervescence moyenne à l'HCl, dureté 3.8, avec absence des racines.

**P1 H4 (83.98cm):** couleur brun terne (7.5 YR5/4; dull brown). Texture Argilo-limoneuse, forte effervescence à l' HCl, dureté de 4.5.

**P1 H5(98-136):** couleur jaune claire oronge (10YR 8/4;light yellow oronge), texture limoneuse, forte effervescence à l'HCl, dureté égale à 3.5.

**P1 H6(136-156):** couleur brun jaunâtre clair (10YR 6/8;brightyellowishbrown), texture lamineuse, avec forte effervescence à l'HCl et dureté de 4.

##### 4.1.2 Résultats analytiques des horizons du premier profil (P1) :

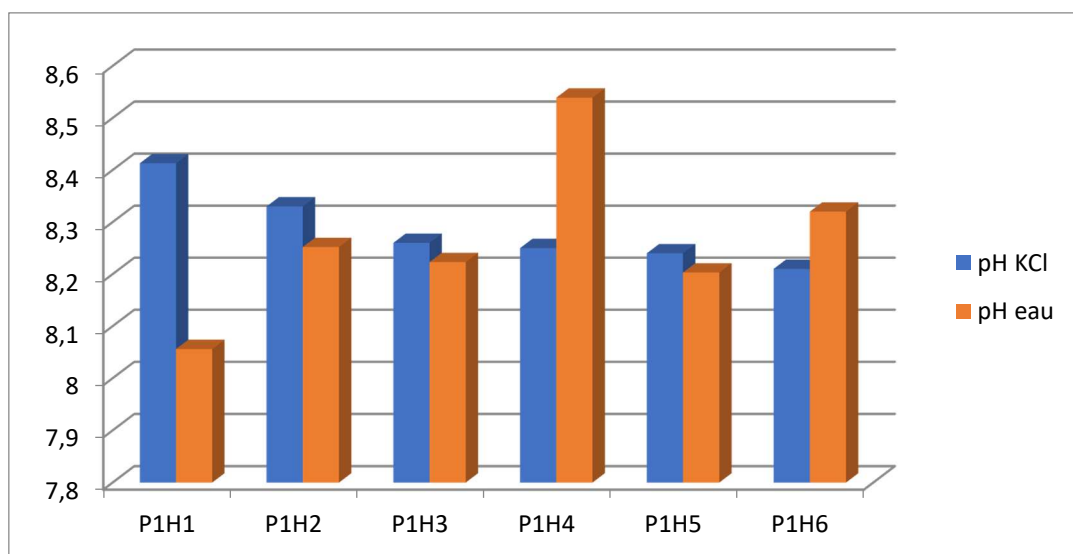
###### 4.1.2.1 pH<sub>eau</sub> et pH<sub>KCl</sub> :

La **figure 4.1**, indique le pH affiche des valeurs comprise entre(8 et 8.53) donnant à ces sol un caractère basique à l'ensemble des horizons du premier profil.

**Tableau 4.1:** Résultats des pH<sub>eau</sub> et PH<sub>KCl</sub> des horizons du premier profil

Horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
pH <sub>eau</sub>	8.056	8.252	8.223	8.539	8.203	8.32
pH <sub>KCl</sub>	8.413	8.33	8.26	8.25	8.24	8.21

A partir du (**tableau 4.1**) et parcalcul de la différence pH<sub>eau</sub> et pH<sub>kcl</sub> on a trouvé des valeurs comprises entre(0.04 et 0.36) dans les six (6) horizons prouvant que le sol de ce profil est faiblement dé-saturés.



**Figure 4.1:** Représentation des résultats du  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  des horizons du premier profil

On remarque aussi que la différence entre  $pH_{eau}$  et  $pH_{KCl}$  est toujours entre (0.04 -0.36), le sol de ce profil est faiblement dé-saturés

#### 4.1.2.2 La conductivité électrique (CE)

L’exploitation des résultats mentionnés au (tableau 4.2 et figure 4.2), montre que la valeur la plus élevée a été enregistré au troisième horizon (6.5mS/Cm) tandis que la plus faible (2.79 mS/Cm) au niveau du quatrième horizon.

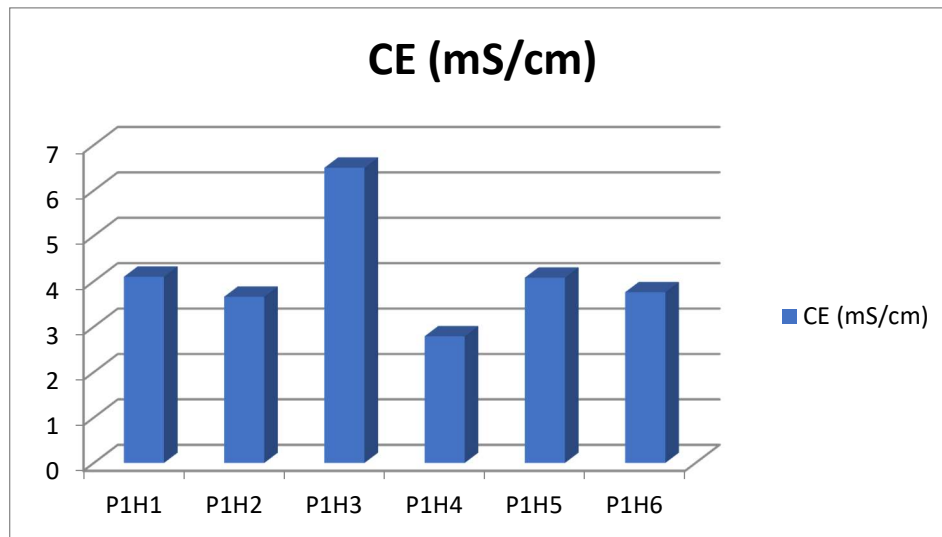
**Tableau 4.2 :** Conductivité électrique des horizons du premier profil (1)

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
CE(mS/Cm)	4.1	3.66	6.5	2.79	4.08	3.76
Interpretation (Selon Aubert,1978)	Sale	peu salé	salé	Peu salé	salé	Peu sale

L’utilisation des normes proposées par (Aubert, 1978), nous guide à classer nos horizons du premier profil comme suit:

Sols salés pour les horizons H1,H3 et H5.

Sols peu salés des horizons H2, H4 et H6.



**Figure 4.2:** Valeurs des conductivités électriques des horizons du premier profil (P1) de Hammam Dalaa

#### 4-1-2-3 Calcaire total

Les valeurs illustratif des pourcentages du calcaire total et celui actif sont représentées au (tableau. 4.3)

**Tableau. 4.3:** Résultats du calcaire total pour chacun des horizons du premier profil

Les Horizons	P1 H1	P1 H2	P1 H3	P1 H4	P1 H5	P1H6
CaCO <sub>3</sub> total (%)	18,05	19,9	19.38	28.93	8,49	14,07

L'interprétation des résultats trouvés indique qu'à l'exception de l'horizon P1H4 qui est fortement calcaire, le reste (H1, H2, H3, H5 et H6) modérément calcaire

#### 4-1-2-4 Calcaire actif

En ce qui concerne le calcaire actif (tableau 4.4), il se présente avec pourcentages qui varient entre 25% (P1 H1) et 52% (P1 H1).

D'après les normes proposées par (Baize, 2000), le pourcentage du calcaire actif est très élevé pour les six (6) horizons du premier profil. Ce résultat conduit à l'idée que notre sol présente un risque très élevé au problème de chlorose.

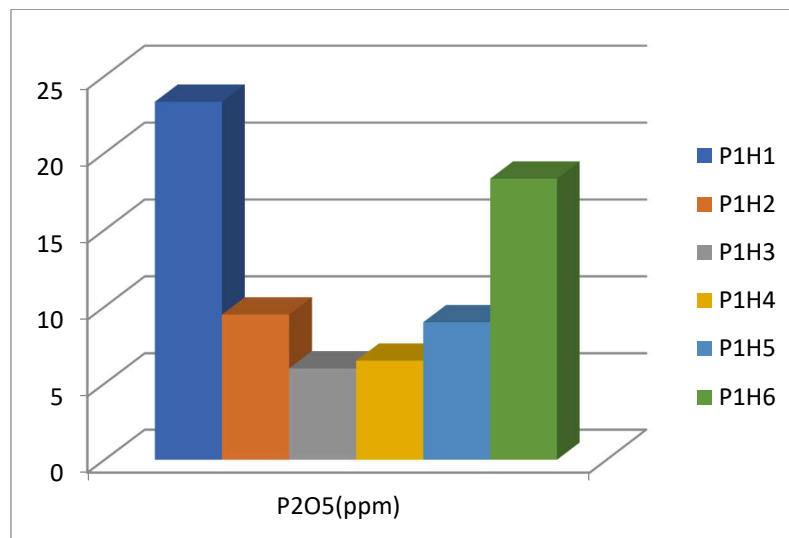
**Tableau 4.4:** Résultats du calcaire actif des horizons du profil P1

Horizons	P1 H1	P1 H2	P1 H3	P1 H4	P1 H5	P1 H6
CaCO <sub>3</sub> actif (%)	25	27	30	52	48,5	33,5

#### 4-1-2-5 Phosphore assimilable

D'après la (figure 4.3), on peut diviser nos horizons selon la richesse ou pauvreté en phosphore assimilable comme suite :

Sols pauvre en phosphore assimilable, pour les horizons H1 (23.33 ppm) et H6 (18.33 ppm).  
Sols très pauvre en phosphore assimilable, il s'agit des horizons (H2,H3,H4 et H5) qui affichent des valeurs comprises entre 5.99 ppm et 9.49ppm.



**Figure 4.3 :** Pourcentages du phosphore assimilable (en ppm) dans les horizons du profil P1

#### 4.1.2.6 La matière organique (MO %)

Pour la matière organique (MO%), les résultats trouvés (figure 4.4) affichent les valeurs de 3.35, 6.69, 0.199, 1.002, 2.475 et 1.338 respectivement pour P1 H1, P1 H2, P1 H3, P1 H4, P1 H5 et P1 H6.

A partir de ces résultats on divise les sols du premier profil en :

- Très pauvre en MO pour l'horizon H3.
- Pauvre en MO pour les horizons H4 et H6.
- Abondance moyenne en MO au niveau de H1 et H5.
- Riche en MO à l'horizon H2

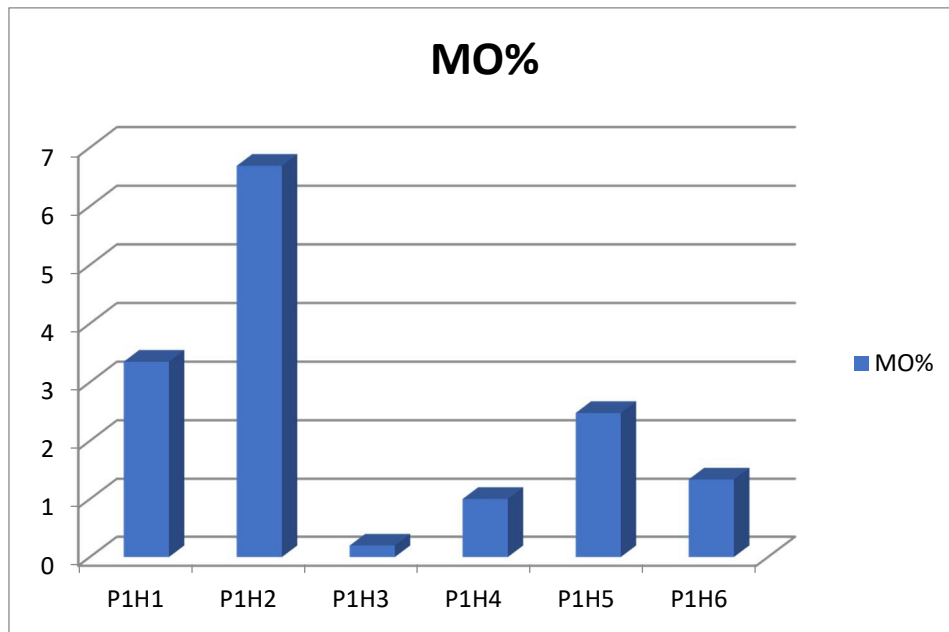


Figure 4.4: Taux de matière organique (%) des horizons du profil (p1)

4.1.2.7 Humidité(%) :

Les résultats mentionnés au (tableau 4.5) et la (figure 4.5), montrent que l’humidité au niveau des horizons du premier profil est comprise entre 1.25 %et 13.16%.

Tableau 4.5: Résultats de l’humidité du profil( 1)

Les horizons	P1 H1	P1 H2	P1 H3	P1 H4	P1 H5	P1 H6
Humidité%	9.86	7.51	2.03	1.25	6.47	13.16

La valeur la plus élevée est marquée au sixième horizon P1 H6 (13.16 %) alors que celle la plus faible est enregistrée au quatrième P1 H4 (1.25 %).

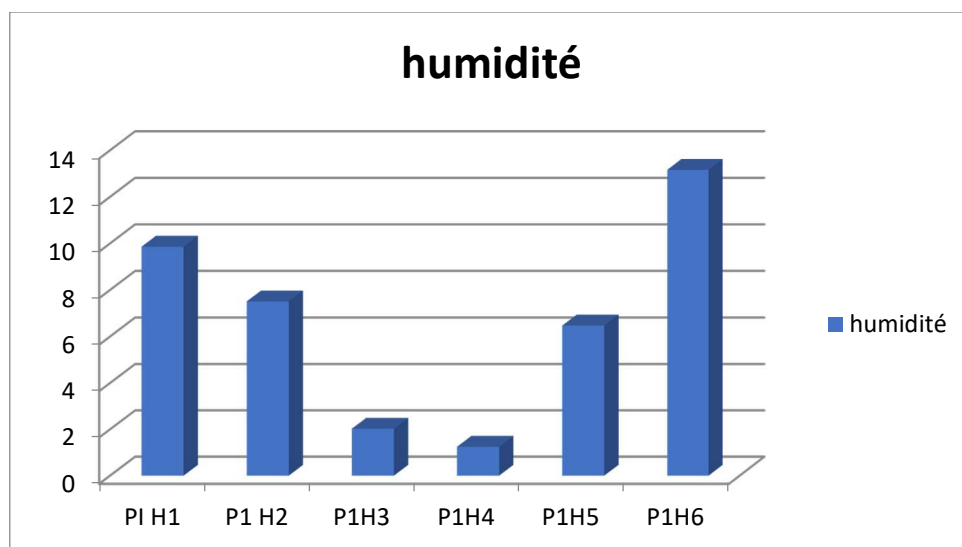


Figure 4.5: Résultats de l’humidité des horizons du premier profil (P1) de Hammam Dalaa.

#### 4.1.2.8 La porosité(%)

Comme on a déjà expliqué au 3<sup>em</sup> chapitre (méthodologie de travail), 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.

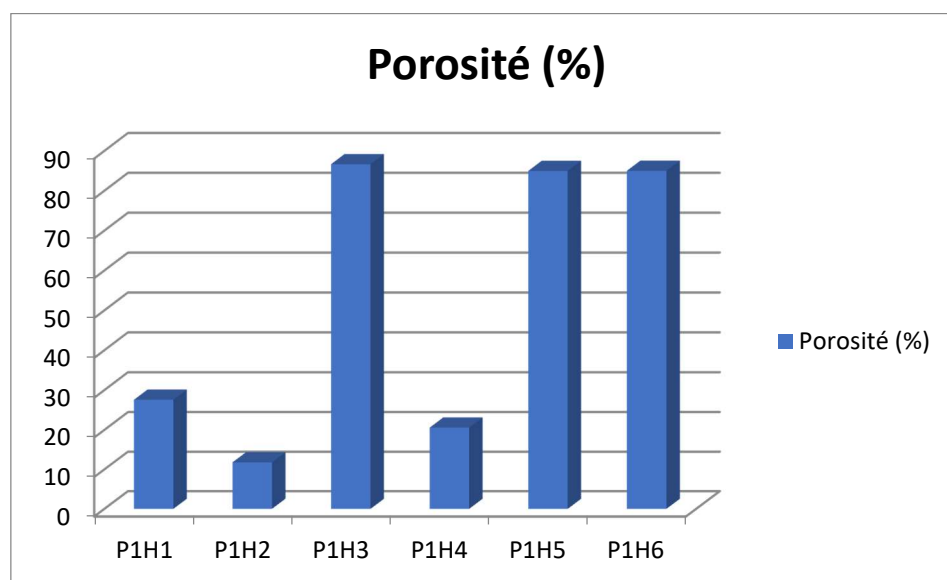
Les résultats des densités apparentes, densités réelles ainsi que ceux des porosités du sol du premier profil (P1) sont enregistrés au niveau du (tableau 4.6) et de la (figures 4.6).

**Tableau 4.6:** Résultats des densités apparente et densités réelles et aussi de la porosité de chacun des six (6) horizons du profil P1

Les horizons	P1 H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
<b>da (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0.906	1.039	1.020	4.634	0.918	0.922
<b>dr (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.251	1.178	7.657	5.835	6.113	6.153
<b>Porosité%</b>	27.57	11.79	86.67	20.58	84.98	85.01

D'après les normes d'interprétation de la porosité (ENIB 2000), ce sol est :

- Très poreux pour les horizons P1H3 (86,67%), P1H5 (84,98%) et P1H6 (85,01%)
- Poreux pour les deux horizons P1H1 (27,57%) et P1H4 (20,58%)
- Moyennement poreux pour l'horizon P1H2 (11,79%).



**Figure 4.6:** Résultats de la porosité des horizons du profil (P1)

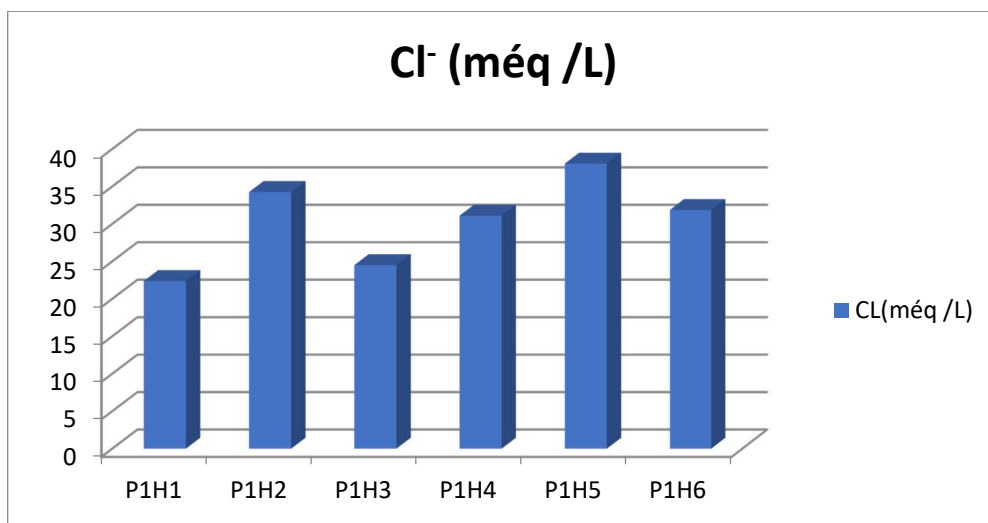
#### 4.1.2.9 Dosage du Cl<sup>-</sup> dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil :

Les valeurs des chlorures (Cl<sup>-</sup>) enregistrées au niveau des six (6) horizons du premier profil affichent des valeurs comprises entre (38.05 meq/l) pour (H1) et (22.83 méq/L) pour (H5) (tableau 4.7 et Figure 4.7).

**Tableau 4.7:** Résultats du dosage du Cl<sup>-</sup> dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
Cl <sup>-</sup> (méq /L)	22.83	34.25	24.5	31.1	38.05	31.86

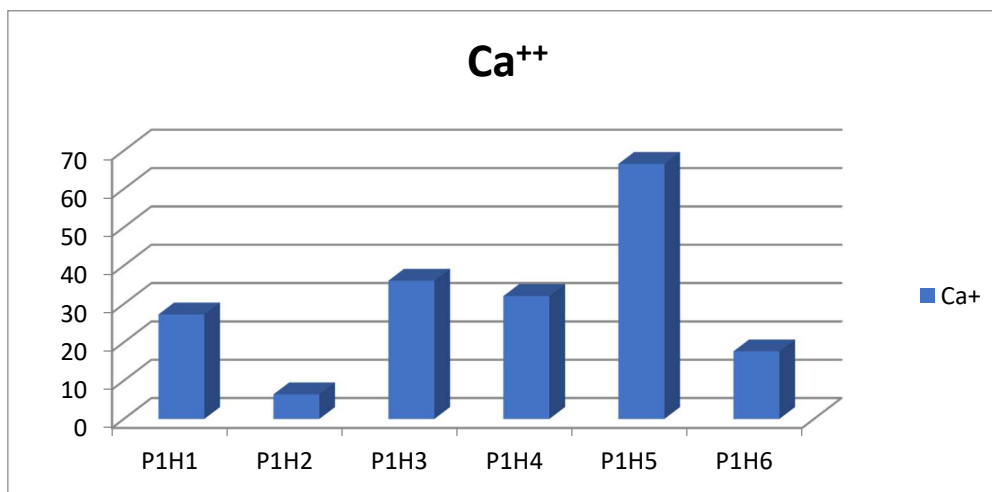
De point de vue agronomique l'un des problèmes les plus graves et qui menace les cultures qualitativement et quantitativement la toxicité provoquée par les concentrations élevées de quelques éléments que parmi les plus importants à citer est le chlorure (Cl<sup>-</sup>). L'agriculteur doit veiller à se débarrasser de l'excès des sels (en particulier chlorure) en dehors des parcelles cultivées surtout s'il s'agit des cultures non tolérantes à la salinité.....



**Figure. 4.7:** Valeurs des Cl<sup>-</sup>(meq/L) dans chacun des horizons du premier profil.

#### 4.1.2.10 Dosage du Ca<sup>++</sup> dans la solution du sol des six (6) horizons du profil P1 :

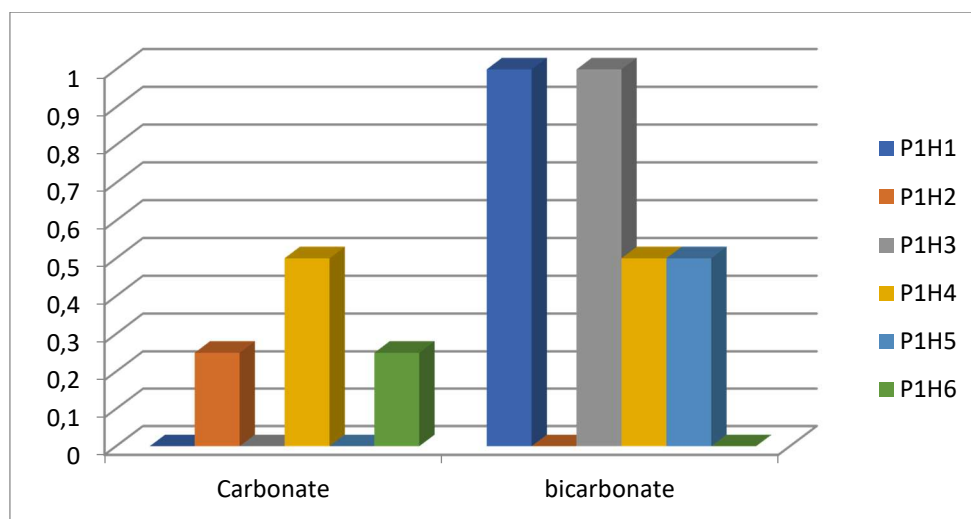
On remarque (figure 4.8), qu'il s'agit des valeurs comprises entre 6.41 mg/L (à l'horizon P1 H1) et 66.53 mg/L (au niveau de l'horizon P1H5).



**Figure 4.8:** Valeurs du Ca<sup>++</sup> dans la solution du sol de chacun des horizons de P1.

**4-1-2-11-Carbonate et bicarbonate dans la solution du sol de chacun des horizons du premier profil**

La (figure 4.9), montre que les carbonates et bicarbonates se présentent avec des quantités faibles à nulles dans l'ensemble des horizons du premier profil.



**Figure 4.8:** Résultat obtenu des carbonates et bicarbonates dans les six horizons du profil 1

**4.1.2.12 Le gypse**

**Tableau 4.8 :** Pourcentages du gypse dans chacun des horizons du profil P1

Les horizons	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
Gypse (%)	0.47	0.45	0.79	0.32	0.40	0.13

Les résultats du (tableau 4.8), marquent des valeurs inférieures à 1% pour l'ensemble des horizons du premier profil.

En se basant sur les normes proposées par (Barzanji, A.F, 1973), on déduit que tous nos horizons sont considérés comme non gypseux.

**4.1.2.13 Résultats de l'analyse granulométrique des sols du profil 1**

L'ensemble des résultats granulométrique des six (6) horizons du premier profil de la zone de HamammDalaa sont représentés au (tableau 4.9)

**Tableau 4.9 :** Fractions granulométriques des horizons du premier profil

Fraction granulométrique	P1H1	P1H2	P1H3	P1H4	P1H5	P1H6
A t (%)	23.97	19.07	11.18	43.52	6.73	22.46
S t (%)	26.39	19.21	43.03	17.39	18.5	21.45
L t (%)	49.64	61.72	45.79	53.47	74.77	56.26

Des données précitées et en utilisant le triangle texture de Jamagne, on remarque une prédominance de la fraction limoneuse niveau des horizons (H1,H2,H3,H5 ,H6)

- Limon fin pour P1H2,P1 H5,P1H6
- Argileuse pour horizon (P1H4)
- Lumineux sableuse pour horizon (P1H3)
- Les sols argileuse au niveau du quatrième horizon (H4=43.52)

## 4.2. la description morphologique et analytique du deuxième profil de Hammam Dalaa

### 4.2.1 la description morphologique du deuxième profil :

**P2 H1 (0-31cm):** de couleur brune (7.5YR 5/6; brown), texture limoneuse moyen, moyennement structuré, moyenne effervescences à HCl et dureté égal à 3.7

**P2 H2 (31-93cm):** marron foncée (7.5 YR 5/6; Dark brown), la texture sableuse, moyen effervescences à HCl, dureté de 3.5.

**P2 H3 (93-134cm):** terne jaune soufre brown (10YR7/4; dull yellowish brown), texture limoneuse moyen effervescences à HCl, la dureté à (2.5), avec absence des racines

**P2 H4 (134-167cm):** de couleur brune (7.5 YR 5/6; brown), texture argileuse, non structuré, moyen effervescence à HCl, une dureté de 2.5.

### 4.2.2 analytiques des horizons du profil P2

#### 4.2.2.1 pH<sub>eau</sub> et pH<sub>kcl</sub>

**Tableau 4.10: des calculs de pH<sub>eau</sub> et pH<sub>KCl</sub> des horizons du profil P2**

Horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
pH <sub>eau</sub>	7.49	7.69	7.96	8.25
pH <sub>kcl</sub>	6.30	6.64	6.77	6.91

On remarque du (**tableau 4.10 et la (figure 4.9)**), que le pH<sub>eau</sub> affiche des valeurs comprises entre 7.49 et 8.25. Ces valeurs augmentent progressivement dans le sens de la profondeur. Les valeurs trouvées indiquent qu'il s'agit d'un sol à caractère basique (**selon la première version du référentiel pédologique française cité par Baize,1988**)

On remarque aussi que la différence (pH<sub>eau</sub> et pH<sub>KCl</sub>) est entre (1.19 et 1.34) alors les sols du deuxième profil sont aussi dé-saturés.

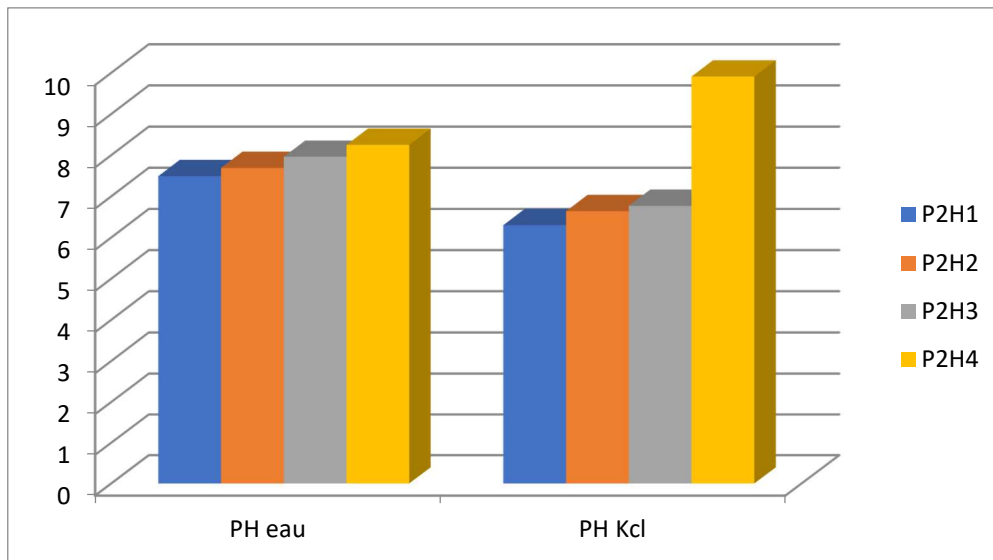


Figure 4.9 : Représentation des résultats du pH<sub>eau</sub> et pH<sub>kcl</sub> des horizons du deuxième profil

4.2.2.2 Conductivité électrique des horizons du deuxième profil

Tableau 4.11 : obtenus de la conductivité électriques du profil2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
CE(mS/cm)	6.4	1.2	3.20	3.32
Interprétation	sol salé	sol non salé	sol peu salé	sol peu salé

(Selon Aubert, 1978):

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au niveau des 4horizonsdu deuxième profil (tableau 4.11 et figure 4.10) varient entre 1.2 (mS/cm)et6.4(mS/cm)

Selon l'échelle de la salinité proposée par (Aubert, 1978) on a :

- Sol non salé pour P2H2
- Sols peu salés au niveau des horizons P2H3 et P2H4
- Sol salé pour P2H1

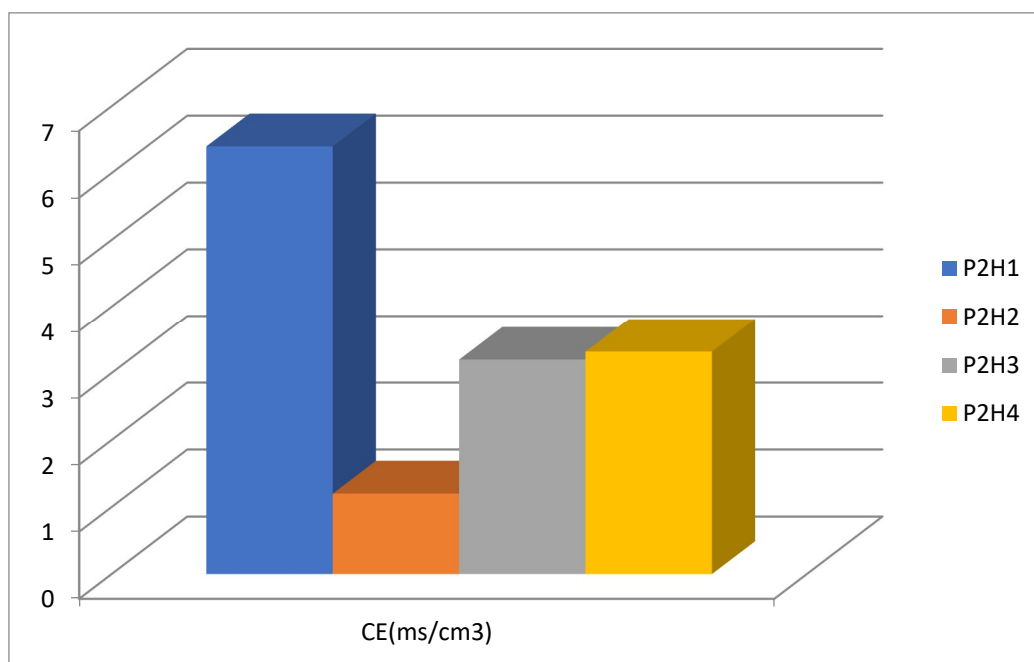


Figure 4.15: Valeurs des conductivités électriques des horizons du profil2

#### 4.2.2.3 Calcaire total

Le **Tableau 4.12**, illustratifs des valeurs (pourcentages) du calcaire total dans les horizons du profil 2 indique l'ensemble des horizons (H1, H2, H3) sont modérément calcaires alors que H4 est fortement calcaire.

**Tableau 4.12** : Résultats du calcaire total de chacun des horizons du 2<sup>ém</sup> profil (P2)

Les horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
CaCO <sub>3</sub> total(%)	17.52	15.39	26.54	25.48

#### 4.2.1.4 Calcaire actif

Le calcaire actif affiche des valeurs comprises entre 10.50% et 17% (**Tableau 4.13**). Ces valeurs traduisent un risque de blocage des éléments nutritifs en particulier Fe et donc un mauvais développement des plants installés.

**Tableau 4.13** : Résultats du calcaire total de chacun des horizons du 2<sup>éme</sup> profil (P2)

Les horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
CaCo3 actif(%)	17	10.5	22	14.5

#### 4.2.1.5 Phosphore assimilable

Les résultats des analyse mentionnés à la **figure 4.11**, indiquent que l'ensemble des horizons du deuxièmes profil sont pauvre en phosphore assimilable.

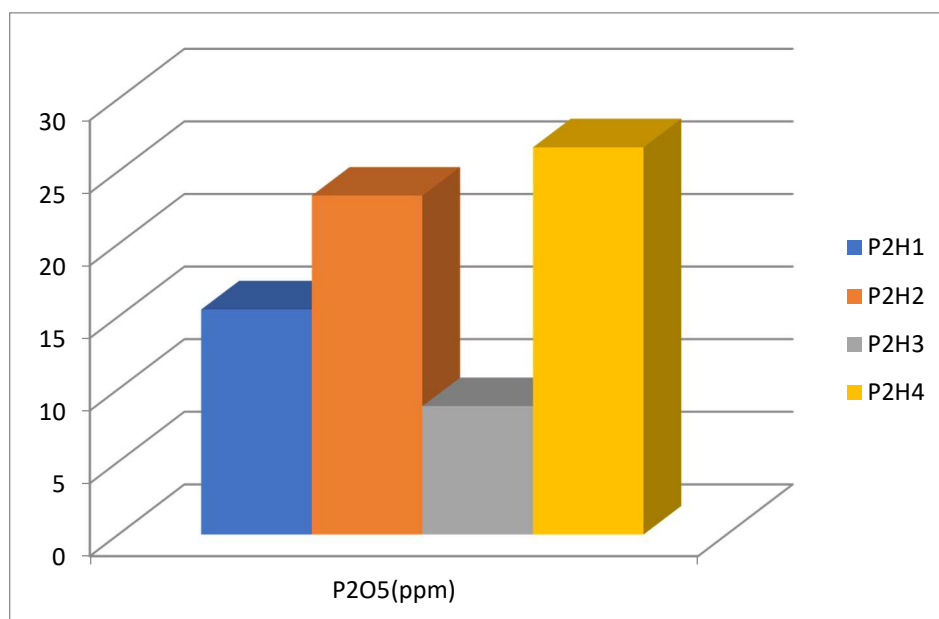


Figure 4.11 : Taux du phosphore assimilable (en ppm) dans les horizons du profil P2

#### 4.2.2.5 La matière organique (MO %)

Tableau 4.14: Résultats obtenus des calculs de la matière organique pour les horizons du profil P2

Horizons	P2 H1	P2 H2	P2 H3	P2 H4
MO(%)	2.007	3.679	5.352	2.339

On constate que moyennement riche en MO pour les horizons H1,H2etH4 et riche pour l’horizon H3.

#### 4.2.2.6 Humidité (%) des horizons du profil P2

Tableau 4.15 : Résultats de l’humidité du profil P2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Humidité(%)	9.81	8.76	10.82	10.86

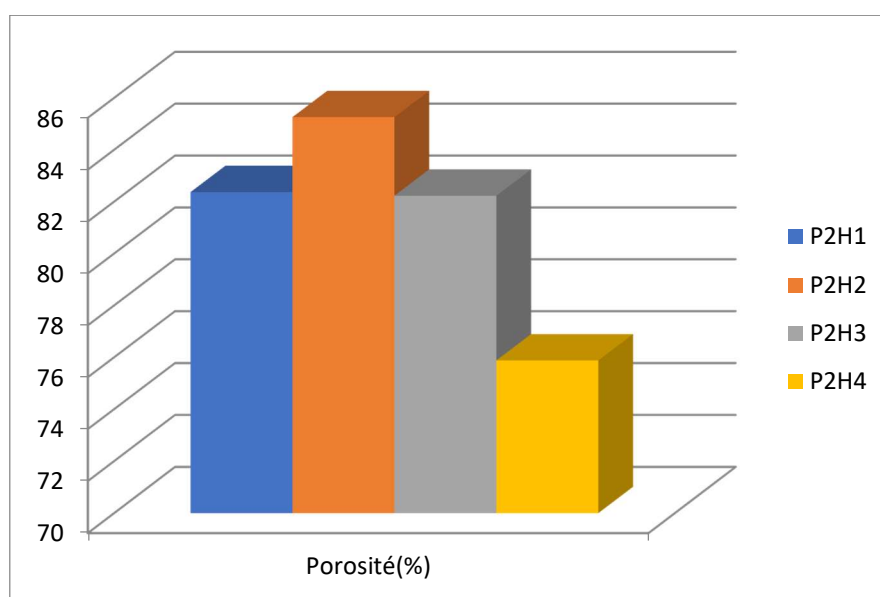
Les résultats mentionnés au niveau du (tableau 4.14) indiquent que l’humidité est comprise entre 8.76 (P2H2)et 10.86 (P2H4).

## 4.2.2.7 La porosité

**Tableau 4.16** : Résultats des densités réelles et apparentes et aussi la porosité des sols du profil(2)

Horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
da (g/cm <sup>3</sup> )	1.084	1.033	1.324	1.322
dr(g/cm <sup>3</sup> )	6.15	7.01	7.45	5.482
Porosité(%)	82.37	85.26	82.23	75.88

Avec des valeurs (**tableau 4.16**) et (**Figure 12**),de (82.37%,85.26%,82.23% et75.88%) respectivement pour (H1, H2, H3 et H4). Le sol est très poreux(supérieure à 40%) selon les normes d'interprétation de la porosité (**ENIB,2000**).



**Figure 4.12:** Résultats de la porosité des horizons du profil 2

## 4.2.2.8 Dosage du Cl

**Tableau 4.17:** Résultats obtenus de dosage du Cl dans les solution des sols du profil P2

Horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Cl(méq/L)	14.12	25.84	41.51	32.61

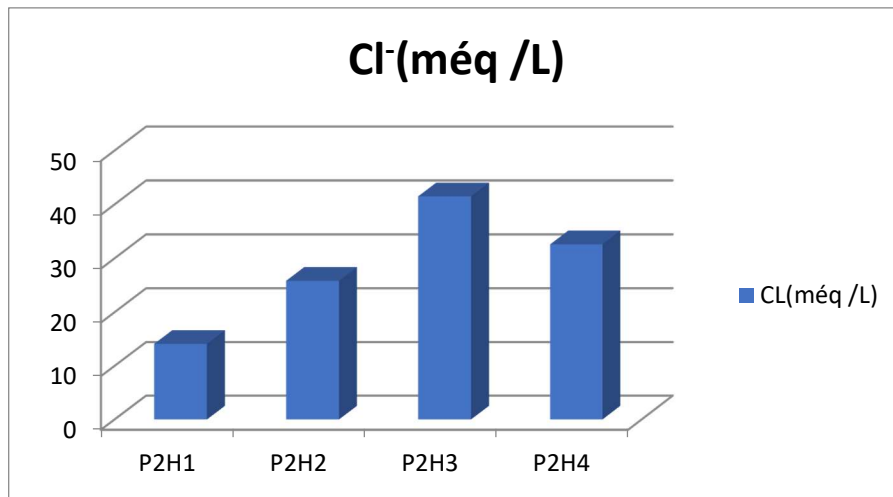


Figure 4.13: Valeurs des Cl<sup>-</sup> des horizons du profil P2.

Les valeurs de (Cl<sup>-</sup>) enregistrés au niveau des 4 horizons (tableau 4.17) et (figure 4.13) sont entre 18 et 45.

La valeur la plus élevée est marquée au horizon H3.

#### 4.2.2.9 Dosage du Ca<sup>++</sup> dans la solution du sol de chacun des 4 horizons de P2

Tableau 4.18: Résultats de dosage du Ca<sup>++</sup> dans la solution du sol de chacun des 4 horizons de P2

Horizon	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	52.10	36.07	20.04	12.02

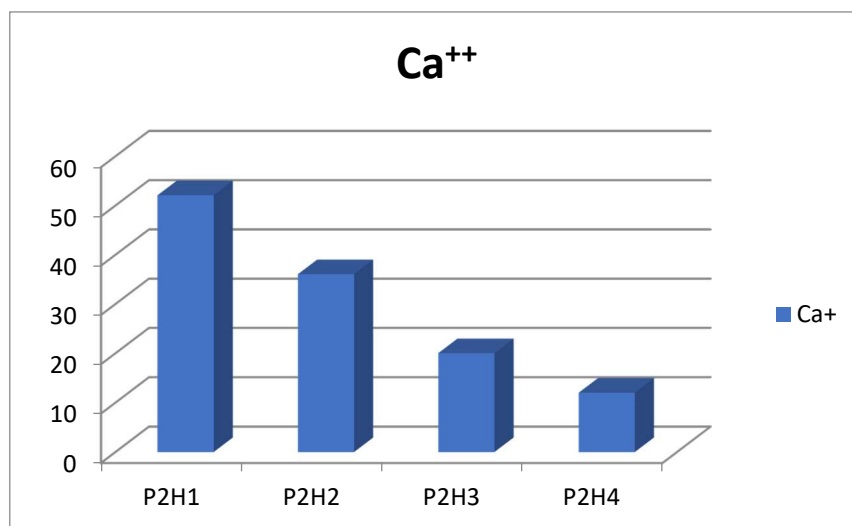


Figure 4.14: Valeurs des Ca<sup>++</sup> des horizons du profil (P2)

Les résultats mentionnés au (tableau 4. 7) et à (la figure 4.14), indiquent que le Ca<sup>++</sup> affiche des valeurs comprises entre (52.10) pour l’horizon P2H1 et (12.02) à l’horizon P2H4. Et Ses valeurs diminuent au sens de la profondeur.

4.2.2.10 Les Carbonates et bicarbonate

On remarque (tableau 4.19) et (figure 4.15), que les valeurs sont presque nulles que se soit pour les carbonates ou les bicarbonates.

Tableau 4.19: Résultats des carbonates et des bicarbonates au niveau des solutions des sols de P2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Carbonate	/	0.25	0.5	0.25
bicarbonate	0.5	/	/	/

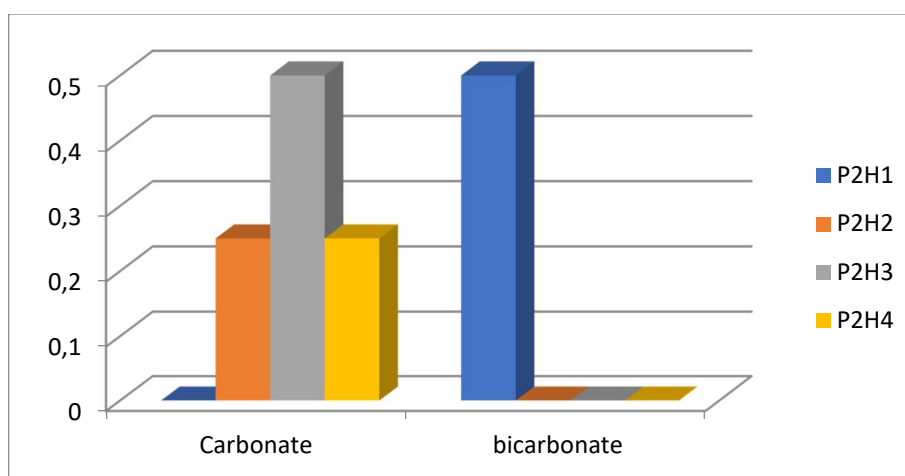


Figure 4.15: Résultats obtenus des carbonates et bicarbonates dans les horizons du profil (P2)

4.2.2.11 Le Gypse

Tableau 4.20 : Résultats des analyses du gypse pour les 4horizons de profil P2

horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Gypse (Ca CO <sub>3</sub> )	0.354	0.664	0.738	0.797

En se référant au (tableau4.20) et selon les normes proposées par ((Barzanji, 1973) cité par FAO, 1990)), le sol est légèrement gypseuse.

4.2.12 : Analyse granulométrique de profil 2

Tableau 4.21:Fraction granulométrique des horizons du profil2

Les horizons	P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
At(%)	25.46	12.35	10.27	37.40
St(%)	62.86	77	73.52	57.51
Lt(%)	11.68	10.65	29.075	5.09

Des données précitées et en utilisant de la texture de Jamagne, on déduit la texture est :

Limon -Argile-Sablons (LAS) pour P2H1

Sable Limon(S.L) pour horizon (P2H2 ,P2H3)

Argile Sableux pour horizon (P2H4)

Alors que pour la fraction Sableux-Limono le taux le plus élevé est mentionné au niveau de l'horizon (P2H2, P2H3)

Respectivement pour horizon (P2H1) et horizon (P2 H4)

---

# Conclusion

---

## **Conclusion**

Le présent travail a été mené dans la zone du Gtafe, région de Hammame Dalaa situé au Nord Ouest de la wilaya M'Sila, caractérisé par climat aride. Dans le but d'une détermination et caractérisation des propriétés physico-chimiques de ces sols.

C'est ainsi qu'on a choisis deux profils (P1 et P2).

Les résultats trouvés assurent montrent que ;

### ➤ **Pour le pH**

Le pH est basique pour l'ensemble des sols des deux profils étudiés. Cette alcalinité, influe sur la présence et la disponibilité de certains oligo-éléments et peut toucher même les éléments majeurs indispensables à la vie des plantes à installer.

### ➤ **Pour la salinité**

Les résultats de la conductivité électrique divisent les horizons des deux profils en :

Sol non salé pour P2H2

Sols peu salés pour les horizons P1H2, P1H4, P1H6, P2H3 et P2H4

Sols salés pour les horizons P1H1, P1H3, H5 et P2H1

### ➤ **Pour le calcaire total et calcaire actif**

Il s'agit des horizons représentés comme suit :

La majorité des horizons (P1H1, P1H2, P1H3, P1H5, H6, P2H1, P2H2 et P2H3) sont modérément calcaire, le reste (P1H4 et P2H4) fortement calcaire.

Le calcaire actif se présente avec des pourcentages très élevés pour les dix (10) horizons du premier et deuxième profil. Donc notre sol présente un risque très élevé au problème de chlorose.

### ➤ **Porosité**

Très poreux pour les horizons P1H3, P1H5, P1H6, P2H1, P2H2, P2H3 et P2H4 ;

Poreux pour les deux horizons P1H1 et P1H4 ;

Moyennement poreux pour l'horizon P1H2.

### ➤ **Matière organique**

Pour la richesse de notre sol en MO on a trouvé qu'il s'agit :

Très pauvre en MO pour l'horizon P1H3.

Pauvre en MO pour les horizons P1H4 et P1H6.

Abondance moyenne en MO au niveau de P1H1, P1H5, P2H1, P2H2 et P2H4.

Riche en MO à l'horizon P1H2 et P2H3

➤ **Pour le phosphore assimilable**

Sols très pauvres à pauvres en phosphore assimilable

➤ **Le gypse**

Les sols des deux profils sont peu à légèrement gypseux (faiblement gypseux).

➤ **Matière organique**

Pour richesse en matière organique nos sols affichent les valeurs que indique les horizons très pauvre MO (P1H3), pauvre (P1H4, P1H6) moyennent (P1H1, P1H5) et (P2H1, P2H2, P2H4) et riche MO(P1H2, P2H3)

➤ **Pour la texture**

Presque la majorité des horizons des deux profils présentent des texture limoneuses.

**Comme suggestions aux problèmes trouvés on propose :**

- Le premier problème est la texture du sol, puisque la majorité des horizons des deux profils sont limoneux ce qui les rends sujets à l'érosion (hydrique et éolienne). L'augmentation de la stabilité de ces sols ainsi que leur recouvrement surtout en périodes de pluies violentes, avec installation des cultures et choix des périodes de travail du sol sont à suivre.
- Le deuxième problème est celui de la salinité ; régler le problème de salinité par l'installation des réseaux de drainage, qui favorisent a courte et à long termes Sans oublier de contrôler les doses et la qualité des eaux d'irrigation
- Troisième problèmes` est la présence dans le sol du calcaire total et parfois du calcaire actif (dans la majorité des échantillons analyse), ce qui crée un risque de croissance de plante. Donc on doit améliorer la structure de ses sols (augmente leur stabilités structuradas par l'ajoute de MO).

---

**Références**

**bibliographiques**

---

**Références bibliographiques**

- **Abdelmadjid Madhi, A., 2016-** La gestion du logement collectif entre les procédures légales et la réalité du terrain (étude de cas : Hammam Dalaa). Mémoire master académique ; Université Mohammed Boudiaf, M'sila ; 114P.
- **AID K., 2014-** Etudes des pluies et des intensités pluviales des zones semi-arides (cas du zéhré, Bassin versant 17). Mémoire, Univ. Kasdi merbah, ouargla, 3 -7P
- **Anctil F, Rousselle J et Lauzon N., 2012-** Hydrologie Cheminement de l'eau, Presses inter Polytechniques. 391 p.
- **Annuaire Statistique de la wilaya de M'sila 2020.135 p.**
- **ASDRUBA L., 2005-** Croissance et développement des plantes cultivées ; 90 p.
- **Aubert, 1983:** Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés salinodiques. Cash, O.R.S.T.O.M. ser. ped. Vol xxx n°1, 73-78p.
- **Baize D., 2000-** Guide des analyses en pédologie. Paris, UNRA. 257p
- **Baize D., 2016-** Petit lexique de pédologie: Nouvelle édition augmentée, Ed Quae. 288
- **Boughaba F-Z., 2008-** Contribution à l'étude de l'impact du plan national de développement agricole (PNDA) sur le développement de l'agriculture dans la région d'ouargla, Mémoire d'Ingénieur, Université Kasdi Merbah ouargla. 90 p.
- **Baize D., 2000-** Guide des analyses en pédologie. Choix- expression. Présentation interprétation, 2ème édition. INRA. Paris, 255 p.
- **Bonin, 2006** Cours en pédologie. Connaissance des sols- introduction à la pédologie. p21
- **BOULKDDID T., 2014-** L'utilisation des ressources productives dans l'agriculture algérienne : Evolution et Perspectives., Thèse MAG, Univ Constantine 2., 62\_153p.
- **Bruand et Tessier, 1996 in Cousin, 2007** Water retention properties of the clay soils developed on clayey sediment: significance of parent material and soil history. European journal of soil science. 51, 679-688p.
- **Calvet, 2003** Le sol propriétés et fonctions. Tome I; constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Ed. Dunod, France Agricole. 455 p.
- **Calvet, 2013**) Les sol, 2<sup>ème</sup> édition .France Agricole, Paris, 72-73 p.
- **Chaude et Leclerc (1999 )** Ecophysiologie végétale, 283p.
- **Chaussod, 1996 et Girard et al., 2005 cités par Calvet, 2013)**

- **CHOSSAT, (2005)**, Lamesure de la conductivité hydraulique dans les sols. Ed TEC et DOC.720 p
- **Cornu G., 2000.** Vocabulaire juridique, Paris, Quadrige/Presses Universitaires de France, Association Henri Capitant, 925 p.
- **Dadamoussa M-L ., 2007.** Les effets induits des différents programmes de développement agricole sur la préservation de l'écosystème saharien cas de la région d'Ouargla. Thèse de Doctorat, Université KasdiMerbah. Ouargla. 113 p.
- **De Parcevaux S et Huber L., 2007.** BIOCLIMATOLOGIE Concepts and Applications, Ed Quae. 336 p
- **Delannoy J, Deline P et Lhénaff R., 2016.** Géographie physique: Aspects et dynamique du géosystème terrestre, De Boeck Supérieur. 977 p.
- **Dokoutchaiev(1883)** Russian Chernozem, Zel. 1, Moscow, 419p.
- **Dreux P., 1980.** Précis d'écologie, Ed Presses universitaires de France. Paris. 231p.
- **Duchaufour, 1983** - Pédologie. Tom1: pédogenèse et classification. 2ème eddi . Masson, Paris. 491p
- **Duchaufour, 1956 cité par Dridi, 1989).**
- **Eluard et Jean, 1978-** Manuel d'agriculture générale. Ed, GB BILLIERE. Paris, 33p.
- **ENIB 2000** - Ecole nationale d'ingénieur de bordeaux, 2000, agronomie des bases à la nouvelle orientation. Ed. Synthèse agricole, 337p
- **Epron , ,NOUVELLON Y.,DELEPORTE P.,IFO S., KAZOTTI G., THONGO M'BOU A.,HAMEL O .,2006** -Soil carbon balance in a clonal Eucalyptus plantation in Congo: Effects of logging on carbon inputs and soil CO2 efflux. Global Change Biology, 12(6), 1021-1031p, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01146.x>.
- **Epstein cité par Bado, 2002).**
- **FAO, 1990** -Management of gypsiferous soils. Soils Bulletin 62, 81 p.
- **FAO., 1995.** Programme du recensement mondial de l'agriculture 2000. Collection FAO:Développement statistique, no 5. Rome.
- **FAO., 2005.** Thésaurus multilingue de la foncière version française Deuxième édition, revue et augmentée Sous la direction de Gérard Ciparisse.
- **FAO., 2006.** Enquête sur les Structures des Exploitations Agricoles, MARH, Maroc. 80p.
- Farmingsystemsresearch/extension » qui a eu lieu les 6 et 7 novembre 1993 à Edinburgh- Ecosse.

- **Fénelon P., 1991.** Dictionnaire d'histoire et de géographie agraires, Paris, Presses Universitaires de France, Conseil International de la langue française. 801 p.
- **Foucault A., 2016.** Climatologie et paléoclimatologie, 2e édition, Ed DUNOD. 320 p.
- **Giasson et Jaouich, 2008** Ph et JAOUICH A., 2008- Les propriétés chimiques du sol, 46 p.
- **Gobat , Aragnom et Matthey W., 1995-** Le sol vivant: Bases de pédologie des sols, presses poly technique et universitaire Romandes, 521p.
- **Gobat et al, 1998)** J.M., ARAGNO M et MATTHEY .Y.W., 1998 -le sol vivant bases de pédologie le sol .Ed. Presse polytechniques et universitaires romandes, 519 p.
- **Gobat M.G., ARAGNON M et MATTHEY.Y. W., 2010-** Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols. 3ème édition .s. 1: Presse Polytechnique et Universitaire ROMANDES. 817p
- **Guerif, 1990).** -Conséquences de l'état structural sur les propriétés et les comportements physiques et mécaniques. In Actes du colloque «La structure du sol et son évolution ». Ed. INRA Laon, 71-90 p.
- **Halitim , 1978. ., ARDOUIN A et GOBAT A., 1978-** pédologie générale et agro pédologie. Sn.
- **HALITIM et al, 1978; HALITIM, 1988).**
- **Halitim, 1988-** Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O. P. U, Alger. 384p.
- **Heller , 1993, ESNAULT R et TANCE C., 1993-** Physiologie végétale. 5 Ed. MASSON M, Paris. 294 p.
- **Heller et al, 1993; Helaunois et al, 2009),**
- **Heller et al, 1993; Calvet, 2003),**
- **Henin 1976** Cours de physique du sol. Tome I., Texture-Structure-Aération. Ed. ORSTOM, Paris. 159 p.
- **HENIN et al, 1976; HALITIM, 1988 et PREVOST, 2006).**
- **Henin, 1976; Musy et Soutter 1991**
- **HILLEL, 1984; PREVOST, 2006-**L'eau et le sol. Principes et processus physique. Ed. Louvain-la-Neuve, 288 p.
- **Kebaili S., 1995.** Les portes et les limites de la mise en valeur dans les régions sahariennes, cas de la région d'Ouargla. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie. Saharienne. INFS/AS Ouargla. 66 p.

- **Koull,2007**, Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques. Mém. Mag. Arg, Univ.K.M-Ourgla,86p+VI.
- **Lahlou , 2005 S., OUDIA M., MALAM ISSA O., LE BISSONNAISE Y et MRABETR., 2005-** Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zone semi-aride marocaine. Vol 12, 1. 69-78p
- **Lavelle et Spain, 2001** cité par **Calvet, 2013**).
- **LCA, 2008** Guide pratique -comprendre et utiliser les analyses agro-environnementales.
- **Lebourgeois F., 2010.** Cours de bioclimatologie à l’usage des forestiers, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, Paris. 245 p.
- **Legros J-P. ,2007.**Les grands du monde ,Ed PPUR.574p.
- **Madani D.,2022.** Cours Pédologie et Mise En Valeur, Université Mohamed Boudiaf de M’Sila.
- **Mairie de Hammam Dalaa 2022.**
- **Manichon,1982;Stengel, 1990).** Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : élaboration d’une méthode de diagnostic basée sur l’observation morphologique. Thèse Doct., Ina-PG, 214p.
- **Mathieu et Pieltain, 2003**Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 387 p.
- **MAZOYER M., (2002) Larousse agricole** - Ed La rousse, Italie, 300-684p.
- **Mebarkia, A. (2011).** Etudes des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Ain Zada Wilaya de Bordj Bou-Arreridj, (Nord-Est algérien). Mémoire demagistère, Université de Bordj Badji Mokhtar, Annaba ; 209P.
- **METTRICK H., (1994)** - Recherche agricole orientée vers le développement : le cours ICRA. Publication du Centre International pour la Recherche Agricole Orientée vers ledéveloppement. 288 p.
- **PAPY F., (1993)** - Savoir pratique sur les systèmes techniques et aide à la décision.Communication, présentée à la « First European convention on
- **Pasquier, 2010).** Guide du sol ‘L’argile et Lamotte’, Edition ENESAD, 111p.
- **Post et Kwon, 2000-**soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. Global Change Biology, 6, 317-327p.
- **Prevost, 2006** Les bases de l’agriculture. 3ème Ed. TEC – DOC, Lavoisier, 290 p.

- **Rabah, 1983** une couverture pédologique en grande Kabylie, genèse et fonctionnement de deux séquences du massif de thenia: Etude morphologique et analytique, Thèse de Magister, 149p.
- **Rabearison, 2019** dynamique du carbone des sols tropicaux sous l'effet de différents arbres agro-forestiers associés ou non avec le RIZ pluvial cas de la région Itasy .mém, ingé, univ D'Antananarivo (France), 5p.
- **RAIMBAULT G., (1994)** - Comptabilité générale et analyse financière : outils de gestion.Ed.CHIHAB-EYROLLES, 177 pp.
- **RAMADE(2003)** - Eléments d'écologie. 3ème Ed. Dunod, Paris. 690 p.
- **Reijntjes C, Haverkort B et Waters-Bayer A., 1995.**Une agriculture pour demain : introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants externes, Wageningen (Pays-Bas). 169 p.
- **RGA., (2003)** – Recensement général de l'agriculture 2001, rapport générale des résultats.direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information du MADR ,125p.
- **Robert, 1996** Le sol, interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Ed. Masson, Paris, 244 p
- **Schvartz.C, DecrouxJ et Muller J-C ., 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée: grandes cultures et prairies, France Agricole Editions. 414 p.
- **Sebillotte M., 1976.** Jachères, système de culture, système de production : méthodologie d'étude. Institut National agronomique de Paris-Grignon, Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique Appliquée. PP: 241-264.
- **Singer, 1995** The mineral composition of hot and cold desert soils, In; Arid ecosystem. Ed. Bum, H.P.& Berkowig, S.M., Advance ingéologie, 28pp.13-28.
- Station météorologique de M'sila 2022.
- Subdivision agricole de m'sila 2022 .
- **Tapsoba A., 2010.** Dynamique des systèmes de production du village de Gombeledougou dans la zone cotonnière de Houndé : Evaluation et modélisation technico-économique, université polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut du développement rural. 71 p.
- **Tessier , 1996** BRUAND A., LE BISSONNAIS Y et DAMBRINE E., 1996- Qualité chimique et physique des sols : variabilité spatiale et évolution. Ed. PARIS, 229-244p.

- **USDA, 1954** Keys to soil taxonomy.332p.
- **Ventura , DARREL N et LOOROPEZA L., 2001-** Soils erosion of an indurate volcanic from the semi arid area of Mexico. Nat. Soil. Erosion. Res. Lab. Col 47. n° 3. 330- 335 P.
- **Vilain, 1997 , la production végétale ,2 eme Ed , tes doc , paris, p78.**
- **YUNG J.M. et ZASLAVSKY J., (1992)** - pour une prise en compte des stratégies des producteurs. CIRAD, collection “Documents Systèmes Agraires“, pp. 72.
- **Zedam, A. (2015).** Etude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna (inventaire-préservation) ; Doctorat ; Université de Sétif ; 138P

---

# Annexes

---

**Annexe n° 1****Méthode d'extrapolation des données (Pour la zone de Hammam Dalaa)**

-L'altitude de la région de M'sila : **441m**.

-L'altitude moyenne de la région d'étude (Hammam Dalaa) : **755.5m**.

La différence d'altitude : **755.5-441= 314,5m**.

**a.Température :**

❖ Les températures maximales décroissent de **0,7°C** avec l'élévation de **100m** d'altitude.

Dans notre zone d'étude :

**0,7°C→100m**

**X°C→314.5m**

$$\text{Donc: } T^{\circ}\text{C} = \frac{314.5 \times 0,7}{100} = 2.20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Donc, chaque valeur de la **T°C** max mensuelle de station de M'sila à **441m** d'altitude diminue de **2,20 °C** respectivement pour déterminer les valeurs de **T°C** max mensuelles de la région de Hammam Dalaa à **755.5m**.

❖ Les températures minimales décroissent de **0,4 °C** pour **100m** d'altitude.

Dans notre zone d'étude :

**0,4→100m**

**X°C→314,5m**.

$$\text{Donc : } T^{\circ}\text{C} = \frac{314.5 \times 0,4}{100} = 1,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

❖ Les températures moyennes décroissent de **0,55°C** pour une hausse de **100m** d'altitude.

Dans notre zone d'étude :

**0,55°C→100m**

**X°C→314.5m**

$$\text{Donc : } T^{\circ}\text{C} = \frac{314.5 \times 0,55}{100} = 1.72^{\circ}\text{C}$$

Donc, chaque valeur de la **T°C** moyenne de la station de M'sila à **441m** d'altitude diminue de **1.72°C** respectivement pour les valeurs de **T°C** moyenne de la région de Hammam Dalaa.

**b- Précipitation :**

Les précipitations augmentent de 20mm pour une élévation de 100m d'altitude.

Dans notre zone d'étude :20mm→100m

**P mm→ 314.5m**

$$\text{Donc : } P = \frac{314.5 \times 20}{100} = 62.9 \text{ mm}$$

La moyenne annuelle des précipitations de la station météorologique de M'sila : **170,72 mm**

Donc, les précipitations annuelles de la région d'étude = **62.9+170,72= 233.62mm**

Le coefficient de correction (K) :

$$K = \frac{P(\text{moyenne annuelle de la région d'étude à } 755.5\text{m})}{P(\text{moyenne annuelle de la région de M'sila à } 441\text{m})}$$

$$\text{Donc : } K = \frac{233.62}{170,72} = 1,36$$

## Annexe n° 2

Le vent la période (2006-2016) de la région de M'sila

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
2006	4	4	5	5	4	6	3	4	3	4	4	3
2007	3	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	5
2008	3	4	5	6	5	5	4	3	4	2	3	3
2010	4	4	4	4	5	4	3	3	4	3	4	3
2011	3	5	4	4	5	4	5	3	4	3	4	4
2012	4	5	5	6	4	4	5	5	4	5	4	4
2013	5	5	7	5	6	5	4	4	4	4	5	3
2014	4	4	5	5	5	5	4	4	3	3	4	5
2015	5	6	6	4	5	4	4	4	5	4	4	2
2016	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4
Moyenne	3,72	3.54	4	3.63	3.81	4.63	5	4.81	4.81	4.54	4	4

## Annaexe n °3

Moyenne mensuelle de la région de M'Sila Evapotranspiration potentielle ETP en mm

2006-2016

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
2006	0.29	0.48	3.16	10.13	23.75	39.45	53.54	45.50	19.17	13.88	3.02	0.77
2007	0.76	1.71	2.36	6.83	17.45	42.56	57.14	51.79	23.07	10.85	1.73	0.75
2008	0.78	1.64	2.92	9.01	19.11	35.46	62.19	53.71	24.09	8.44	1.62	0.40
2009	0.67	0.59	2.71	3.24	21.35	42.33	58.53	53.60	23.51	10.61	3.01	1.27
2010	0.94	1.44	3.62	8.15	13.27	35.58	61.22	52.32	24.47	8.91	2.46	0.78

<b>2011</b>	<b>0.71</b>	<b>0.75</b>	<b>2.65</b>	<b>9.44</b>	<b>17.50</b>	<b>32.66</b>	<b>56.52</b>	<b>52.25</b>	<b>29.82</b>	<b>8.98</b>	<b>2.68</b>	<b>0.80</b>
<b>2012</b>	0.37	0.19	2.65	4.99	20.29	48.36	64.08	59.25	23.98	9.97	2.67	0.58
<b>2013</b>	0.34	0.23	2.06	5.76	10.22	24.62	46.36	54.22	30.87	19.22	11.50	1.27
<b>2014</b>	0.67	1.20	2.07	9.23	17.68	31.55	51.44	52.17	28.52	12.06	3.20	0.55
<b>2015</b>	0.47	0.52	3.09	11.18	25.02	34.81	59.82	48.97	23.28	8.73	2.40	0.58
<b>2016</b>	0.89	1.33	2.46	9.26	18.24	37.99	55.01	45.82	23.16	12.46	2.33	0.62
<b>Moyenne</b>	0.63	0.92	2.71	7.93	18.53	36.85	56.90	51.78	24.90	11.28	3.33	0.76

#### Annexe n°4

#### Station météorologique de M'sila HUMIDITE - MOYENNES MENSUELLES 2006-2016 (%)

	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>AVR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUIN</b>	<b>JUIL</b>	<b>AUT</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEC</b>
<b>2006</b>	76	80	71	51	51	34	38	40	54	51	71	82
<b>2007</b>	75	71	69	71	55	46	33	37	59	67	75	76
<b>2008</b>	73	63	63	48	49	44	37	41	55	78	80	88
<b>2009</b>	86	79	69	72	43	38	30	40	63	60	66	77
<b>2010</b>	76	73	65	64	53	42	33	37	46	62	72	65
<b>2011</b>	70	68	65	61	54	47	36	35	48	61	76	77
<b>2012</b>	79	67	56	71	42	33	25	25	39	57	76	76
<b>2013</b>	74	67	57	51	49	39	32	34	48	50	67	81
<b>2014</b>	77	64	61	44	43	41	28	31	43	45	64	76
<b>2015</b>	71	73	59	46	39	36	28	36	47	62	63	67
<b>2016</b>	65	61	53	50	40	30	26	30	42	48	65	69
<b>Moyenne</b>	74.72	69.63	62.54	57.18	47.09	39.09	31.45	35.09	49.45	58.27	70.45	75.81

## Annexe n°5

**STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE M'SILA Bilan pluviométrique 2006-2016**

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>2006</b>	26	50	1	14	26	3	29	5	20	NT	29	22
<b>2007</b>	5	12	17	80	26	6	NT	4	23	10	5	NT
<b>2008</b>	5	5	6	NT	16	6	2	3	35	57	10	26
<b>2009</b>	31	17	5	34	2	8	1	3	23	4	6	19
<b>2010</b>	7	32	21	21	3	3	2	6	4	11	8	3
<b>2011</b>	3	8	8	21	13	40	2	5	19	26	12	11
<b>2012</b>	NT	2	31	21	4	1	1	4	59	27	9	9
<b>2013</b>	15	10	21	27	14	NT	5	7	6	38	29	28
<b>2014</b>	20	7	19	NT	50	11	6	2	13	2	27	13
<b>2015</b>	12	25	13	6	6	3	NT	16	27	51	NT	NT
<b>2016</b>	5	8	12	50	22	NT	14	NT	5	9	16	14
<b>Myenne</b>	12.9	16	14	30.4	16.5	9	6.89	5.5	21.3	23.5	15.1	16.1

## Annexe n°6

**Station météorologique de M'sila Bilan Températures MAX absolu depuis 2006-2016**

Mois	JAN	FEV	MA R	AVR	MA I	JUI N	JUI L	AUT	SEP	OCT	NO V	DEC
<b>2006</b>	16.4	17.8	28.9	32.8	39.7	44.2	43.8	42.1	36.4	36.3	30.8	19.5
<b>2007</b>	22.6	22.3	27.7	28.8	36.9	44.1	42.2	42.2	36.8	34.7	21.4	20.8
<b>2008</b>	19.2	23.4	30.5	34.4	36.2	40.7	45.7	45.0	39.5	29.3	21.4	17.0
<b>2009</b>	18.3	18.0	25.4	28.7	37.0	39.8	45.2	43.4	40.8	32.7	27.0	22.8
<b>2010</b>	20.0	28.7	28.2	30.2	34.0	42.6	45.3	42.7	36.7	35.0	23.3	22.1
<b>2011</b>	20.3	20.4	25.6	33.0	36.1	41.3	43.6	44.6	41.0	30.9	22.6	18.8
<b>2012</b>	18.4	21.5	26.1	31.7	36.4	43.3	46.2	44.8	38.5	36.0	28.1	19.3
<b>2013</b>	21.3	19.6	26.8	34.1	27.4	34.1	38.0	36.1	33.0	29.6	18.9	14.2
<b>2014</b>	18.8	25.4	23.6	33.3	36.6	39.4	43.3	44.3	41.4	37.2	26.1	18.5
<b>2015</b>	20.0	17.7	29.4	34.4	41.3	40.2	44.2	45.3	39.4	34.3	24.2	20.4
<b>2016</b>	22.4	23.7	32.7	32.4	43.2	40.3	43.2	43.4	37.4	34.0	27.4	22.0
<b>Moyenn e</b>	19.7	21.6	27.71	32.1	36.8	40.9	43.7	43.0	38.2	33.6	24.6	19.5
	9	8		6		0		8	6	3	5	8

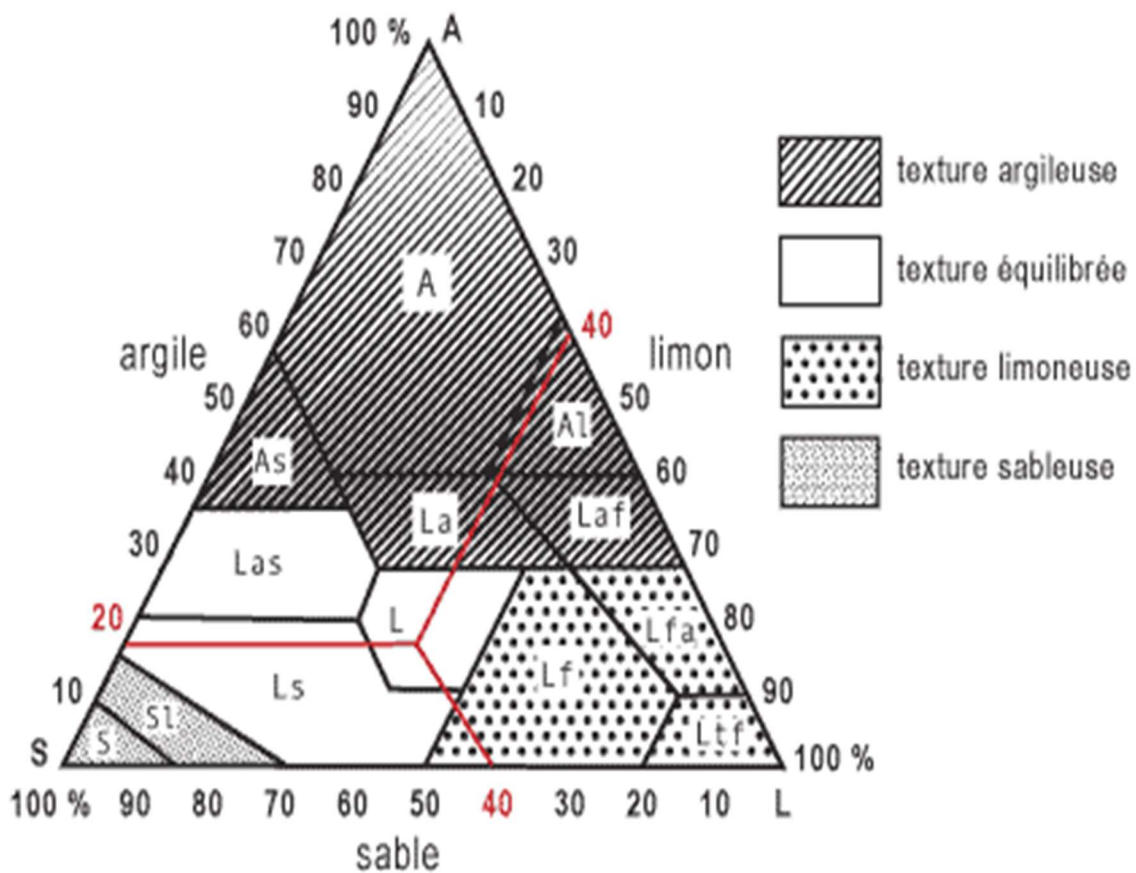


## Annexe n° 9

statistiques et indicateurs par la commune Hammam Dalaa

Commune	Superficie agricole totale(Ha) (1)	S.A.U totale (Ha) (2)	S.A.U irriguée(Ha) (3)	Superficie des zones Alfa en Ha	SAU /Superficie agricole tot. (2/1)	SAU irriguée /SAU totale(3/2)
H.Dalaa	37231	5800	294	1500	0.16	0.05

## Annexe n° 10



Triangle de texture du sol

## خصائص تربة ولاية المسيلة. حالة منطقة حمام الضلعة ملخص

تم تخصيص هذا العمل لتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لتربة القطف (حمام الضلعة) ، ولاية المسيلة. أظهرت النتائج التي تم العثور عليها للتربتين بعض الخصائص المقبولة بالإضافة إلى ثلاث مشاكل خطيرة يجب حلها ، وهي:

- \* غالبية آفاق هذين القطاعين ذات قوام طينية، مما يجعلها عرضة للتآكل (الماء والرياح). يجب مراقبة الزيادة في استقرار هذه التربة وكذلك تغطيتها ، خاصة في فترات الأمطار الغزيرة ، مع إنشاء المحاصيل واختيار فترات الحرث.
- \*الملوحة؛ حل مشكلة الملوحة بتكيب شبكات صرف وتحكم نوعي وكمي لمياه الري
- \* وجود الحجر الجيري الكلي والنشط في التربة مما يشكل خطرًا على نمو النبات، لذا فإن أحد الحلول هو تحسين بنية هذه التربة.

**الكلمات المفتاحية:** التوصيف ، حمام الضلعة ( القطف ) الخصائص , التربة الفيزيائية , الكيميائية , البيولوجية

## Caractéristiques et propriétés des sols de la wilaya de M'Sila. Cas de la région de Hammam Dalaa

### Résumé

Ce travail est consacré à la détermination des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols du Gtafe (Hammam Dalaa) , wilaya de M'sila.

Les résultats trouvés pour les deux profils étudiés, montre certaines propriétés acceptables ainsi que trois graves problèmes à régler, il s'agit de :

\*La texture du sol, puisque la majorité des horizons des deux profils sont limoneux, ce qui les rends sujets à l'érosion (hydrique et éolienne). L'augmentation de la stabilité de ces sols ainsi que leur recouvrement surtout en périodes de pluies violentes, avec installation des cultures et choix des périodes de travail du sol sont à suivre.

\*La salinité ; régler le problème de salinité par l'installation des réseaux de drainage et le contrôle qualitative et quantitative des eaux d'irrigation

\*La présence dans le sol du calcaire total et actif qui crée un risque de croissance de plante, donc un des solutions est d'améliorer la structure de ces sols.

**Mots clés:** Caractérisation, sol, Hamman Dalaal , propriétés physiques, chimiques , biologiques.

## Characteristics and properties of the soils of the wilaya of M'Sila. Case of the Hammam Dalaa region.

### Summary

This work is devoted to the determination of the physical, chemical and biological characteristics of the soils of Gtafe (Hammam Dalaa), wilaya of M'sila.

The results found for the two profiles studied show certain acceptable properties as well as three serious problems to be solved, namely:

\*The texture of the soil, since the majority of the horizons of the two profiles are silty, which makes them subject to erosion (water and wind). The increase in the stability of these soils as well as their covering, especially in periods of violent rains, with the establishment of crops and the choice of periods of tillage are to be monitored.

\*Salinity; solve the salinity problem by installing drainage networks and qualitative and quantitative control of irrigation water

\*The presence in the soil of total and active limestone which creates a risk of plant growth, so one of the solutions is to improve the structure of these soils.

**Keywords:** Characterization, soil, Hamman Dalaal , properties, physical, chemical, biological.