

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE SCIENCE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE
N° :32/DSA/2021



DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE ET
DE LA VIE

FILIERE : SCEINCES AGRONOMIQUES

SPECIALTE : SCIENCE DU SOL

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: GARTI Abderrazak

HIRECHE Selimen

Intitulé

*Qualité des sols de la wilaya de
M'sila
Cas de Maadher Bousaada*

Devant le jury composé de:

M ^r AMROUNE	A	MCA	Président
M ^{elle} TIR	CH	MAA	Rapporteur
M ^{elle} MADANI	Dj	MAA	MAA Co-encadreur
M ^r TELLACHE	S	MAA	MAA Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Tout d'abord, Nous remercions le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Au terme de ce travail et à travers ces quelques lignes, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

*Nous tenons à remercier tous particulièrement notre promoteur **M^{elle} TIR.CH** qui a bien voulu diriger ce travail, en nous faisant profiter de son expérience et surtout de ses connaissances, ses conseils et remarques qui nous ont été très bénéfiques.*

*Vertueusement, nous tenons à remercier notre Co-promotrice **M^{elle} Madani. D**, de son efficace contribution et sa poursuite minutieuse dès le début de la réalisation de notre et à qui on demeure profondément très reconnaissants.*

*Nous remercions également, **Mr AMROUNE A**, de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*

*Nous remercions aussi, **Mr TELLACHE S** d'avoir accepté d'examiner notre travail, et de faire partie du jury.*

*Grand merci à **Mr ATTIG Mohamed** (propriétaire de l'exploitation agricole) d'avoir accepté et de nous autoriser de travailler sur le sol de son exploitation, ainsi que pour son accueil chaleureux et ces conseils précieux*

Nous n'oublierons pas d'exprimer notre reconnaissance à nos familles et nos amis et le personnel des laboratoires des sciences agronomiques (en particulier Mr Hadj Arousi Yacine) et tous les personnes qui nous ont aidées et supportées durant ces années.

Dédicaces

À tous mes amis et collègues

*Et particulièrement les plus intimes, en témoignage des moments
inoubliables, des sentiments purs, et des liens solides qui nous
unissent.*

*À toutes les personnes Qui me reconnaisse et qui m'ont aidé et
contribué à la réalisation de ce travail.*

slimen

Dédicaces

À tous mes amis et collègues

*Et particulièrement les plus intimes, en témoignage des moments
inoubliables, des sentiments purs, et des liens solides qui nous
unissent.*

*À toutes les personnes Qui me reconnaisse et qui m'ont aidé et
contribué à la réalisation de ce travail.*

Abderrazak

Table de Matière

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Liste abbreviations

Introduction générale 1-2

Chapitre I : Etat des connaissances sur le sol et ses principales propriétés

I-1- Définitions des sols	3
I-2-Principales propriétés des sols	3
I-2-1- Texture du sol	4
I-2-1-1-Définition de la texture du sol	4
I-2-1-2-Méthodes de détermination de la texture et classification des constituants texturaux du sol	4
I-2-1-3-Les propriétés des sols des différents types de texture	6
I-2-2-Structure du sol	7
I-2-2-1-Définition de la structure du sol	7
I-2-2-2-Types de structure du sol	9
I-2-2-3-Stabilité structural	10
I-2-3-Porosité et perméabilité du sol	11
I-2-3-1-Définition et détermination de la porosité des sols	11
I-2-3-2-Perméabilité du sol	11
I-2-3-4-pH du sol	12
I-2-3-5-Conductivité électrique (CE) de la solution du sol	12
I-2-3-6-Calcaire du sol	13
I-2-3-7-CEC du sol	13
I-2-3-8-Matière organique dans le sol	14

Chapitre II : Présentation et milieu physique de la zone d'étude

II-1-Situation géographique de la zone d'étude	16
II-2-Milieu physique de la zone d'étude	18
II-2-1-Géologie de la zone d'étude	18
II-2-2-Géomorphologie de la zone d'étude	19

II-2-2-1-Cadre montagneux	19
II-2-2-2-Le piedmont	19
II-2-2-3-La plaine	19
II-2-2-4-Chott el Hodna	20
II-2-3-Hydrologie de la zone d'étude	20
II-2-4-Pédologie de la zone d'étude	20
II-2-4-1-Les sols minéraux bruts d'apport alluvial	20
II-2-4-2-Les sols peu évolués	20
II-2-4-3-Les sols calci-magnésiques	20
II-2-4-4-Les sols halomorphes	21
II-2-4-5-Les sols hydro morphes	21
II-2-4-6-Les sols isohumiques	21
II-2-5-Characterisation climatique de la zone d'étude	22
II-2-5-1-Origin (sources) des données climatiques	23
II-2-5-2-Température	23
II-2-5-3-Variation saisonnière	24
II-2-5-4-Précipitations	25
II-2-5-5-Régime saisonnier	25
II-2-5-6-Evapotranspiration	26
II-2-5-7-Les vents	27
II-2-5-8-L'Humidité	29
II-2-5-9-L'Ensoleillement	30
II-2-5-10-Les indices climatiques	31
II-2-6-Végétation de la zone d'étude	34

Chapitre III: Méthodologie de travail

III-1-Objectif d'étude	36
III-2-Echantillonnage et prélèvement	36
III-3-Méthodes d'analyse des échantillons prélevés	37
III-3-1-Conductivité électrique	37
III-3-2-pH du sol	37
III-3-3-Calcaire total	38
III-3-4-Calcaire actif	38
III-3-5-Analyse granulométrique des échantillons des sols	39
III-3-6- Dosage de carbone organique et calcule des taux des MO dans nos sols	40

Chapitre IV: Résultat et discussion

IV-1-Caractérisation des sols du premier profil (P₁) du (Maadher)	42
IV-1-1-Description morphologique des horizons du profil P₁ (Maadher)	42
IV-1-2-Présentation et interpretation des résultats analytiques du sol du premier profil (Maadher)	43
IV-1-2-1-Texture des horizons du profil P ₁	43
IV-1-2-2-Réaction du sol (pH) des horizons du premier profil de la zone du Maadher	44
IV-1-2-3-Conductivité électrique (CE) des horizons du profil P ₁	45
IV-1-2-4-Calcaire total (CaCO _{3t}) dans les horizons du profil P ₁	47
IV-1-2-5-Calcaire actif des horizons du profil P ₁	47
IV-1-2-6-Matière organique dans les horizons de P ₁ (Maadher)	48
IV-2-Caractérisation des sols du deuxièm profil (P₂) du (Maadher)	49
IV-2-1-Description morphologique des horizons du deuxièm profil P₂ (Maadher)	49
IV-2-2-Caractérisation analytique des sols du profil P₂ (Maadher)	50
IV-2-2-1-Humidité dans les horizons du profil P ₂	50
IV-2-2-2-Texture des horizons du profil P ₂	51
IV-2-2-3-Porosité des horizons du profil P ₂	52
IV-2-2-4-Réaction du sol (pH) des sols du deuxième profil	52
IV-2-2-5-Conductivité électrique des horizons du deuxième profil P ₂	53
IV-2-2-6-Calcaire total CaCO _{3t}	54
IV-2-2-7-Calcaire actif des sols de P ₂	55
IV-2-2-8-Matière organique des horizons du deuxième profil	56
IV-2-2-9-L'humidité au niveau des horizons de P ₂	56
Conclusion générale	58
Reference bibliographie	
Annexes	
Résumé	

Liste des figures

<i>Chapitre I</i>	
Fig. I.1: Diagramme de classification détaillée des textures des sols (Jamagne, 1977)	5
Fig. I.2: Structure d'un agrégat du sol (Prevost, 2006)	9
Fig. I.3: Classification des types des structures des sols (Prevost, 2006).	9
Fig. I.4: Classes de la stabilité structurale (Vilain, 1978)	10
Fig. I.5: Grandeur intervenant dans la définition de la porosité totale et de la masse volumique apparente (Calvet, 2013)	11
Fig. I.6 : Dispositif de mesure de la perméabilité du sol (Duchaufour, 2001)	12
<i>Chapitre II</i>	
Fig. II.1: Localisation géographique de la zone d'étude (Cadastre+GoogleEarth, 2018).	17
Fig. II.2: Carte géologique de M'Sila (FAO, 1975).	19
Fig. II.3: Carte pédologique de M'Sila (FAO, 1975)	22
Fig. II.4: Températures moyennes mensuelles (en C°) de la region d'étude (Maadher) (1994-2016)	24
Fig. II.5: Variations saisonnière de la température (en C°) de la région du Maadher (1994 -2016)	25
Fig. II.6: Précipitations moyennes mensuelles de la région du Maadher (1994-2016)	26
Fig. II.7: Régime saisonnier des précipitations (en mm) de la région d'étude (1994-2016)	27
Fig. II.8: Evapotranpiration mensuelle moyenne (en mm) de la région d'étude selon la méthode de Thornthwaite (1994-2016)	28
Fig. II.9 : Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude (2004-2016)	29
Fig. II.10: humidités relatives mensuelles moyenne en (%) de la région d'étude (2004-2016)	30
Fig. II.11: Nombre moyenne d'insolation de la région d'étude (2004-2016)	31
Fig. II.12 : Diagramme ombrothermique de la région d'étude (1994-2016)	33
Fig. II.13: Positionnement de la région d'étude dans le Climagramme d'Demberger Durant la période (1994-2016)	35
<i>Chapitre III</i>	
Fig. III.1: Photo satellitaire représente les deux stations de prélèvement sur la zone d'étude S ₁ et S ₂ (Maadher)	36
<i>Chapitre IV</i>	
Fig. IV.1: Disponibilité des éléments nutritifs en fonction du pH du sol (Apal, 2013).	46
Fig. IV.2: Variation de la conductivité électrique (CE) dans les horizons du premier profil (Maadher)	47
Fig. IV.3: Représentation des teneurs en calcaire totale des horizons du premier profil (Maadher)	48

Fig. IV.4: Taux du calcaire actif au niveau des horizons du premier profil (zone du Maadher).	49
Fig. IV.5: Taux de matière organique au premier profil de la zone du Maadher.	50
Fig. IV.6 : Taux d'humidité de chaque horizon du deuxième profil.	52
Fig. IV.7: Variation des fractions granulométriques pour les horizons du profil P ₂	53
Fig. IV.8: Représentation des densités et porosités pour chaque horizon (profil P ₂)	54
Fig. IV.9: Valeurs des pH des quatre horizons de P ₂	55
Fig. IV.10 : Variation de la conductivité électrique dans les horizons de P2	56
Fig. IV.11: Variation des teneurs en calcaire totale en fonction des horizons du profil P2	57
Fig. IV.12: Variation des teneurs en calcaire actif pour chacun des horizons de P2	57
Fig. IV.13: Variation des teneurs MO pour chacun des horizons de P2	58
Fig. IV.14 : Variation de l'humidité dans chaque Horizon du profil P2	59

Liste des tableaux

Chapitre I

Tab. I.1: Classification granulométrique des éléments constitutifs des sols	6
Tab. I.2: Les classes granulométriques du sol en fonction des diamètres des particules	6
Tab. I.3: La capacité totale d'échange dépend de la nature des colloïdes argilo-humiques	14
Tab. I.4: Rôles des matières organiques dans le sol	15

Chapitre II

Tab. II.1: Paramètres et résultats du calcul de l'indice d'aridité (Ia) pour la zone d'étude.	32
Tab. II.2: Classification des climats selon l'indice de DeMartonne.	32
Tab. II.3: Paramètres et résultats du calcul du quotient pluviométrique pour la zone d'étude.	34

Chapitre IV

Tab. IV. 1: Fractions granulométriques des horizons du premier profil P ₁ (Maadher)	43
Tab. IV.2: Valeurs de pH (eau) et pH (KCl) du profil P ₁ du Maadher	45
Tab. IV.3: Représentation des résultats de la conductivité électrique (CE) des six du premier profil	47
Tab. IV.4: Pourcentages du calcaire total CaCO ₃ des horizons du profil P ₁	48
Tab. IV.5 : Représentation du taux du calcaire actif dans les horizons du premier profil.	49
Tab. IV.6: Teneur du MO% et CO% avec l'interprétation (horizons du premier profil)	50
Tab. IV.7 : Fractions granulométriques des horizons du deuxième profil	53
Tab. IV.8: Valeurs des densités et porosités des horizons de P ₂	54
Tab. IV.9 : les valeurs de pH eau et pH kcl du profil P ₂	55
Tab. IV.10 : les pourcentages de calcaire total CaCO ₃ (P ₂)	56
Tab. IV.11 : variation de carbone organique et MO en % profil (P ₂)	58

Liste des photos

Chapitre III

Photo III.1: Conductimètre (outil de mesure de la conductivité électrique) (Garti et Hireche, 2021)	37
Photo III.2: pH mètre (outil de mesure du pH du sol) (Garti et Hireche, 2021)	38
Photo III. 3: Calcimètre de Bernard	39
Photo III.4: Titration lors de mesure du calcaire actif des sols analysés (Garti et Hireche, 2021)	39
Photo III.5 : échantillons de sol avant prélèvement des fractions (Garti et Hireche, 2021)	40
Photos III.6: Une des étapes de détermination du taux du CO dans nos sols (Garti et Hireche, 2021)	41

Chapitre IV

Photo. IV 1: Présentation des horizons du premier profil (P ₁) (la zone du Maadher) (Garti et Hireche le 13 avril 2021)	43
Photo. IV.2: Présentation des horizons du deuxième profil (P ₂) (Maadher) (Garti et Hireche le 27 Mai 2021)	51

Liste des abréviations

A: Argile.
Ca⁺²: Calcium.
CaCO₃: Calcaire.
CAS: coefficient d'absorption du sodium(SAR).
CE: conductivité électrique.
CEES: conductivité électrique de l'extrait de pate saturé.
CEC: Capacité d'échanges cationiques.
da: densité apparent.
dr: densité réelle.
dS/m: déci-siemence par mètre.
Eche: Echelle.
FAO: Food Agricultural Organisation.
H: Horizon.
H (%): Taux d'humidité.
IB: Indice de battance.
L: Limon.
Lt: Limon total.
meq/l: milli équivalent par litre.
mmoh/cm: milli mohos par centimètre.
MO: Matière Organique.
P: Précipitation (mm).
P(%): Porosité en pourcentage.
P_e: 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: premier Profil et P2: deuxièm Profil).
St: Sable total.
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.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Le déficit majeur des pays Nord Africains est double, assurer une sécurité alimentaire pour une population à fort taux démographique et amortir la dégradation des ressources naturelles.

Nombreuses sont les contraintes de production agricole dans ces zones (arides) et sous ces conditions, les plus importants selon les auteurs sont : les contraintes climatiques tels que l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies d'une année à l'autre et à l'échelle de la même année, rareté de l'eau qui est elle même de qualité médiocre dans la majorité des cas, ajoutant aussi la contrainte édaphiques tels que le manque des données et des études sur les sols et leurs caractéristiques ainsi que leurs dégradations.....

M'Sila (dont la zone d'étude « Maadher » fait partie) est une zone aride du centre du pays. Réputée d'être une zone pastorale où l'agriculture était considérée comme une activité secondaire mais elle ne cesse d'être de plus en plus importante et intéressante. D'où les recherches doivent être plus accentuées dans le but de faciliter l'élaboration de projets d'aménagement agricole et d'augmenter la productivité de ses sols par unités de surface.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail, dont l'objectif principale est de caractériser les propriétés physico-chimiques des sols de cette zone.

Pour atteindre cet objectif, notre travail est structuré en quatre chapitres précédé par une introduction générale et finalisé par une conclusion générale. Pour les chapitres on a :

Chapitre I; qui traite l'état des connaissances sur le sol et ses principales propriétés

Chapitre II; dans lequel on montre et on explique la situation géographique ainsi que la caractérisation géologique, hydro-géologique, climatique et pédologique de la zone d'étude

Chapitre III; consacré à la détermination des méthodes de prélèvement ainsi que ceux des analyses au laboratoire

Chapitre IV; dans lequel on présente les résultats de la description morphologique et 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.....

CHAPITRE I:
**Etat des connaissances sur le sol et ses
principales propriétés**

I-1-Définitions du sol

Le sol est un corps naturel indépendant et variant, c'est l'ensemble des horizons extérieurs des roches naturellement modifiées par l'influence mutuelle de l'eau, de l'air et des organismes vivants et morts (**Dokoutchaïev 1883 cité par Duchaufour et al, 2018**).

C'est une formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (**Demolon, 1960**).

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

D'après les travaux de (**Chaude et Leclé, 1999**), on peut définir un sol comme un composite granuleux multicouche, qui se développe sur une roche mère.

Par définition, le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (**Aubert et Boulaine, 1980, in Gobat et al, 1995**).

C'est aussi un milieu divisé; la phase solide est constituée de grains minéraux de taille variable, et d'une fraction organique minoritaire. Ces constituants ne sont pas disposés au hasard; à différentes échelles allant de celle de l'arrangement des particules solides, à celle d'une coupe de sol ou du paysage, on peut reconnaître des unités morphologiques, c'est un milieu organisé (**Stengel et Gelin, 1998**).

Pour l'agriculteur, cette couche constitue le support et le réservoir alimentaire de sa culture et ses productions agricoles (**Prevost, 2006**). C'est la source presque exclusive de l'eau et des sels minéraux indispensable pour le végétale et son développement (**Heller et al, 1993**).

Et dans ce premier chapitre nous allons présenter les propriétés ou caractéristiques de base d'un sol.

I-2-Principales propriétés du sol

Le sol se caractérise par plusieurs propriétés, dont les plus importantes à déterminer sont : la texture, la structure, la porosité et perméabilité, le pH, la CE, la CEC, le taux du calcaire total ainsi qu'actif, le taux de matière organique.....

I-2-1-Texture du sol

I-2-1-1-Définition de la texture du sol

Halitim (1988), expliqua que la texture est un des facteurs déterminants et même limitant de la fertilité; elle influence les propriétés physiques et hydriques (structure, perméabilité, résistance à l'érosion économie en eau et en air, ect ...) ainsi que chimiques (capacités des échanges ioniques ; anioniques et cationiques...) des sols. C'est l'ensemble des propriétés qui découlent de la composition granulométrique du sol (pourcentages des sables grossiers et fins, des limons, des argiles, d'humus et du calcaire), elle est déterminée par l'analyse granulométrique.

D'après (**Heller et al, 1993; Delaunois et al, 2009**), la texture est la composition granulométrique des constituants du sol reflétant leurs diamètres moyens (particules du sol).

La granulométrie est la répartition de l'ensemble des particules du sol en classes de tailles allant des pierres et cailloux de diamètre supérieur à 2cm aux particules argileuses qui font moins de 2 microns (**Chaude et Leclé, 1999**).

Selon (**Drouet, 2010**), deux définitions peuvent être données à la texture du sol:

- * Une définition stricte de la texture; il s'agit de la répartition pondérale des constituants minéraux du sol classés par ordre de taille. C'est donc la composition granulométrique du sol déterminée par l'analyse texturale.
- * Une définition essentiellement pragmatique, pour un agriculteur c'est toutefois cette conception de la texture qui prime celle plus scientifique, de composition granulométrique ; c'est l'ensemble des propriétés qui résultent de la taille et de la nature des constituants du sol et qui se traduisent par un comportement particulier de ce dernier (sol lourd, humide, collant, se réchauffant tardivement et difficile à travailler; ou bien sol léger, à drainage excessif, se réchauffant rapidement,...)..

I-2-1-2-Méthodes de détermination de la texture et classification des constituants texturaux du sol

On peut subdiviser les méthodes de détermination de la texture du sol en deux grandes catégories :

*Trois testes sur terrain peuvent aider à peu près à déterminer (approximativement) la texture d'un sol ; l'impression au toucher de l'échantillon, possibilité de réalisation d'un boudin en émiettant cet échantillon du sol et enfin possibilité de réalisation d'un anneau à partir du boudin déjà réaliser.....

*Méthodes de laboratoire (précise) que la plus utilisée est celle internationale à la pipette de Robinson (qui se base sur le prélèvement des argiles et des limons sur la loi de Stokes..), une fois qu'on arrive à déterminer les pourcentages des sables, des limons et des argiles, on se réfère à des triangles pour déduire les classes texturales.

Le triangle de référence est le triangle rectangle ou le triangle équilatéral, cette représentation

s'appuie sur le fait quasi, dans un triangle équilatéral, ou même un point, des parallèles aux cotés, la somme des distances interceptés sur les coté est égale au côté du triangle.

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 (dans notre cas on donne l'exemple du triangle texturale de Jamagne, **Fig. I.1**).

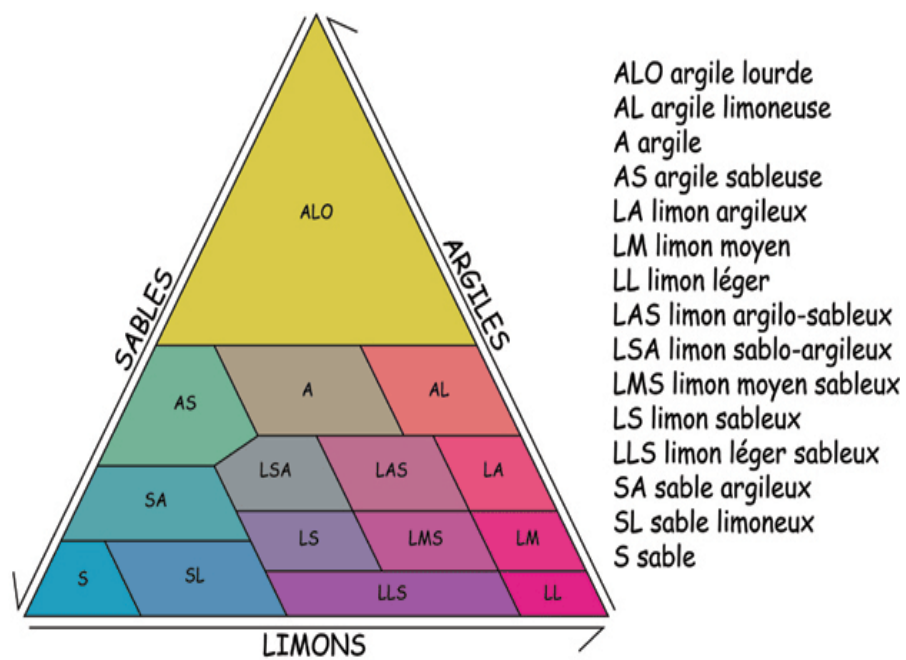


Fig. I.1: Diagramme de classification détaillée des textures des sols (**Jamagne, 1977**).

L'emplacement du point représentatif d'un sol dans le triangle ne donne qu'une indication simple (**Halitim, 1988**). Et la dénomination texturale permet de définir la tendance du sol mais elle est insuffisante pour connaître ces propriétés (**Henin, 1976**).

D'après (**Prevost, 2006**), le triangle textural ne prend en compte que les fractions granulométriques; cependant, certains éléments comme le calcaire et la matière organique peuvent influencer fortement les propriétés du sol lorsque leur taux devient élevé.

Les éléments constitutifs des roches meubles, des sédiments (utilisée en géologie) et des sols (pédologiques) se présentent sous plusieurs classifications granulométriques que (**Ramade, 2003**) résume au tableau suivant (**Tab. I.1**).

Tab. I.1: Classification granulométrique des éléments constitutifs des sols

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

Source: Ramade (2003).

Baize (2000), classas les éléments constitutifs en fonction des diamètres en argile, 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 (**Tab. I.2**).

Tab. I.2: Les classes granulométriques du sol en fonction des diamètres des particules

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

Source: Baize (2000).

I-2-1-3 –Les propriétés des sols des différents types de texture:

A) Les sols à texture sableuse

Les 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 le sable grossier.
- Terres sablonneuses: la fraction prépondérante est sable fin.

Tous les sols à texture sableuse se distinguent par leur faible cohésion (la teneur en argile qui ne

dépasse pas 15% est très petite pour qu'elle puisse produire influence notable sur la cohésion), se travaillent facilement (dits terre légères), la capacité de rétention en eau est réduite, mais la part de l'eau assimilable par les plantes est relativement grande en comparaison aux terre riche en argiles et la vitesse d'infiltration des sables grossiers est grande (**Halitim, 1988**).

B) Les sols à texture argileuse

Présentent 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. Ces terres sont dites lourdes, leurs état physique est très défavorable tandis qu'ils sont des sols riches et fertiles du point de vue chimique (**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) Les sols à texture limoneuse

Ont des 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 au contrôle 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 (**Halitim, 1988**).

La structure des terres limoneuses est donc rarement satisfaisante surtout si le sol est pauvre en matière organique.

Ces sols à texture limoneuse ou silteuse dit 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**).

1-2-2-Structure du sol

1-2-2-1-Définition de la structure du sol

Pour décrire les propriétés physiques du sol, les spécialistes ont adoptés la notion de structure du sol. C'est en effet, l'appréhension de cette dernière qui permet utilement le diagnostic des grandes tendances de fonctionnement physique du sol ou de son comportement mécanique probable (**Guerif, 1990**).

D'après (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.

Plusieurs définitions de la structure du sol sont retenues dans la littérature scientifique. On peut néanmoins les classer en deux tendances ;

*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, 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, 2013), la structure est le mode d'agencement des constituants du sol.

L'agrégat, l'unité structurale de base est formé d'un squelette de grains de sable et de limons reliés entre eux par le complexe argilo-humique. La structure du sol se forme ainsi grâce à la floculation des colloïdes qui se fixent à la surface des éléments grossiers et le relient (Prevost, 2006) (Fig. I.2).

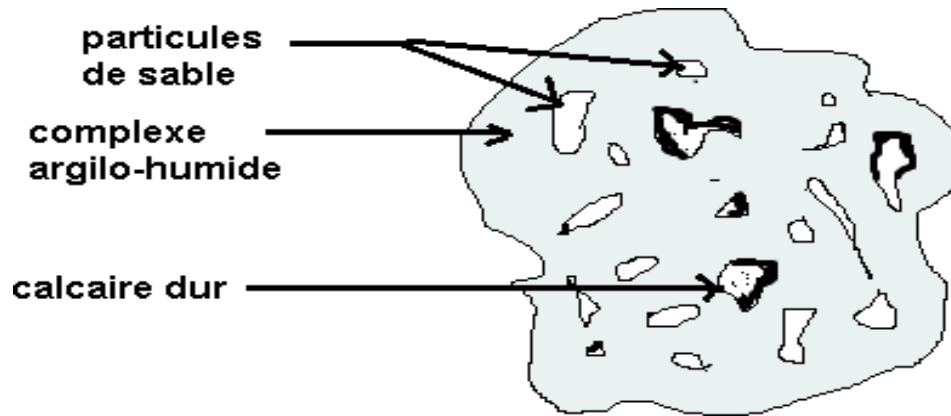


Fig. I.2 : Structure d'un agrégat du sol (Prevost, 2006).

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

Fig. I.3: Classification des types des structures des sols (Prevost, 2006).

1-2-2-2-Types de structure du sol

Selon (Prevost, 2006), on distingue trois principales classes des tructures des sols (Fig. I.3)

- * 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.

Chapitre I: Etat des connaissances sur le sol et ses principales propriétés

Ces structures sont elles- mêmes de type différent selon la taille et la forme des agrégats.

1-2-2-3-Stabilité structurale

D'après (Prevost, 2006), la stabilité structurale est très importante dans un sol et elle peut être maintenue grâce à certaines actions:

-De protection contre les agents de dégradation (supprimer l'excès d'eau par le drainage du sol, éviter le travail du sol en période humide, ne pas laisser le sol nu trop longtemps);

-D'amélioration de la structure (apporter du calcium ou de matière organique pour favoriser une bonne formation du complexe argilo-humique, travailler le sol correctement: labour, puis façons superficielles, adopter une rotation introduisant des prairies de graminées qui couvrent le sol en permanence et dont le système racinaire permet une bonne division du sol).

La stabilité structurale désigne la résistance de la structure vis-à-vis des agents de dégradation. La formation d'agrégat solide et résistant à la dégradation par l'eau assure une bonne stabilité structurale au sol.

Ainsi (Vilaine, 1978), donna un triangle de détermination de la stabilité structurale si on connaît déjà les pourcentages des argiles et des limons (Fig. I.4).

Argile%(0-2 μ)

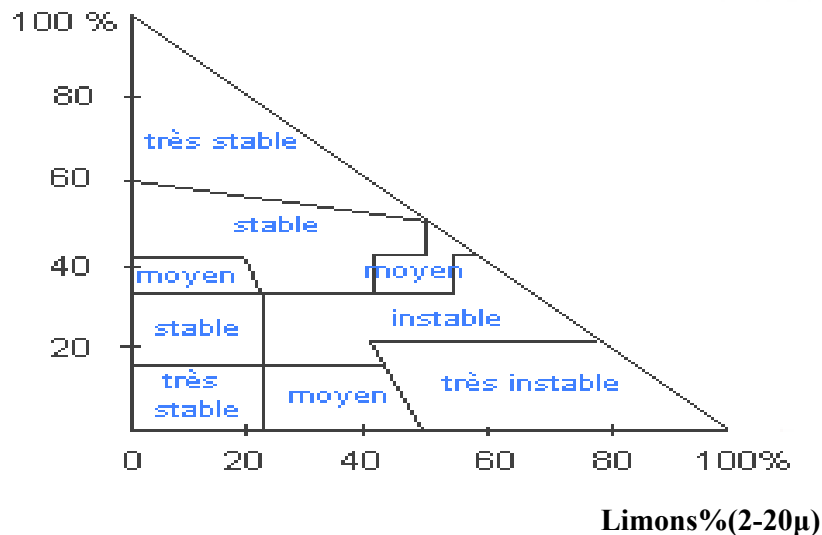


Fig. I.4: Classes de la stabilité structurale (Vilain, 1978)

1-2-3-Porosité et perméabilité du sol

1-2-3-1-Définition et détermination de la porosité des sols

*Le mot porosité peut recouvrir deux notions. La première se réfère à une qualité, celle d'un milieu qui possède des pores, c'est-à-dire un milieu poreux. La deuxième est une grandeur physique qui exprime le rapport entre deux volumes (volume occupé par des pores dans un milieu donné et celui total de ce milieu). Une grandeur complémentaire de la porosité totale est la masse volumique apparente ((Calvet, 2013), Fig .I.5).

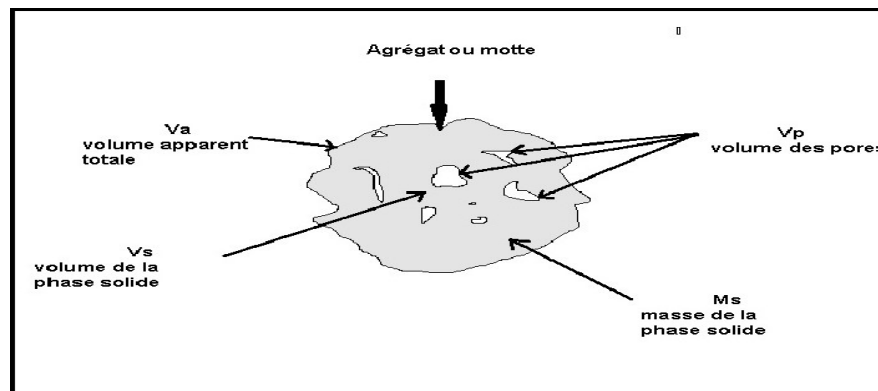


Fig. I.5: Grandeur intervenant dans la définition de la porosité totale et de la masse volumique apparente (Calvet, 2013).

*La porosité totale dépend de l'arrangement des particules de la phase solide qui dépend de l'arrangement des particules de la phase solide qui dépende lui-même de plusieurs facteurs, il s'agit de: l'hétérogénéité du sol, la nature et les teneurs en constituants minéraux et organiques de la phase solide, la teneur en eau du sol et les diverses actions mécanique naturelles d'origine biologique, et artificielles d'origine anthropique.

*Selon (Calvet, 2013), la porosité totale peut être déterminée à partir de mesures effectuées au laboratoire ou sur terrain.

*Il est clair que leur signification n'est pas tout à fait la même en raison notamment, de la variabilité spatiale du sol (Baise, 2000).

D'après (Hillel, 1984; Prevost, 2006), la porosité du sol se mesure à partir des deux densités ; densité apparente (d_a , c'est 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/cm³ et sa valeur moyenne est de 1,3 g/cm³) et densité réelle (d_r , qui représente la masse volumique des éléments solides du sol (de l'ordre de 2,6 g / cm³)).

I-2-3-2-Perméabilité du sol

La perméabilité du sol dépend de la texture et la structure et du sol lui-même. Un sol est perméable

s'il a une texture grossière (sableuse) et une structure fragmentaire (Prevost, 2006).

Elle est définie par la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité en cm par seconde (ou par heure, si la vitesse est lente): coefficient k .

Le coefficient k est calculé par le débit Q obtenu à l'aide du dispositif de filtration sur colonne, indiqué par (la loi de Darcy Fig. I.6): $Q = k(H+H'/H)S$. (Duchaufour, 2001).

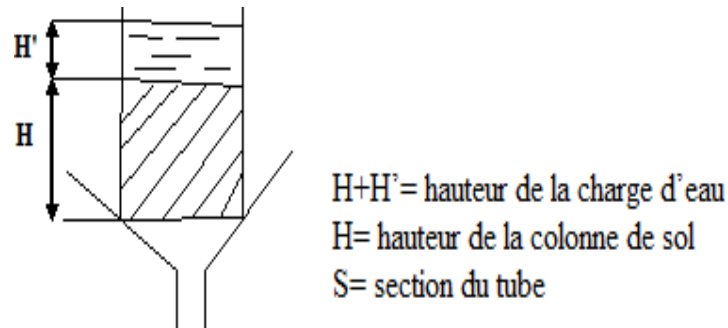


Fig. I.6 : Dispositif de mesure de la perméabilité du sol (Duchaufour, 2001).

1-2-3-4-pH du sol

Selon (Robert, 1996), le pH des sols est une propriété chimique essentielle qui détermine le comportement des éléments chimiques, mais aussi le comportement des êtres vivants (microflore-végétation). On mesure en général le pH de l'eau ou d'une solution qui est en équilibre avec le sol.

L'eau étant entièrement dissociée en ions OH^- et H^+ , chaque variation d'une unité pH traduit donc une variation de concentration de H^+ d'un facteur 10 (vers les pH acides) ou OH^- (vers les Ph alcalins).

Le pH est défini comme le logarithme décimal de la concentration d'une solution en ion H^+ . Il permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions et les surfaces absorbantes du sol.

Le pH exprime la réaction acide, neutre ou basique d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions H^+ libres en solution. Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. 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).

1-2-3-5-Conductivité électrique (CE) de la solution du sol

D'après (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 Pieltain, (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

Chapitre I: Etat des connaissances sur le sol et ses principales propriétés

des solutés ionisables. Cette propriété électro-chimique 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 CE de la pate saturée est grande généralement, la CE s'exprime en m mhos /cm ou déci siemens/mètre à une température de 25°C (Calvet, 2013).

1-2-3-6-Calcaire du sol

Le calcaire est un des constituant du sol, on le trouve avec des pourcentages qui se différent d'un sol à l'autre; selon son origine (la roche mère par exemple), le climat et aussi d'autre facteurs qui favorisent soit sa concentration ou évacuation dans les horizons du sol.

Le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (DeOs Horta, 1979; Djili et Daoud, 1999; Djili, 2000).

Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979).

1-2-3-7-CEC du sol

La CEC est une caractéristique très importante à déterminer dans toute étude des sols et en agronomie. Elle est 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, 2013)

C'est est la quantité maximale des cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol (habituellement 100g) est capable de retenir. Autrement dit, cette mesure représente le total des charges négatives du sol disponibles pour des cations métalliques ou d'ion H⁺.

Selon Duchaufour (1997), la capacité d'échange varie avec le pH; lorsqu'un sol acide est progressivement neutralisé (par apport d'amendements calciques par exemple).

La capacité totale d'échange d'un sol est stable, puisqu'elle dépend du taux et de la nature des colloïdes de ce sol, et que celui-ci ne peut beaucoup varier. Elle est élevée pour les sols argileux et humifère, et faible pour les sols sableux (Tab. I.3) (Soltner, 2000; Giasson et Jaouich, 2008).

Tab. I.3: La capacité totale d'échange dépend de la nature des colloïdes argilo-humiques.

Nature des colloïdes	T (milli équivalents pour 100g de terre)
Kaolinite	3 à 15
Illite	10 à 40
Montmorillonite	80 à 150
Composés humiques	300 à 500
Matière organiques peu humifiée (tourbe, mor)	100

Source: Soltner (2000)

1-2-3-8-Matière organique dans le sol

La matière organique est une substance qui n'as pas de composition chimique bien définie, elle comprend en proportions variables selon les situations écologiques ; des matières humifères ou en voie d'humification à des stades divers d'évolution et des débris organiques pure ou non décomposées (Halitim, 1988).

La quantité, la diversité et l'activité de la faune et des micro-organismes d'un sol sont en relation directe avec la présence de la matière organique. Cette activité biologique a une influence majeure sur les propriétés physico-chimiques des sols (Gobat et al, 1998).

Les chercheurs, d'ordre général subdivisent la matière organique du sol en deux grandes catégories :

***Matière organique fraîche** dite aussi litière qui représentent de 5 à 15% de la masse de carbone organique du sol (Girard et al, 2005). Au sens large, est constituée de l'ensemble des matières organiques d'origine biologiques, à différents stades de décomposition, qui représentent une source d'énergie potentielle pour les espèces qui les consomment. Elle comprend les organismes et les parties d'entre eux qui viennent de mourir et qui en sont détachés, qu'ils soient végétaux, animaux ou microbiens, aériens ou souterrains, ainsi que les excréments des animaux et différents composés émis directement dans le milieu (Gobat et al, 2003).

***Matière organique humifiée**, 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).

De point de vue agricole, la distinction entre la matière organique fraîche et celle humifiée est de très grande importance ; c'est la matière organique humifiée qui joue un rôle important dans la fertilité des sols par l'évolution biochimique qu'elle y subit et par les propriétés physico-chimiques qui en découlent (Huber, 2011).

Chapitre I: Etat des connaissances sur le sol et ses principales propriétés

La matière organique du sol joue trois rôles essentiels (**Tab. I.4**):

*Energétique, comme source de carbone;

*Physique, comme élément majeur de la structure du sol;

*Nutritionnel, pour l'alimentation des plantes. Ces trois rôles dépendent des types de composés organiques, de leur quantité et de leur transformation.

Tab. I.4: Rôles des matières organiques dans le sol

Rôle	Action	Bénéfice
Physique = cohésion	Structure, porosité	<ul style="list-style-type: none"> - Pénétration de l'eau - Stockage de l'eau - Limitation de l'hydromorphie - Limitation du ruissellement - Limitation de l'érosion - Limitation du tassement /compactage - Réchauffement
	Rétention en eau	- Meilleure alimentation hydrique
Biologique = énergisant	Stimulation de l'activité biologique (vers de terre, biomasse microbienne)	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation, minéralisation, réorganisation, humification - Aération - Croissance des racines
Chimique = nutritif	Dégradation, minéralisation	- Fournitures d'éléments minéraux (N, P, K, oligo-éléments...)
	CEC	- Stockage et disponibilité des éléments minéraux
	Complexation ETM	- Limitation des toxicités (Cu par exemple)
	Rétention des micropolluants organiques et des pesticides	- Qualité de l'eau

Source: Huber (2011)

CHAPITRE II :
Présentation et milieu physique de la zone
d'étude

A travers ce chapitre nous allons essayer de présenter la situation géographique de la région d'étude ainsi que les composantes de son milieu physique. En outre, il y est décrit la situation, la géologie,

II-1-Situation géographique de la zone d'étude

Notre étude s'est portée sur deux stations qui appartiennent à la même zone ou région; celle du **Maadher** (Maadher Boussaâda) (**Fig. II.1**).

La région de Boussaâda se trouve à environ 234 km au Sud-Est d'Alger, et à 13 km au Sud-ouest de Chott El-Hodna, avec une latitude de 35°13' Nord, une longitude de 4°10' Est et une altitude de 611 mètres.

La commune de Boussaâda s'étend sur une superficie totale de 249,34 km² (24 934 Ha) et peuplée d'environ 123 236 habitants (**B.S.B, 2008**), limitée par:

*La commune d'Ouled Sidi Brahim au Nord.

*La commune de Maarif au Nord-Est.

*La commune d'El Houamed à l'Est.

*La commune de Tamsa à l'Ouest.

*La commune d'Oueltem au Sud-Est.

*La commune d'Elhamel au Sud-Ouest.

La zone d'étude Maadher fait partie de la commune de Boussaâda, elle s'étendant sur une superficie de 2 984 Ha au Nord-Est et représente 80% des terres agricoles totales de la région (**Selon S.A.B et Cadastre M'sila, 2018**).

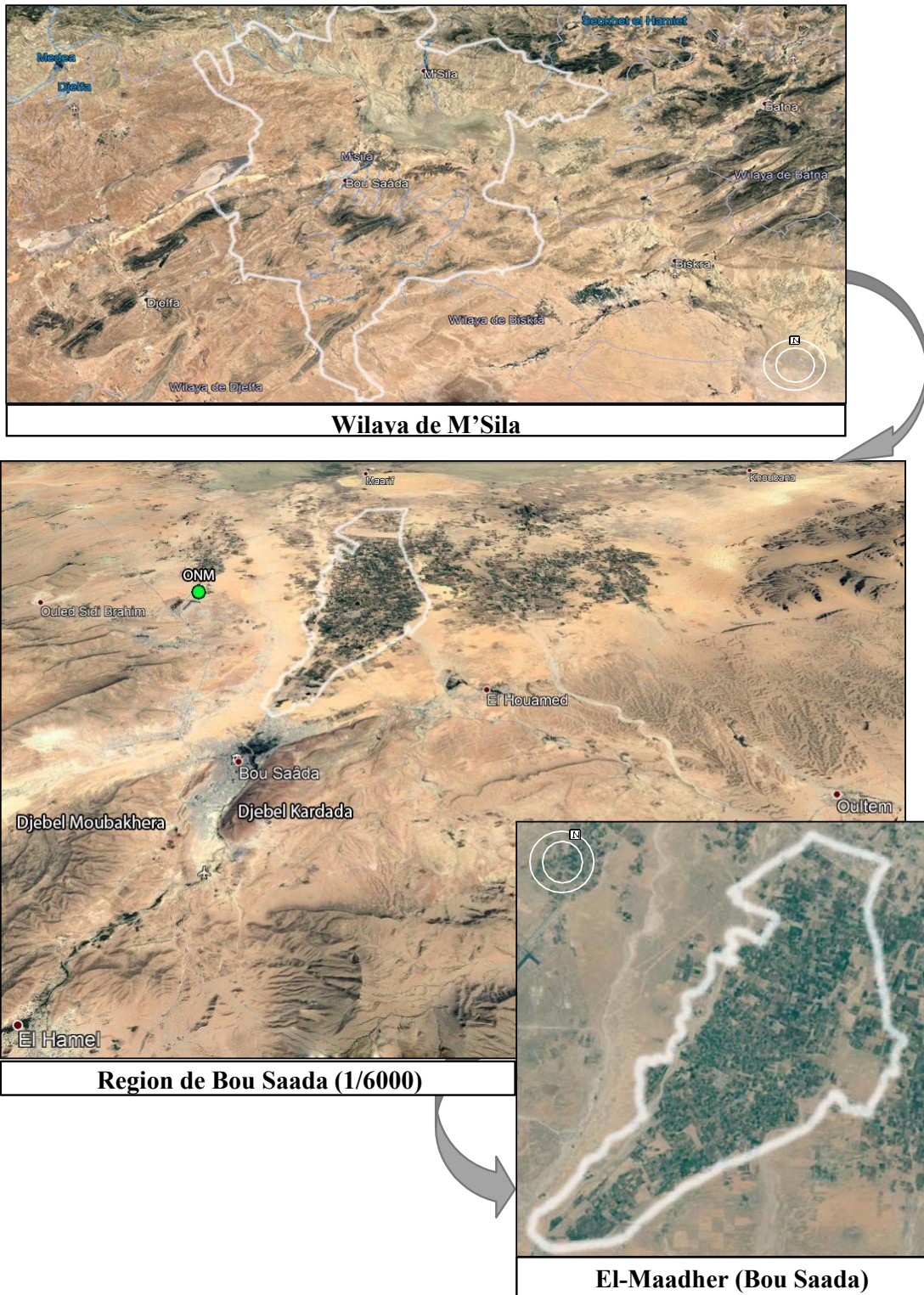


Fig. II.1: Localisation géographique de la zone d'étude (Cadastre+GoogleEarth, 2018).

II-2-Milieu physique de la zone d'étude**II-2-1-Géologie de la zone d'étude**

Selon la sédimentation de terrains on arrive à distinguer que la géologie de cette zone indique:

-**Alluvions anciennes et récentes:** qui sont constituées par des sédiments généralement fins, dont l'épaisseur est parfois supérieure à 10 cm. Ce sont des limons de couleur gris à ocre souvent très riches en matière sableuse.

-**Tertiaire continental,** constituées des dépôts continentaux de niveaux d'argile rouges détritiques, de sables et de conglomérats d'âges indéterminés. Ces dépôts sont localisés au Sud de BOU SAADA, d'une part et d'autre part à la route menant à BORDJ OULTEME, l'épaisseur de ses formations est très variable (de 50 à 250 m).

-**Turonien,** caractérisé par des calcaires sublithographiques à zones humonites, et par des calcaires argileux, bitumineux et avec des marnes à intercalations calcaires.

-**Cénomaniens,** ce sont des formations situées au Sud de Boussaâda composées par une alternance de marnes argileuses, et dolomites – microcristallines et de bancs de gypse d'épaisseur variable. Au Nord de Boussaâda, les faciès de partie supérieure du cénomanien sont différents. Ce sont des formations à nette prédominance carbonatée, dans lesquelles les horizons gypseux sont réduits.

-**Albien supérieur,** constitué par une formation calcaire-dolomitique, qui est comprise entre le cénomanien inférieur marneux et l'Albien inférieur gréseux s'individualise nettement dans la morphologie des massifs en une série de corniches abruptes de couleur.

-**Albien inférieur,** composé des formations continentales et lagune-continentales, constituées de grès généralement fins, à ciment argilo-carbonaté l'épaisseur de l'Albien est de l'ordre de 350 m.

-**Aptien supérieur,** qui débute par une série de calcaires massifs en gros bancs, formant une corniche épaisse d'une vingtaine de mètres, ce sont des calcaires gris, sublithographiques.

Au-dessus d'eux vient- une alternance de niveaux calcaires et de marnes. L'aptien supérieur à une épaisseur de 200 m environ (**Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme-Boussaâda, 1993**).

La plaine de Boussaâda est essentiellement constituée d'alluvions récentes provenant des reliefs environnants. Celles-ci présentent un maximum d'épaisseur au voisinage du BOU SAADA tandis que dans la partie amont elles sont réduites (Quaternaire).

Toutes ces indications paraissent clairement dans la carte géologique de M'Sila (**Fig .II.2**), et la présentation géologique de notre zone d'étude est basée sur l'interprétation de la carte géologique.

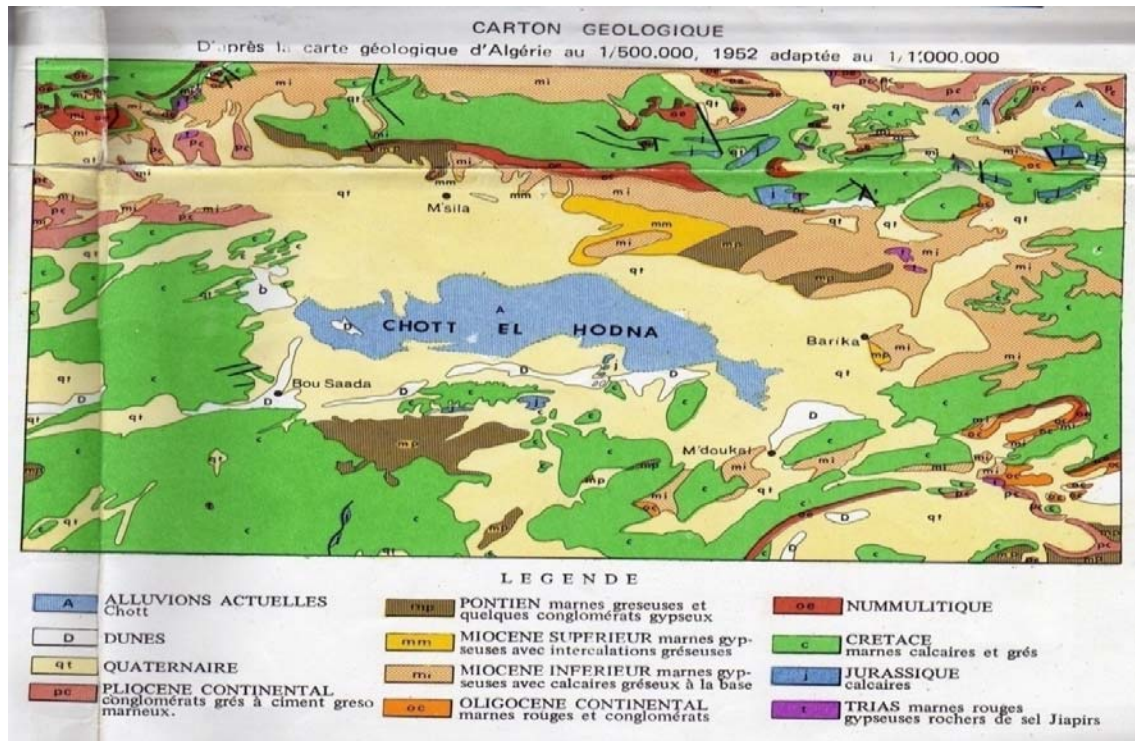


Fig II.2: Carte géologique de M'Sila (FAO, 1975).

II-2-2-Géomorphologie de la zone d'étude

La zone de Boussaâda située dans une région désertique et c'est exactement la surface située entre les chaînes de montagnes qui entourent le bassin versant du Hodna et le chott lui-même, qu'est au point de vue agricole le plus intéressante (F.A.O, 1973).

On distingue quatre ensembles géomorphologiques :

II-2-2-1- Cadre montagneux

Les monts du Hodna forment une barrière orienté est ouest qui réduit les influences maritimes. par ailleurs, cet écran dont l'altitude varie entre 1400 à 2000m (Djebel Mâadid au nord de m'sila culmine à 1863m).

II-2-2-2-Le piémont

La zone de transition entre la montagne et la plaine, qui s'allonge d'ouest en Est au pied de montagnes du versant nord entre les cotes 700 et 500m.

II-2-2-3-La plaine

La plaine de m'sila couvre une superficie environ 500km². Elle est limitée au Nord à l'Est par les glacis. Au sud, la courbe de niveau 400m marque grossièrement le passage de la plaine au chott d'où une pente de 0,55%.

II-2-2-4/-Chott el Hodna

Le chott el Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux issues de l'atlas saharien au sud et l'atlas tellien au Nord. Le chott a une forme elliptique, à une eau salée s'étend sur 77km de long, 19km de large, et 392 m d'altitude.

II-2-3-Hydrologie de la zone d'étude

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé de fortes irrégularités.

La majorité des cours d'eaux n'ont pas de débits permanents à l'exception de Oued Lougmane, Oued El han, K'sob, Selmane, Berhoum, Subella alimentés par des sources et retenues par des "cèdes" traditionnels, conçues pour le stockage de l'eau pour l'irrigation. Le bassin versant présente environ 1/5 de la totalité du bassin hydrologique du Hodna.

Le sous-sol renferme beaucoup d'aquifères répartis en plusieurs niveaux (F.A.O, 1973).

Les principales nappes aquifères du bassin du Hodna sont, la nappe phréatique qui se trouve à une profondeur supérieure à 40cm, le taux de salinité de l'eau est de (moins 2g/l au Nord) et la nappe captive profonde de 150 à 250m, elle est peu chargée en sels (0,5 à 2g/l) (Mimoune, 1995).

Le réseau hydrographique très diversifié, il y a au moins 22 cours d'eau qui assurent l'alimentation du chott (Boumezbeur, 2002).

II-2-4-Pédologie de la zone d'étude

Selon l'étude pédologique de la (F.A.O, 1973), les sols de la région du Hodna (que la zone d'étude fait partie) sont les suivants:

II-2-4-1-Les sols minéraux bruts d'apport alluvial

Ce sont des sols très peu évolués, constitués de profils de type (A) C, (A) R ou R. La matière organique se trouve sous formes des traces dans les 20cm supérieurs, et peut atteindre 1 à 1,5% dans les 2- cm supérieurs.

II-2-4-2-Les sols peu évolués

Ce sont des sols caractérisés par une altération physique plus poussée. Le profil est de type AC. La matière organique peut exister en quantités élevées dans les 20cm supérieurs.

II-2-4-3-Les sols calcaires-magnésiques

Ce type de sol est déterminé par la présence d'ions alcalino-terreux dans la partie inférieure si elle existe. Le profil de ces sols est de type AR ou AC ou (B) R ou (B) C.

II-2-4-4-Les sols halomorphes

Ce type de sol se caractérise par la présence d'une forte teneur en sels de sodium, et/ou par le sodium échangeable (sodique).

II-2-4-5-Les sols hydromorphes:

Ce type de sol est caractérisé par une hydromorphie importante. L'excès d'eau peut se traduire par engorgement permanent d'une partie ou de la totalité de profil. L'eau peut provenir de la surface en condition de drainage imparfait. L'hydromorphie est caractérisée par l'horizon de réduction (Gley) ou de pseudo-gley.

II-2-4-6-Les sols isohumiques

Ils sont des sols à profil de type A(B) C, et parfois ABC. Le type de profil AC existe rarement. On peut rencontrer en profondeur un horizon de pseudo-gley ou un horizon à croûte calcaire ou gypseuse ou induré.

La matière organique est incorporée dans tout le profil, et est très évoluée dans les horizons supérieurs.

Boussaâda se caractérise par la formation de sols minéraux bruts éoliens et les sols du milieu d'étude se caractérisent par une texture sableuse (**Carte pédologique du Hodna, Fig. II.3**) et qui apparaît clairement et se détermine facilement par le test de toucher .

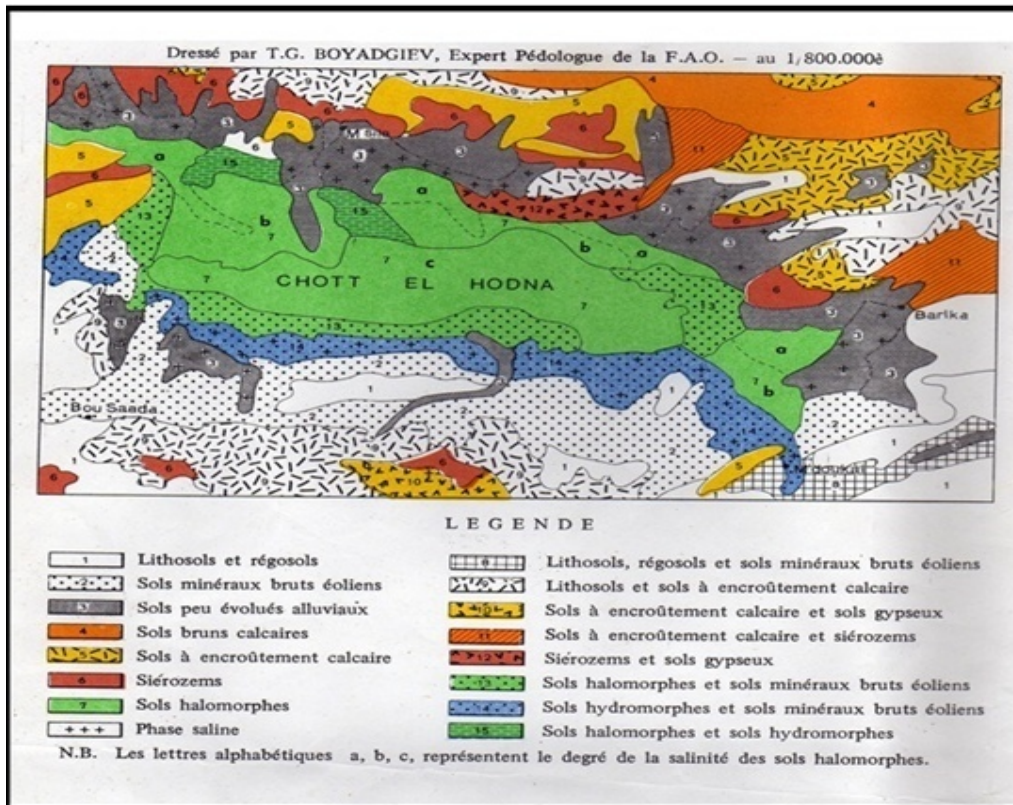


Fig. II.3: Carte pédologique de M'Sila (FAO, 1975).

II-2-5-Caractérisation climatique de la zone d'étude

Le climat peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui dans leur succession saisonnière caractérisent une région ou un site.

En agriculture, ce terme est utilisé pour décrire l'environnement atmosphérique dans lequel sont placées les cultures.

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

Selon les travaux des chercheurs qu'on cite Legros (2007) et De Parcevaux 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 aires d'expansion maximale. Il règle aussi au cours des saisons leur cycle de développement.

Le climat est habituellement définie sur une durée de 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).

II-2-5-1-Origine (sources) des données climatiques

Les données climatiques dans la présente étude proviennent de la station météorologique (**ONM**) d'Ain-Ediss ; située d'environ 20 km (la station la plus proche) au Nord de notre zone d'étude, d'une latitude de 35° 20 N, et d'une longitude de 04° 12 E, avec une altitude de 459 m ; couvrent une période de 22 ans allant de 1994 à 2016 pour la température avec ses variantes et les précipitations; 12ans (2004-2016) concernant le vent, l'humidité et l'ensoleillement.

Pour faciliter l'étude de la variation saisonnière, selon **Kerzabi (2017)** et **Melalih (2012)** il est préférable que les saisons soient placées dans l'ordre qui intéresse les agropasteurs de la région steppeique. Donc l'année est divisée en quatre parties de durée égale par regroupement de mois entiers:

*La saison d'hiver qui regroupe les mois de Décembre, Janvier et Février.

*La saison de printemps, elle regroupe les mois de Mars, Avril et Mai.

*La saison d'été pour les mois de Juin, Juillet et Aout.

*La saison d'automne, les mois de Septembre, Octobre et Novembre

II-2-5-2-Température

Selon **Lebougeois (2010)**, c'est un paramètre essentiel qui conditionne toutes les activités physiologiques et les réactions chimiques, il dépend du rayonnement solaire, de la pression de l'atmosphère.

La température est de tous les facteurs climatiques le plus important, c'est celui dont il faut examiner en tout premier lieu l'action écologique sur les êtres vivants. La température va être naturellement un facteur écologique capital agissant sur la répartition géographique des espèces (**Dreux, 1974**).

Selon (**De Parcevaux et Huber, 2007**), chaque espèce a des conditions optimales pour se développer. L'évolution dans le temps des conditions thermiques permet de définir des périodes de l'année pendant les quelles la végétation est active, ces périodes de végétation dépendent des espèces et surtout de la rythmicité des facteurs climatiques, particulièrement de la température en zone tempérée et des facteurs hydriques en zone tropicale.

La température de l'air est l'un des paramètres ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle (**Bounab, 2018**).

Dans notre zone d'étude, la température moyenne mensuelle est présentée dans la figure qui suit (**Fig. II.4**).

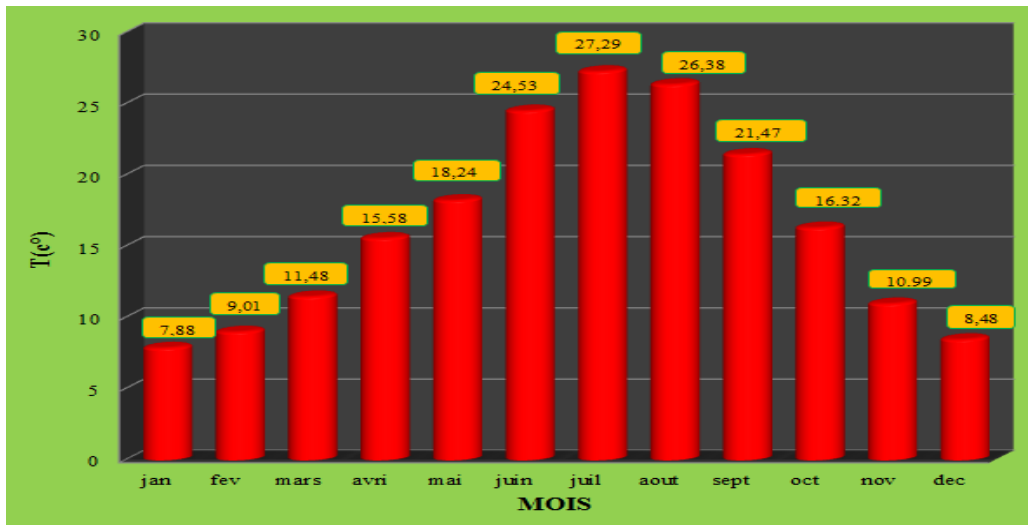


Fig. II.4: Températures moyennes mensuelles (en C°) de la region d'étude (Maadher) (1994-2016).

D'après la figure II.4 et le tableau de température ([Annexe 1](#)), nous constatons que notre région (Maadher) se caractérise par une température annuelle moyenne de 16,52°C.

Les températures moyennes mensuelles varient de 7.88°C à 27.29°C traduisant respectivement un mois le plus froid (celui de Janvier) et le mois le plus chaud est Juillet.

II-2-5-3-Variation saisonnière de la temperature au Maadher

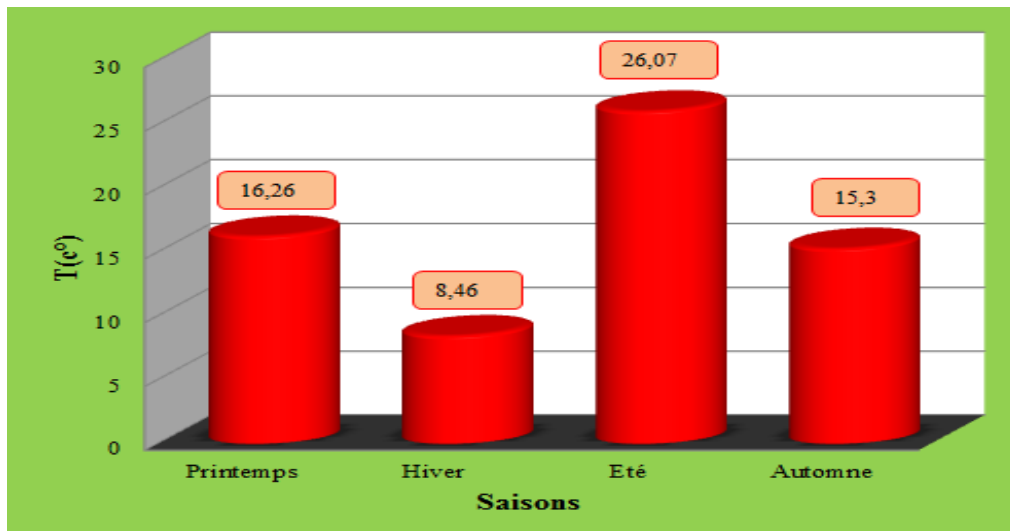


Fig. II.5: Variations saisonnière de la température (en C°) de la région du Maadher (1994 -2016).

On remarque (**Fig .II.5**) une différence nette entre les températures d'hiver et celles d'été (8.46°C et 26.07°C)
 Avec un rapprochement entre les températures d'automne et de printemps(15.30 °C et 16.26 °C).
(voir aussi Annexe 1)

II-2-5-4-Précipitations

Djebaili (1978), définit la pluviosité comme étant un facteur primordiale de détermination du type de climat.

Les précipitations varient selon différents facteurs (déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, topographie ...etc) quelque soit la forme de précipitation, liquide ou solide, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. Exprimée généralement en hauteur de précipitation ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm) (**Higy et musy, 2004**)

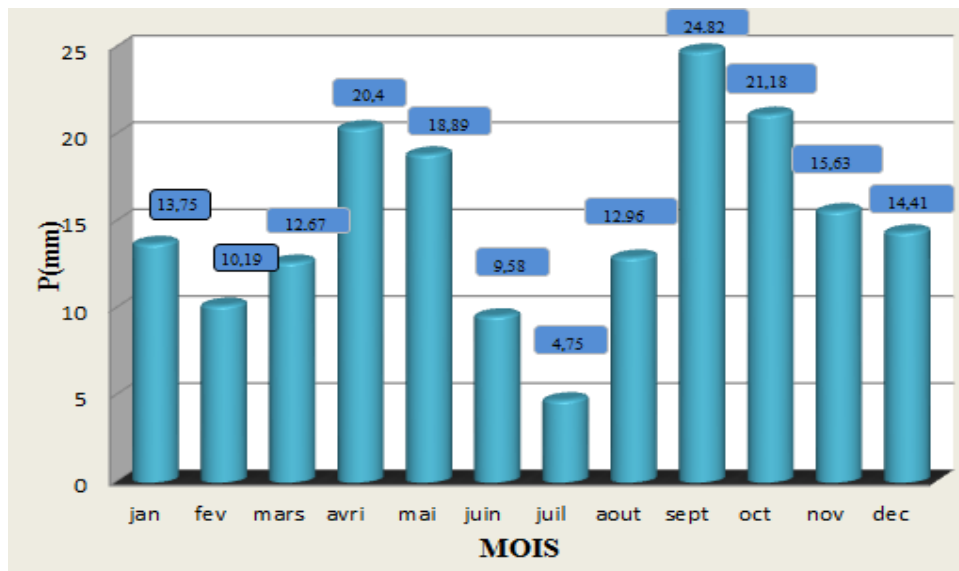


Fig.II.6: Précipitations moyennes mensuelles de la région du Maadher (1994-2016).

Les précipitations peuvent être abondantes réparties de façon hétérogène avec un cumul annuel égale à 179.23mm. signalant un déficit hydrique en été, notamment le mois de Juillet avec 4.75mm comme dans la majeure partie des régions arides, les précipitation sont faible. La pluviométrie mensuelle maximale est 24.82mm pendant le mois de Septembre (**Annexe 1**).

II-2-5-5-Régime saisonnier

Cette répartition est particulièrement important pour les développements des annuelles dont le rôle est souvent prédominant dans la physiologie de la végétation. Si les pluies d'automne et de printemps sont suffisantes, elles seront florissantes; par contre la quantité tombée pendant ces deux saisons est faible (**Corre, 1961 in Krouchi, 2015**).

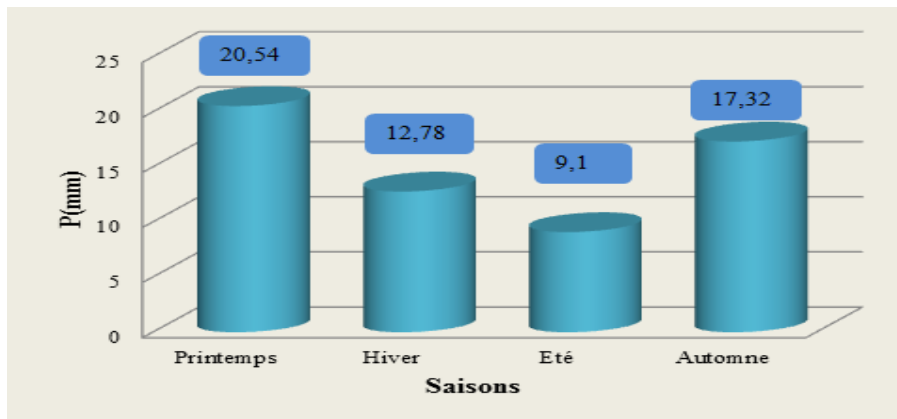


Fig. II.7: Régime saisonnier des précipitations (en mm) de la région d'étude (1994-2016).

La répartition saisonnière de pluie dans la région d'étude montre (**Fig. II.7**) qu'un maximum est enregistré durant le Printemps (20.54mm) et l'Automne (17.32 mm) tandis que la valeur minimal en Eté (9.10 mm).

Le régime saisonnier de Boussaâda durant la période comprise entre 1994 et 2016 est de type PAHE (E: Eté ; A: automne ; P: printemps ; H: hiver), un régime continental à maximum printanier. Ce régime intervient en altitude principalement, notamment dans les hautes plaines steppiques de la Tunisie centrale occidentale, les steppes algériennes et celles du Maroc orientale (**Le Houérou, 1995**).

II-2-5-6-Evapotranspiration

L'évapotranspiration reflète l'ensemble des phénomènes qui causent la vaporisation, soit le passage à la phase liquide, gazeuse ou solide. Elle a une incidence notable sur la vie en affectant les réserves d'eau en surface, dans les sols et dans la biomasse. Ce terme inclut : 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 (**Anctil et al, 2012**).

L'évapotranspiration est une donnée complexe que plusieurs auteurs ont tenté d'évaluer par l'établissement de formules empiriques. Elles mesurent l'évapotranspiration potentiel (ETP) d'un lieu, c'est-à-dire la quantité d'eau susceptible d'être évapotranspirée si le sol est toujours bien alimenté en eau (**Delannoy et al, 2016**).

Les formules plus connues sont celles de Thornthwaite (1948), de Penman (1956) et de Turc (1961).

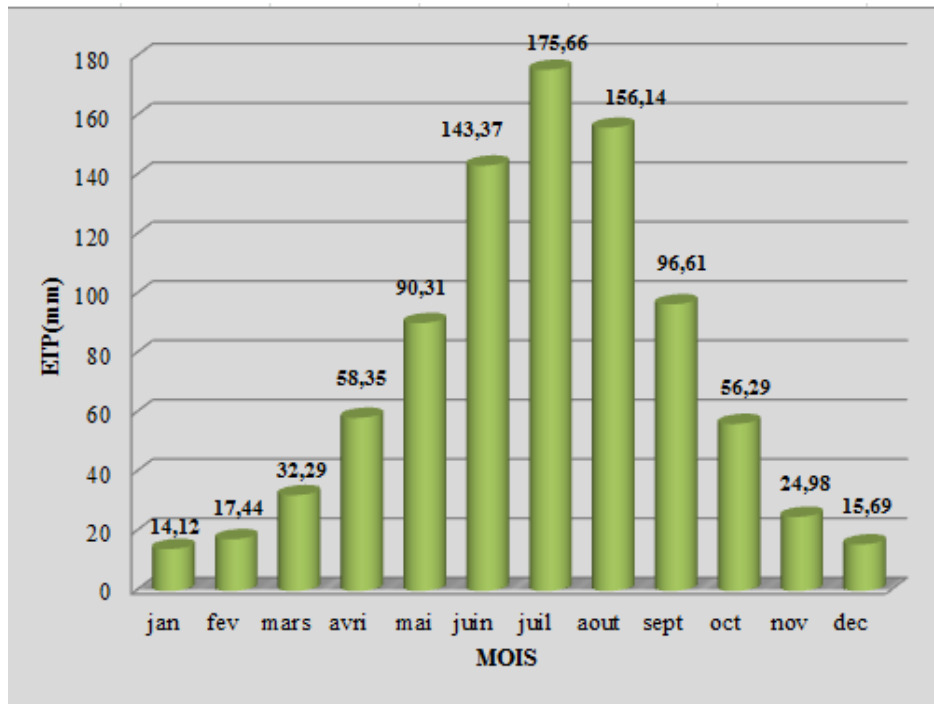


Fig. II.8: Evapotranspiration mensuelle moyenne (en mm) de la région d'étude selon la méthode de Thornthwaite (1994-2016).

La **fig. II.8** montre que la zone d'étude est caractérisé à une faible évapotranspiration avec une écarte très importante de 161.54mm entre la valeur maximal de mois de juillet 175.66mm et la valeur minimal de mois de janvier 14.12mm. L'évapotranspiration est plus élevée en été par rapport aux autres saisons sous l'action de température très élevée avec une faible précipitation en cette saison (voir annexe 1)

II-2-5-7-Les vents dans la zone du Maadher

Le vent est une action de déplacement d'air caractérisé par sa direction et sa vitesse exprimé en m/s (**Delannoy et al, 2016**).

Le vents est aussi responsable du façonnement du relief, de l'Evapotranspiration et de le formation de la végétation, sans oublier son effet de dessiccation des grains (**Benguerai, 2011**).

La dispersion atmosphérique des particules biotiques (grains, spores, pollens) au abiotiques (particules de sol, aérosols) est un mécanisme particulièrement important dans divers domaines d'intérêt agronomique tels que la protection, l'amélioration des plantes (**De parveaux et Huber, 2007**).

Dans la région aride, le vent intervient dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols, le déplacement des particules fins de sable et aussi accélère le processus de désertification (Melalih, 2012).

La région d'étude marque une forte variabilité des précipitations, température, et aussi le vent (Fig. II.9).

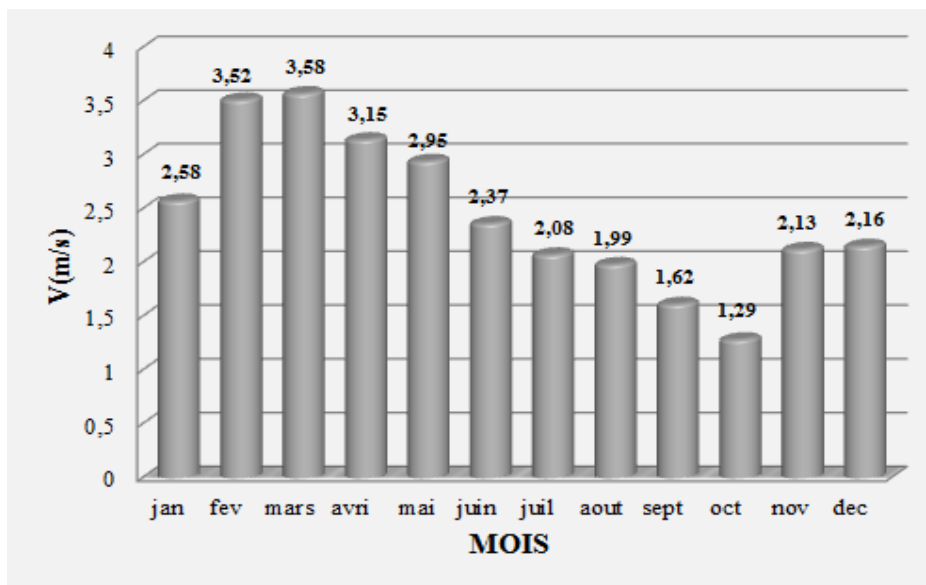


Fig. II.9 : Vitesse mensuelles moyennes du vent (en m/s) de la région d'étude (2004-2016).

Les vents sont fréquents presque durant toute l'année dans la région d'étude Boussaâda (Maadher) l'écart entre la valeur maximale et la valeur minimale considéré faible : 2.29m/s. la variabilité de la vitesse mensuelle du vent est plus importante en saison d'hiver et au printemps qu'en été et en automne, la vitesse de vent atteint 1.29 à 3.58m/s commençant par octobre jusqu'en mars 3.58m/s c'est la valeur maximale. Pour plus de détails (voir annexe)

Le vent est l'un des traits essentiels du climat de toute la région de Boussaâda, la situation de cuvette ouverte facilite la pénétration de vents venant de toute horizon par les couloirs inter-montagnards, pendant l'hiver, les vents du Nord-Est froids et secs et un vent chaud et étouffant en été qui souffle parfois pendant des semaines entières, avec une extrême violence pendant quatre mois d'été (Belouadah, 2009).

Selon (Belouadah, 2009), Boussaâda (dont la zone d'étude fait partie) subit cinq types de vents :

*Le Sirocco: vent chaud et sec, souffle en général du Sud pendant la période estivale, brûle la végétation et dessèche l'atmosphère.

*Le vent de l'Ouest «El-Gherbi», un vent sec qui entraîne des nuages sans pour autant la pluie.

*«Echargui» de l'Est et le Nord-Est, vent sec et froid pendant l'hiver.

*Le vent du Nord-Ouest «El-Dahraoui»; porte du froid et de l'humidité, il peut être pluvieux et souffle surtout en hiver.

*Le vent du Nord« El-Bahri», il s'agit d'un vent marin qui devient pluie ou nuage.

II-2-5-8-L'Humidité

Dans les stations météorologiques, on mesure généralement l'humidité relative qui est le rapport (en %) entre l'humidité absolue de l'air au moment de la mesure et l'humidité absolue qui serait nécessaire pour saturer cet air (Hufty, 2001) (Fig. II.10).

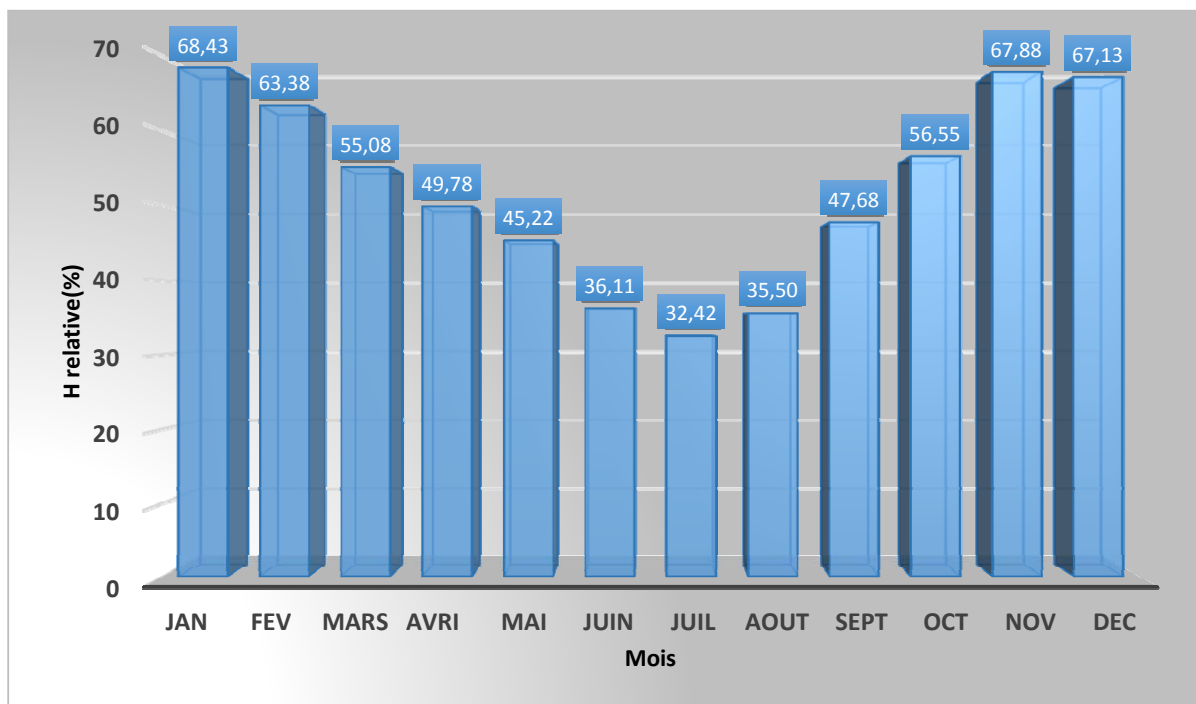


Fig. II.10: humidités relatives mensuelles moyenne en (%) de la région d'étude (2004-2016).

L'humidité de l'air enregistrée pour la région est moyenne avec un cumul annuel de 52.10%.

Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 32.42 % au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évapotranspiration et des vents chauds; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une valeur maximale de 68.43% au mois de Janvier.

(Annexe 1)

De point de vue pédologique l'humidité se définit 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 (Baize (2016).

L'humidité peut influencer fortement sur les fonctions végétales des espèces (Dreux, 1980).

L'humidité relative agit sur la densité des populations provoquant une diminution de nombre d'individus. L'humidité agit sur certains espèces sensible aux variations relative, celle-ci joue un rôle dans le rythme de reproduction de divers espèces (Dajoz, 1983).

II-2-5-9-L'Ensoleillement

L'ensoleillement est la durée pendant laquelle un lieu subit le rayonnement direct du soleil. Il dépend de la position géographique du lieu (latitude) et de la nébulosité. Le climat lumineux d'un lieu dépend de la durée, de l'horaire de distribution, de l'intensité et de la qualité de l'insolation(Lebourgeois, 2010).

Les végétaux utilisent la lumière pour la photosynthèse mais aussi pour réguler leur développement (Suty, 2014)

La lumière agit sur trois processus qui conditionnent la croissance des plantes; la photosynthèse, la photo morphogenèse et le photopériodisme (Suty, 2014). (Fig. II.11).

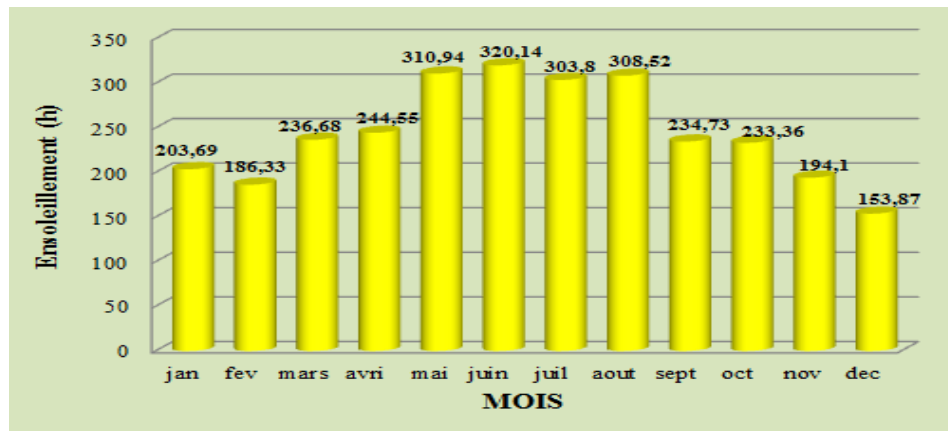


Fig. II.11: Nombre moyen d'insolation de la région d'étude (2004-2016).

D'après le graphe (Fig. II.11), l'insolation mensuelle est supérieure à 153.87 h pendant toute l'année. Cette valeur minimale représente le mois de décembre ; elle augmente durant l'été jusqu'à 320.14 h au mois de juin. En générale l'insolation est faible pendant les mois froids et fort durant les mois chauds. (Annexe 1)

II-2-5-10-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 DeMartonne (Ia)

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

$$Ia = P/T+10$$

Où:

P:précipitation annuelle (mm).

T:température moyenne annuelle(C°).

Tab. II.1: Paramètres et résultats du calcul de l'indice d'aridité (**Ia**) pour la zone d'étude.

P(mm)	T(C°)	Ia
179,23	16,52	6,76

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.

Tab. II.2: Classification des climats selon l'indice de DeMartonne.

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

L'interprétation du résultat présenté dans le **Tab.II.2** indique que pour une période de vingt ans (1994-2016) et en fonction des valeurs-seuils de cet indice dans le **Tableau II.2**, la région du Maadher se situe dans l'étage bioclimatique **Aride**.

B) Indice xérothermique de Bagnouls et Gaussen (Ix)

Cet indice 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 l'aridité d'un climat (**Legros, 2007**).

Selon (**Lebougeois, 2010**), ce diagramme superpose les deux courbes de températures et de précipitations pour les 12 mois de l'année ce qui permet de définir une aire ombrothermique. Plus l'aire est importante et plus la saison est sèche (valeur de l'intégrale). On trace généralement les diagrammes Ombrothermiques pour repérer les mois "sec" et "humide" et mettre en évidence les périodes de sécheresse d'une localité.

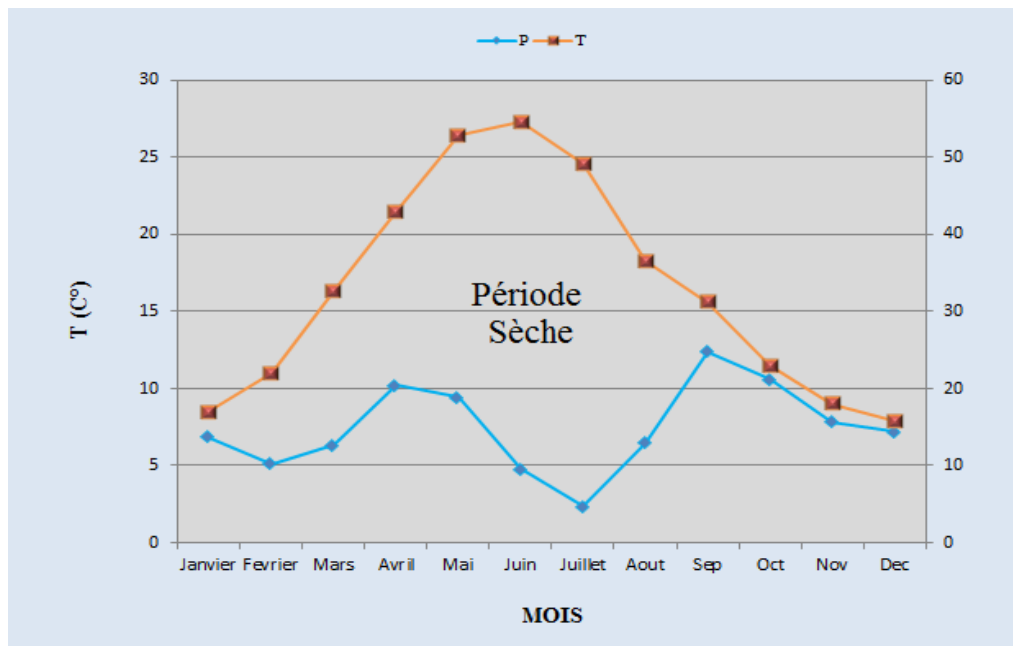


Fig. II.12: Diagramme Ombrothermique de la région d'étude (1994-2016).

Selon la figure ci-dessus nous remarquons que la station est caractérisée par une période sèche assez longue durant toute l'année (de Janvier à Décembre).

L'analyse du diagramme (**Fig. II.12**) permet de mettre en évidence une saison sèche qui s'étale sur tous les mois de l'année, selon un gradient d'aridité et ses variantes thermiques.

C) Climagramme d'Emberger

L'objectif est de placer une région donnée par rapport aux étages bioclimatiques. L'indice (Q_2) d'Emberger (1952,1955) 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) selon la formule suivante:

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

Avec:

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

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

P: Précipitation annuelle en mm.

$(M+m)/2$: Moyenne des températures annuelles.

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

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

$$O_2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

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.

Tab. II.3: Paramètres et résultats du calcul du quotient pluviothermique pour la zone d'étude.

P (mm)	M(K°)	m (K°)	Q₂
179,23	304,57	276,1	21,59

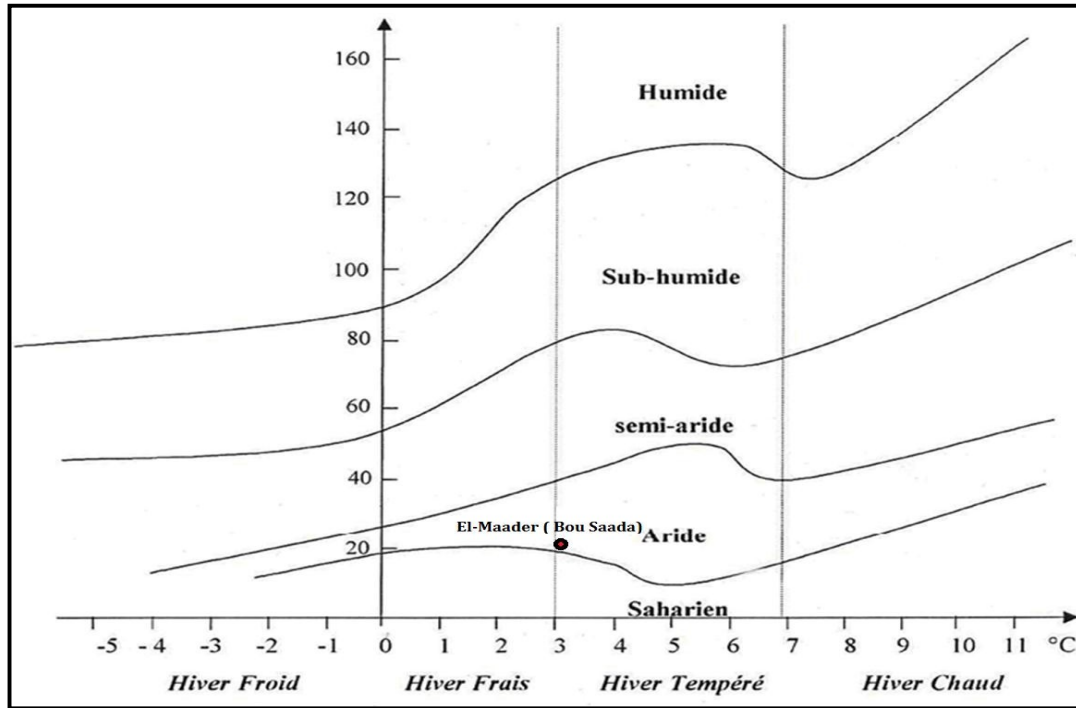


Fig.II.13: Positionnement de la région d'étude dans le Climagramme d'Demberger Durant la période (1994-2016).

Le Q2 de notre région calculé pour une période de 20 ans (1994 à 2016) est égal à **21.59**, en rapportant cette valeur sur le Climagramme d'demberger accompagnée la valeur de la température minimale (3,1 °C) du mois le plus froid, il est à constater que la région du Maadher se situe dans l'étage bioclimatique **Aride à Hiver Tempéré**.

II-2-6-Végétation de la zone d'étude

Parmi les espèces rencontrées dans cette zone, on y trouve, tantôt graminéenne (steppe à stipa tenacissima, steppe à lygeum), tantôt chaméphytiques l'armoïse (steppe à Artimisia herba-alba).

CHAPITRE III:
Méthodologie de travail

III-1-Objectif d'étude

La réalisation de ce travail s'inscrit dans le but de la détermination de qualité agronomique du sol et ses propriétés physiques et chimiques de la zone choisie (Maadher).

III-2-Echantillonnage et prélèvement

La figure (Fig. III.1), montre le positionnement exacte des deux profils étudiés (dans une des exploitation agricole du Maadher).

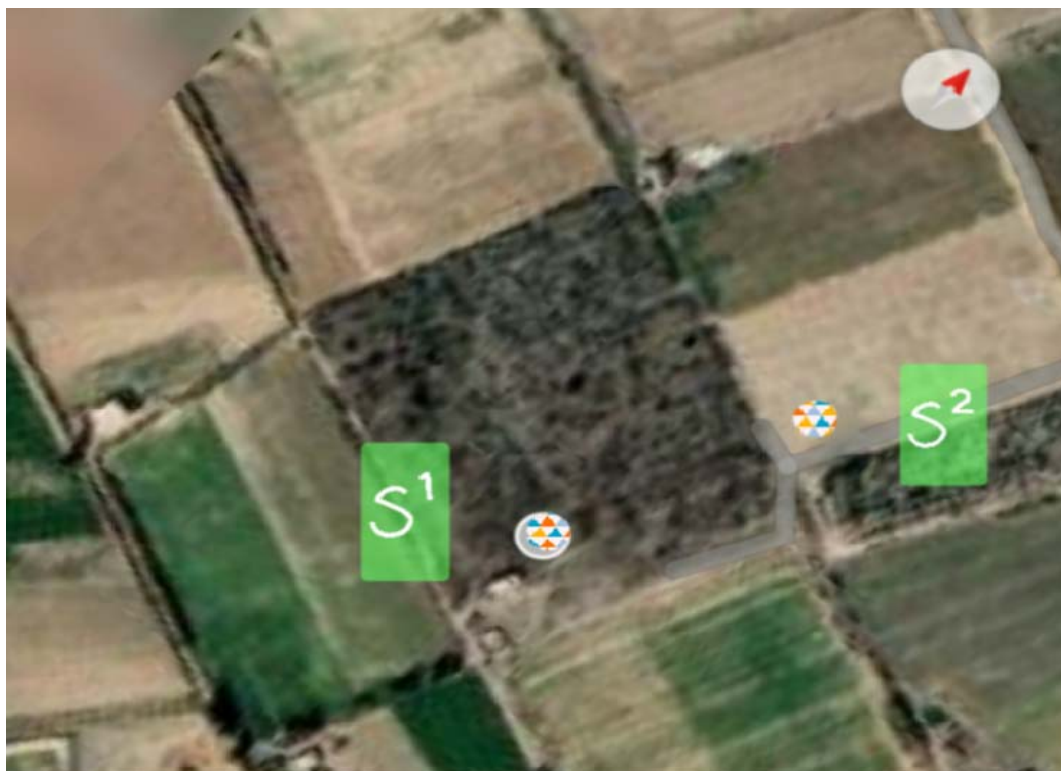


Fig. III.1: Photo satellitaire représente les deux stations de prélèvement sur la zone d'étude S_1 et S_2 (Maadher)

Sachant que S_1 désigne profil 1 et S_2 profil 2.

Le sol s'observe en décrivant son profil, à l'aide d'un sondage à la tarière ou creusant une fosse.

Dans notre cas, on a choisis le creusement d'un profil, car cette méthode est très utile et montre clairement l'ensemble des caractères morphologique lors de la description du profil en lui même (voir description morphologique des deux profils étudiés au niveau du chapitre III).

Le choix des endroits (positions) des profils s'est basé sur l'homogénéité du sol

Le prélèvement des échantillons à partir des horizons s'est effectuer de bas en haut (après description) pour éviter de contaminer l'échantillon avec les constituants de l'horizon qui se situ en haut.

Le premier prélèvement (celui du premier profil) a été réalisé le 13 Avril 2021 et le deuxième (du profil P2) le 27 Mai 2021.

L'échantillon de chaque horizon est mis dans un sachet, étiqueté et transporté au laboratoire.

III-3-Méthodes d'analyse des échantillons prélevés

Une fois arrivés au laboratoire (Laboratoire de pédologie, département des Sciences Agronomiques à l'université de M'Sila), on a ouvert les sachets et mesuré l'humidité de chaque horizon des deux profils à étudiés, le reste est broyé, séché à l'air libre et tamisé avec un tamis de 2 mm.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées comme suit :

III-3-1-Conductivité électrique

Elle représente la quantité des sels solubles dans la solution du sol, on mesure la conductivité électrique par un conductimètre (Photos III.1) dans une suspension (sol/eau de 1/5) (AUBERT, 1978).



Photos III.1: Conductimètre (outil de mesure de la conductivité électrique) (Garti et Hireche, 2021)

III-3-2-pH du sol

Le pH est l'abréviation du potentiel hydrogène qui est un paramètre servant à définir si un milieu est acide ou basique.

Par mesure de pH on peut distinguer entre:

* Acidité actuelle ou pH_{eau}

* Acidité potentielle ou pH_{KCl}

Le pH_{eau} , pH_{KCl} se mesure par voie électromécanique (Photos III .2) sur une suspension aqueuse dont le rapport (sol / eau) (respectivement : sol / solution KCl) égale à 1/2.5).



Photos III.2: pH mètre (outil de mesure du pH du sol) (Garti et Hireche, 2021)

III-3-3-Calcaire total

Dans cette étude nous avons retenu la méthode volumétrique nommée aussi la méthode au "Calcimètre de Bernard" (Photo III.3). Elle se base sur la mesure du volume de CO_2 dégagé suite à l'action d'un excès d'acide de chlorhydrique (HCl) sur un poids connu d'un échantillon de sol (Baize, 2000).

Les résultats après calculs s'expriment en pourcentage.



Photos III. 3:Calcimètre de Bernard

III-3-4-Calcaire actif

Pour ce faire, on agite la terre avec une quantité connue d'oxalate d'ammonium ($\text{N}/5$), on filtre et on titre au permanganate cette solution avant et après son contact avec la terre (Photos III.4), la différence

entre les deux titrages à la quantité du calcium du carbonate ayant réagi sur l'oxalate d'ammonium sont pris en considération pour le calcul du taux de calcaire actif (AUBERT, 1978).



Photos III.4: Titration lors de mesure du calcaire actif des sols analysés (Garti et Hireche, 2021)

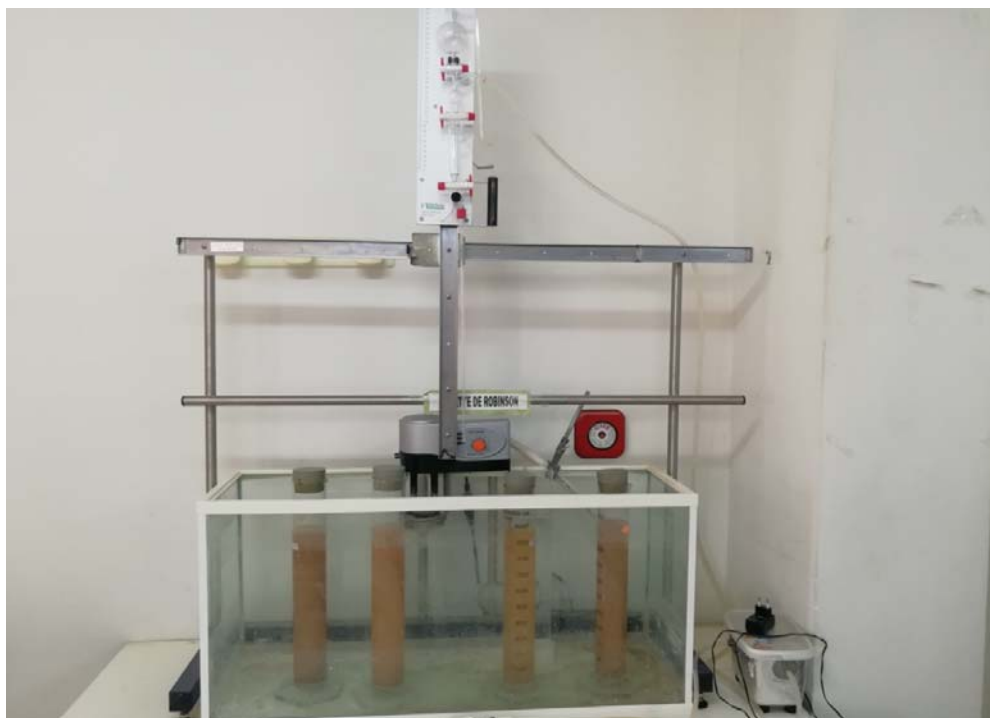
III-3-5-Analyse granulométrique des échantillons des sols

L'analyse granulométrique permet **de classer** le sol d'après leurs textures. Elle a été effectuée selon la méthode internationale à la pipette de ROBINSON (sur des échantillons des sols séché à l'air et tamisés à 2mm).

Après élimination des ciments calcaire (par utilisation d'une solution d'HCl N) et organique (par l'utilisation du H₂O₂ 30%) et dispersion des particules (hexametaphosphate de Na) en procède comme suit:

Détermination des pourcentages des fractions argile et limon par sédimentation à la pipette de Robinson (**Photos III.5**) et détermination des sables(fin et grossier) par tamisage.

La détermination de la texture est réalisée à l'aide de diagramme de texture (USDA, 1975).



Photos III.5 : échantillons de sol avant prélèvement des fraction (Garti et Hireche, 2021)

III-3-6- Dosage de carbone organique et calcule des taux des MO dans nos sols

Dans notre cas, on a utilisé la méthode de **WALKLEY et BLACK** qui consiste à oxyder à froid le carbone de la matière organique contenu dans un échantillon de sol en présence d'un oxydant puissant: le **bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$)**. En milieu sulfurique (**Photos III.6**).

L'excès de bichromate de potassium est titré par le sulfate de fer et d'ammonium (**$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$**). On admet ainsi que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser le taux de matière organique peu être déduit des résultats obtenu sachant que le carbone représente 58% de la matière organique.



Photos III.6: Une des étapes de détermination du taux du CO dans nos sols (Garti et Hireche, 2021)

III-3-7-Porosité totale des sols

La porosité d'un sol est un indice de volume total des pores. Elle s'exprime en pourcentage:

$$P_{(\%)} = (1 - (d_a/d_r)) \cdot 100. \quad \text{Ou: } d_a: \text{ densité apparente sèche}$$

Elle est déterminée par la méthode des cylindres. Un cylindre calibré de volume connue et rempli de terre (non remaniée) cette dernière est séchée puis pesée pour donner le poids P_s . La densité apparente sèche est ensuite calculée $d_a = P_s/V$ (V = volume du cylindre).

Pour la densité réelle nous avons prise la valeur moyenne ($d_r = 2.65$) (PROVOST, 2006).

CHAPITRE IV:
Résultats et discussion

Le présent chapitre résume les résultats trouvés sur terrains (Description morphologique) ainsi que ceux mesurés au laboratoire, calculés et discutés.....

IV-1-Ccaractérisation des sols du premier profil (P₁) du (Maadher)**IV-1-1-Description morphologique des horizons du profil P₁ (Maadher)**

La description du profil (P₁) a été réalisée le 13 Avril 2021.

En se basant sur l'auscultation ainsi qu'à la détermination des principaux caractères morphologiques (couleur, texture, structure, présence ou absence du calcaire total, matière organique et aussi dureté (par utilisation d'un pénétromètre) (**Photos IV.1**), on déduit que le profil P₁ se compose de six horizons (**H₁, H₂, H₃, H₄, H₅ et H₆**).

P₁ H₁ (0-10 cm): de couleur ornge jaunatre (10YR 6/4; dull yellow orange), texture sableuse, non structuré et faible effervescence à l'HCl, avec présence de peu de racine (racines superficielles), la dureté est égale à 02.

P₁ H₂ (10-50 cm): couleur ornge jaunatre (10YR 7/4; dull yellow orange), texture sableuse, horizon non structuré, moyen effervescence à l'HCl, dureté (2.5), avec absence des racines.

P₁ H₃ (50-76 cm): de couleur brun jaunâtre lumineux (10YR 6/8; Bright yellow Brown), texture sableuse, non structuré avec faible effervescence à l'HCL, la dureté est de 3.5.

P₁ H₄ (76-112 cm): de couleur brune (7.5YR 5/6; Brown), texture sableuse non structure faiblement effervescence à l'HCL, dureté égale à 03.

P₁ H₅ (112-147 cm): couleur brun jaunâtre lumineux (10YR 6/6; Bright yellow Brown), texture sableuse, horizon non structuré avec moyen effervescence à une dureté égale (03).

S₁ H₆ (147et plus): de couleur brun (2.5Y 7/4; Bright yellow Brown), texture sableuse, horizon non structuré avec faiblement effervescence à l'HCl et une dureté de 2.5.

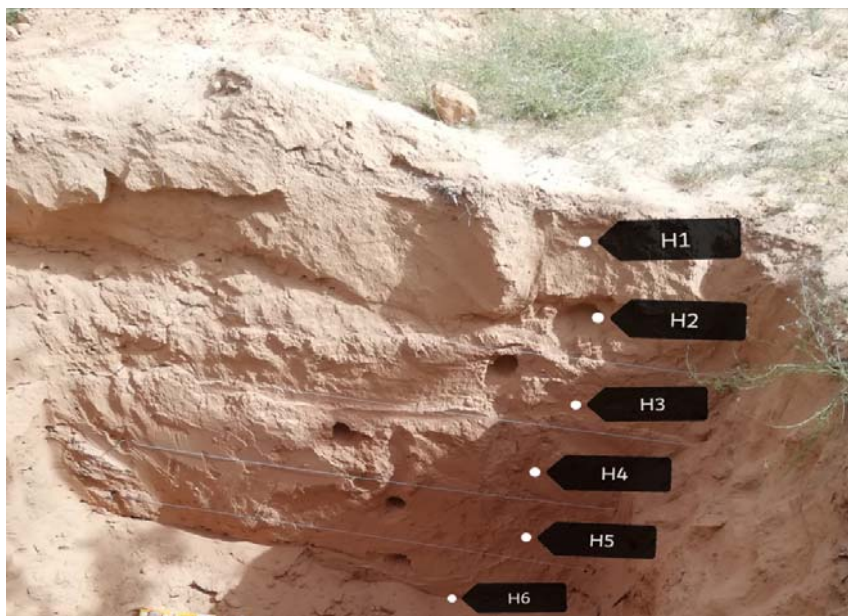


Photo. IV 1: Présentation des horizons du premier profil (P₁) (la zone du Maadher)(Garti et Hireche le 13 avril 2021)

IV-1-2-Présentation et interprétation des résultats analytiques du sol du premier profil (Maadher)

IV-1-2-1-Texture des horizons du profil P₁

L'ensemble des résultats de l'analyse granulométrique est présentée dans le tableau suivant (Tab. IV.1):

Tab. IV. 1: Fractions granulométriques des horizons du premier profil P₁ (Maadher)

Fractions granulométriques	P ₁ H ₁	P ₁ H ₂	P ₁ H ₃	P ₁ H ₄	P ₁ H ₅	P ₁ H ₆
A%	0.2	0.4	1.58	25.53	0.5	0.64
S _t %	92.8	95.6	80.86	73.41	92.0	98.36
L _t %	7.0	4.0	17.55	1.06	7.70	1.00

L'analyse granulométrique des différents horizons du profil P₁ montre la prédominance de la fraction sableuse au niveau de l'ensemble des horizons avec des valeurs supérieures à 92% sauf pour les horizons H₃ (80.86%) et H₄ (73.41%).

La fraction argileuse quand à elle, marque des valeurs très faibles (0.2%, 0.4%, 1.58%, 0.5%, et 0.64% respectivement pour H₁, H₂, H₃, H₅, et H₆) à l'exception du quatrième horizon dans lequel on trouve le pourcentage de 25.53.

Alors que pour la fraction limoneuse, le taux le plus élevé est mentionné au niveau de l'horizon H₃ (17.55%), suivit par l'horizon H₅ (7.76%) et l'horizon H₁ (7%) puis des valeurs de 1%, 1.06% et 4% respectivement pour H₆, H₄ et H₃.

Des données précitées et en utilisant le triangle texturale de Jamagne ; on déduit que la texture des horizons du premier profil du Maadher est comme suit :

*Texture sableuse (S) pour H₁, H₂, H₃, H₅ et, H₆.

*Texture Argilo-sableuse (AS) pour H₄.

Nos résultats de l'analyse granulométrique et la texture du premier profil des sols de la zone du Maadher s'accordent d'une part avec la caractérisation morphologique sur terrain et d'autre part aussi avec les travaux de (Mimoune, 1995) qui a déterminé et travaillé sur les sols du Sud de Chott El Hodna.

IV-1-2-2-Réaction du sol (pH) des horizons du premier profil de la zone du Maadher

D'après les résultats des mesures du pH pour les six horizons du premier profil (Tab. IV.2), on note et déduit que:

La valeur maximale (8.91) est enregistrée au niveau du sixième horizon (H₆), tandis que la valeur la plus faible (8.32) à l'horizon H₁.

Le reste des horizons marquent des valeurs de 8.74, 8.54, 8.56, 8,73 respectivement pour H₂, H₃, H₄ et, H₅.

D'après les normes proposées par (Baize, 2000), nos horizons présentent des pH basiques à très basiques.

Tab. IV.2: Valeurs de pH_(eau) et pH_(KCl) du profil P₁ du Maadher

Horizons	pH _(eau)	pH _(KCl)
P ₁ H ₁	8.32	7.55
P ₁ H ₂	8.74	8.04
P ₁ H ₃	8.54	7.94
P ₁ H ₄	8.56	7.09
P ₁ H ₅	8.73	7.35
P ₁ H ₆	8.91	8.53

Et d'après (Apal, 2013), les sols qui présentent des pH voisins de ceux de notre profil étudié gêneraient (Fig. IV.1) la disponibilité de certains oligo-éléments (cuivre, zinc, bore, manganèse, fer) et un peu moins du phosphore.

Cette alcalinité est peu être due à la nature géologique de notre zone d'étude.

Aussi (Lecleche, 2000), expliqua que pour les sols qui présentent des valeurs similaires à ceux enregistrées au niveau de nos échantillons analysés la nutrition des plantes cultivés peut être gênée. Ceci est en relation avec l'assimilabilité des principaux éléments nutritifs et particulièrement l'azote, le phosphore, le fer et certains oligo-éléments qui sont indispensables au bon développement et à la vie des plantes.

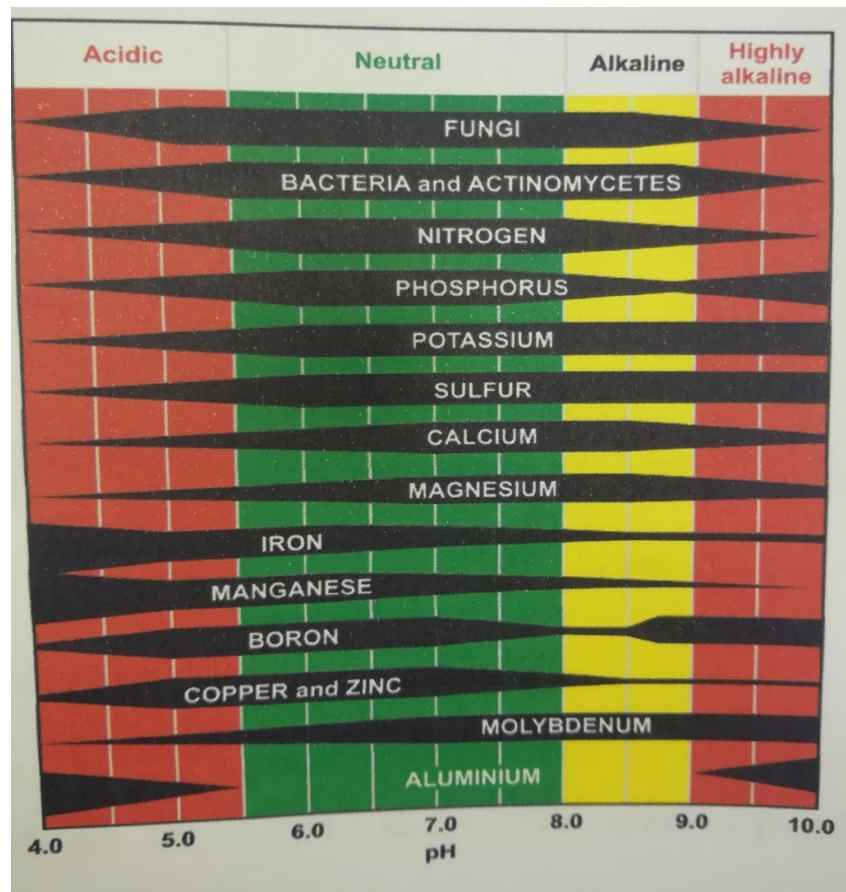


Fig. IV.1: Disponibilité des éléments nutritifs en fonction du pH du sol (Apal, 2013).

En faisant référence au pH du sol du premier profil on propose l'installation de toutes les cultures sauf les espèces calcifuges (Gaucher, 1968).

La différence entre pH_{eau} et pH_{KCl} indique que les horizons du premier profil du Maadher sont :

*Désaturés pour H_1 , H_2 , H_3 et H_6

*Fortement désaturé pour les horizons H_4 et H_5 .

IV-1-2-3-Conductivité électrique (CE) des horizons du profil P_1

La conductivité est fonction de concentration en sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates et bicarbonaté, alcalins et alcalinoterreux, nitrates et phosphatés).

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au niveau des six (06) horizons varient entre 1.46 pour H₃ et 4.05 pour H₅.

Selon l'échelle de la salinité représentée dans le (Tab. IV.3) avec les résultats trouvés pour chaque horizon de P₁ (Fig. IV.2), on déduit que :

- *Les horizons H₂, H₃, H₄, et H₆ sont salés
- *Le premier horizon est très salé
- *Le cinquième horizon est extrêmement salé

Tab. IV.3: Représentation des résultats de la conductivité électrique (CE) des six du premier profil

Horizons	P ₁ H ₁	P ₁ H ₂	P ₁ H ₃	P ₁ H ₄	P ₁ H ₅	P ₁ H ₆
CE (mMhos/cm)	2.86	2.33	1.46	2.48	4.05	1.66
Extrait 1/5						
Interprétation (Mathieu et Peltain, 2003)	Très salé	salé	Salé	Salé	Extrêmement salé	Salé

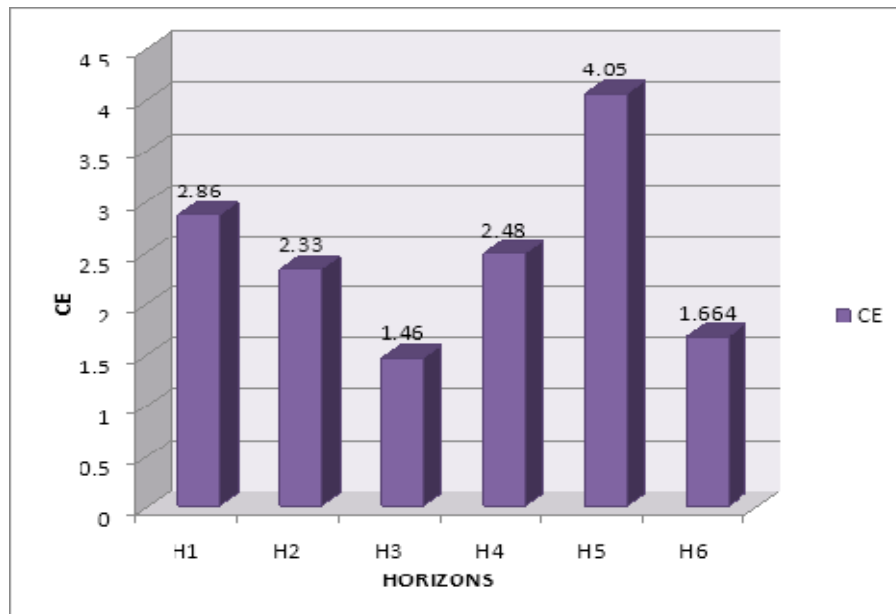


Fig. IV.2: Variation de la conductivité électrique (CE) dans les horizons du premier profil (Maadher)

Certains chercheurs jugent que l'augmentation des teneurs des sels dans un sol résulte de l'altération primaire (géologique).

IV-1-2-4-Calcaire total (CaCO_{3t}) dans les horizons du profil P₁

Les valeurs du calcaire total de chacun des horizons du premier profil sont montrées clairement au tableau (Tab. IV.4) et (Fig. IV.3) ;

Tab. IV.4: Pourcentages du calcaire total CaCO₃ des horizons du profil P₁

Horizons	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆
CaCO ₃ t (%)	5.08	5.13	4.83	7.11	7.62	3.05

En se basant sur l'échelle d'interprétation des taux du calcaire total dans les sols, proposée par (GEPPE in Baize (1988)), les horizons H₁, H₂, H₄ et H₅ des horizons modérément calcaire avec respectivement des valeurs de 5.08, 5.13, 7.11 et 7.62.

Les horizons H₃ et H₆ sont peu calcaire car les pourcentages sont inférieures à 5% (H₃=4.83 et H₆=3.05%).

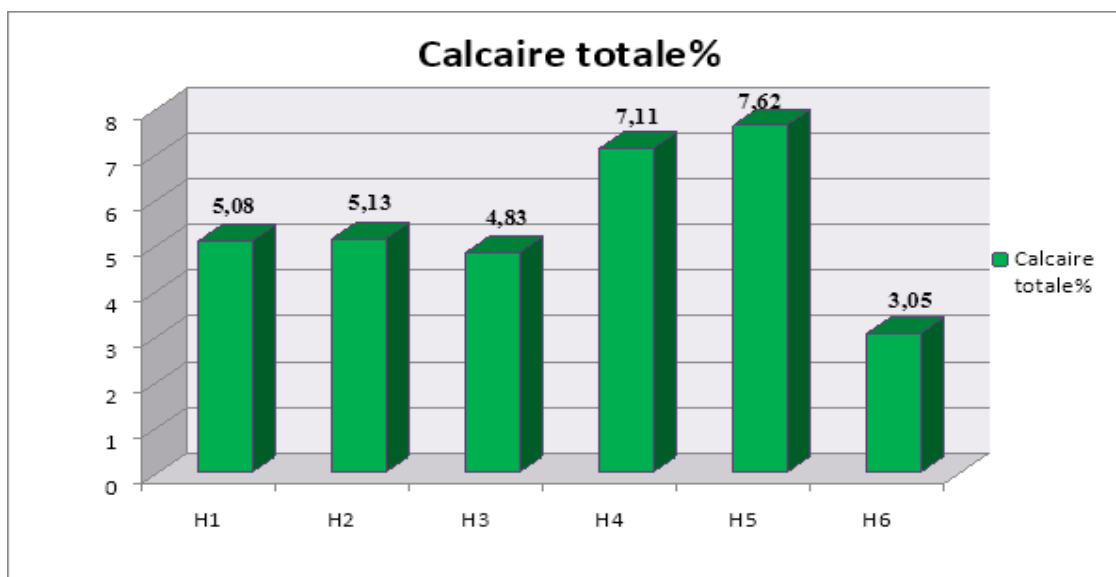


Fig. IV.3: Représentation des teneurs en calcaire totale des horizons du premier profil (Maadher)

IV-1-2-5-Calcaire actif des horizons du profil P₁

Le tableau IV.5 et la figure IV.4 montrent que le calcaire actif se présente avec pourcentages qui varient entre 6.5% (pour H₂ et H₅) et 2.5% (H₁). Le quatrième horizon a marqué une valeur de 5.5%.

Tab. IV.5 : Représentation du taux du calcaire actif dans les horizons du premier profil.

Horizons	H ₁	H ₂	H ₄	H ₅
Calcaire actif %	2.5	6.5	5.5	6.5

Selon les normes d'interprétation du calcaire actif en annexe 2, le calcaire actif dans l'ensemble des horizons du premier profil est peu chlorosant.

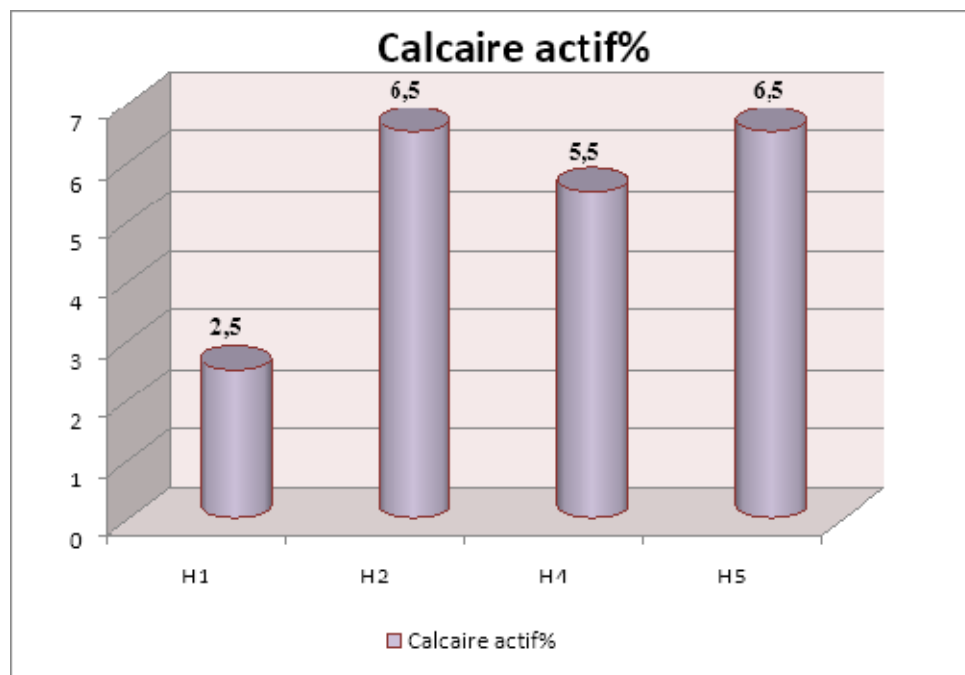


Fig. IV.4: Taux du calcaire actif au niveau des horizons du premier profil (zone du Maadher).

IV-1-2-6-Matière organique dans les horizons de P₁ (Maadher)

Le tableau IV.6 et la figure IV.5, indiquent que le taux de la matière organique diminue dans le sens de la profondeur du premier horizon (3.08%) au cinquième (0.67%), puis augmente au niveau de l'horizon H₆ (2.08%).

Tab. IV.6: Teneur du MO% et CO% avec l'interprétation (horizons du premier profil)

Horizons	CO%	MO%	Interprétation (I.T.A, 1977)
H ₁	1.794	3.08	Moyen
H ₂	1.326	2.28	Moyen
H ₃	0.585	1.00	Pauvre
H ₄	0.429	0.74	Très pauvre
H ₅	0.39	0.67	Très pauvre
H ₆	1.209	2.08	Moyen

En se référant aux normes d'interprétation (I.T.A, 1977), notre sol est :

*Très pauvre en matière organique au niveau du quatrième et cinquième horizon

*Pauvre en MO à l'horizon H₃

*Moyennement riche en MO pour les horizons H₁, H₂ et H₆.

Ces résultats sont probablement dus aux double contrainte ; faibles précipitations et présence de salinité qui limite le développement des végétaux (sources de la matière organique du sol).

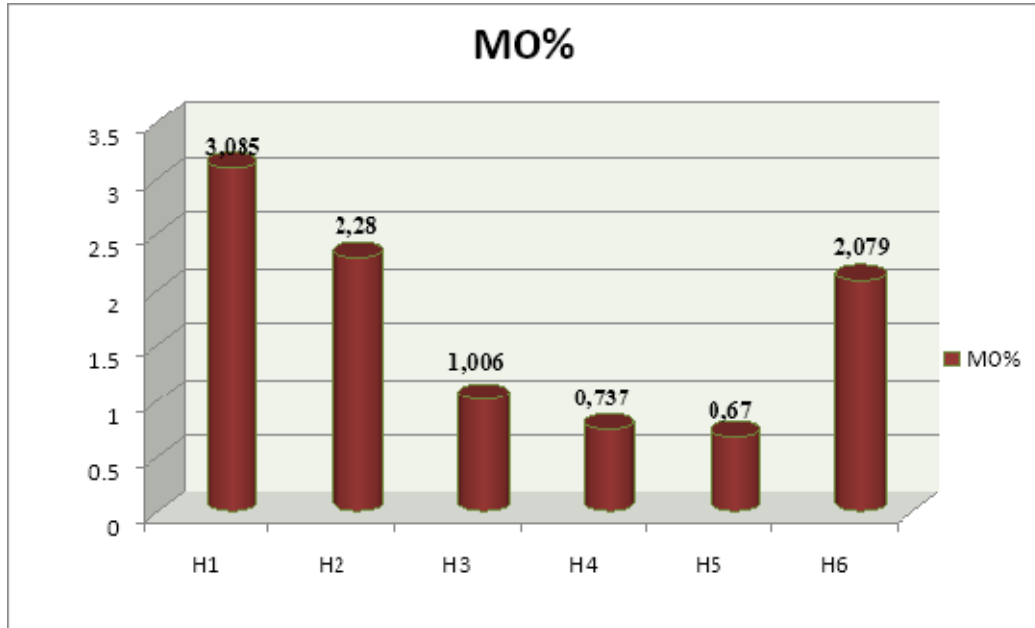


Fig. IV.5: Taux de matière organique au premier profil de la zone du Maadher.

IV-2-Characterisation des sols du deuxième profil (P₂) du (Maadher)

IV-2-1-Description morphologique des horizons du deuxième profil P₂ (Maadher)

Dans de deuxième profil P₂ (Maadher), on a quatre horizons (**Photo. IV.2**) Qu'on caractérise morphologiquement comme suit:

P₂H₁ (0-22 cm): orange jaunâtre (10YR 6/4; dull yellow orange), texture sableuse, horizon non structuré, faible effervescence à l'HCl, présence de peu de racine (racine superficielle), la dureté est de l'ordre de 02.

P₂H₂ (22-57 cm): de couleur brune (7.5YR 5/6; Brown), texture sableuse, non structuré, moyenne effervescence à l'HCl, avec une dureté de 2.5 et absence des racines.

P₂H₃ (57- 120 cm): de couleur brun jaunâtre clair (10YR 6/8; Bright yellow Brown), texture sableuse non structuré avec faible effervescence à l'HCl, dureté (3.5).

P₂H₄ (120-153 cm): de couleur brune (7.5YR 7/3; Brown), texture sableuse, horizon non structuré faible effervescence à l'HCl, dureté égale à 03.

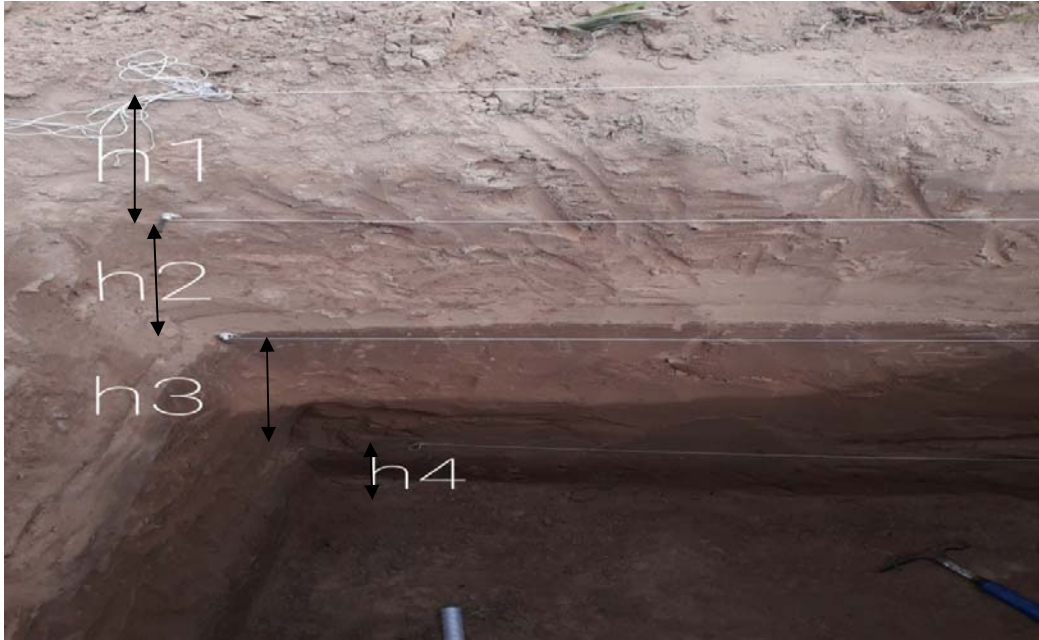


Photo. IV.2: Présentation des horizons du deuxième profil (P₂) (Maadher) (Garti et Hireche le 27 Mai 2021)

IV-2-2-Caractérisation analytique des sols du profil P₂ (Maadher)

IV-2-2-1-Humidité dans les horizons du profil P₂

Les échantillons sont séchés à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante. La différence entre le poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial (Aubret, 1978).

Les résultats sont mentionnés dans la figure (Fig. IV.6).

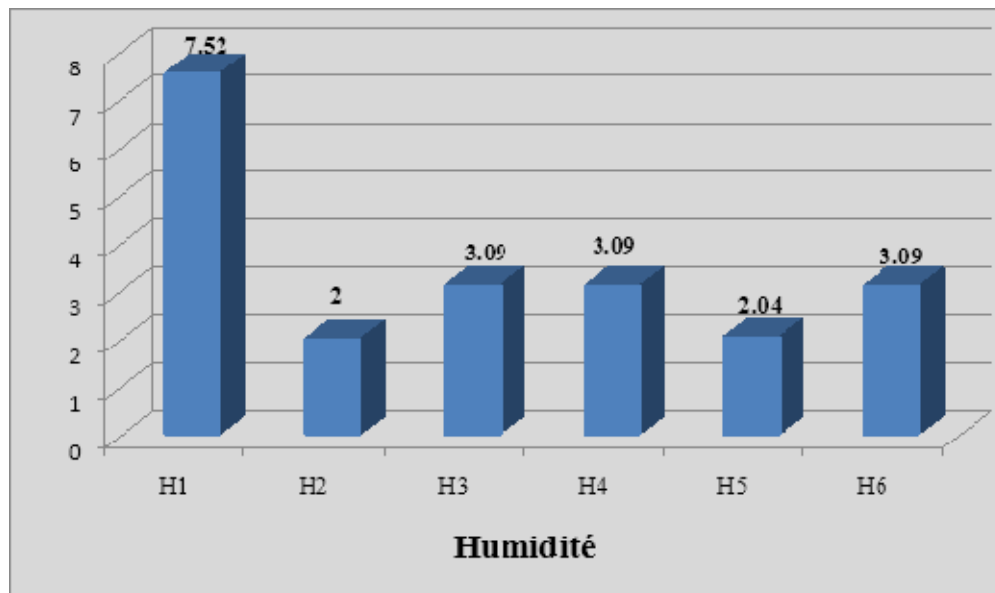


Fig. IV.6 : Taux d'humidité de chaque horizon du deuxième profil.

La figure indique que l'humidité maximale est enregistrée au niveau de l'horizon H₁ (7.52%), minimale aux horizons H₂ et H₅ (2 et 2.04%). Pour les trois horizons restants (H₃, H₄ et H₆), on trouve le même chiffre ; 3.09%.

Donc ces variations diffèrent selon plusieurs facteurs comme la texture et la structure et la teneur des horizons en MO et CaCO₃...

IV-2-2-2-Texture des horizons du profil P₂

L'ensemble des résultats d'analyses granulométriques est mentionné dans le (Tab. IV.7)

Tab. IV.7 : Fractions granulométriques des horizons du deuxième profil

Horizons	P ₂ H ₁	P ₂ H ₂	P ₂ H ₃	P ₂ H ₄
A(%)	0	0	0	0.25
St (%)	99.01	99.22	99.64	90.23
Lt(%)	0.99	0.78	0.36	9.53

Les données du tableau Tab. II.7 et figure Fig IV. 7 indiquent que:

La texture est sableuse pour tous les horizons ;

Notre sol ne présente pas de risques vis-à-vis du phénomène (ou problème) de battance ;

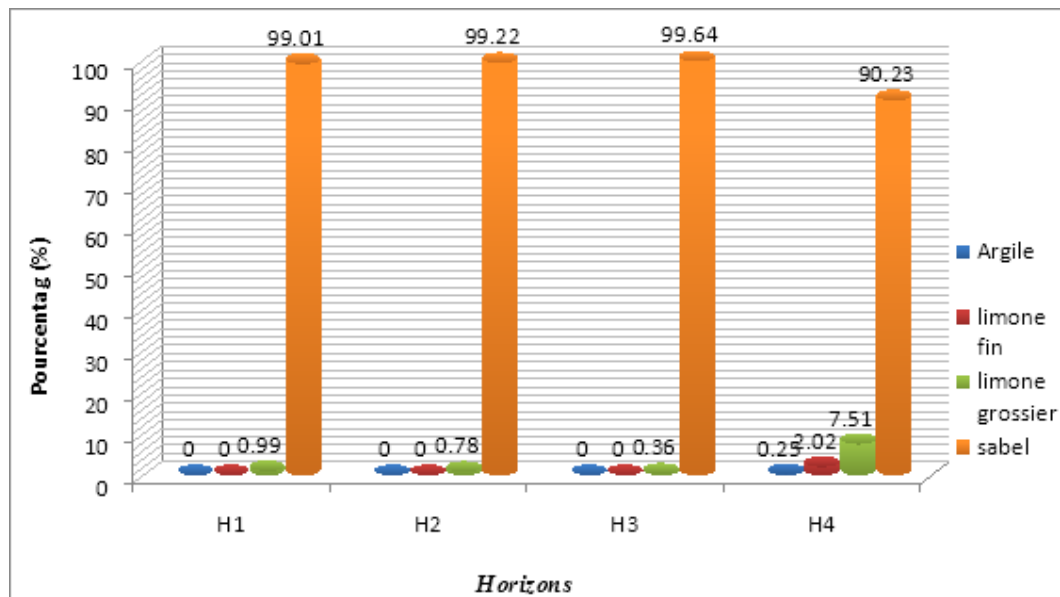


Fig. IV.7: Variation des fractions granulométriques pour les horizons du profil P₂

IV-2-2-3-Porosité des horizons du profil P₂

La mesure des densités (d_a et d_r), des horizons de P₂ a fait ressortir les resultants mentionnés au niveau de **Fig. IV.8** et tableau **Tab. IV.8**.

Tab. IV.8: Valeurs des densités et porosités des horizons de P2

	d_a (g/cm ³)	d_r (g/cm ³)	Porosité totale (%)
P ₂ H ₁	2.278	2.645	13.87
P ₂ H ₂	2.208	2.473	10.71
P ₂ H ₃	2.414	2.589	6.76
P ₂ H ₄	2.419	2.508	3.55

Selon les normes d'interprétation de la porosité (ENIB, 2000), les horizons H₁, H₂ et H₃ sont moyennement poreux et l'horizon ; tandis que H₄ (3.55%) est considéré comme peu poreux.

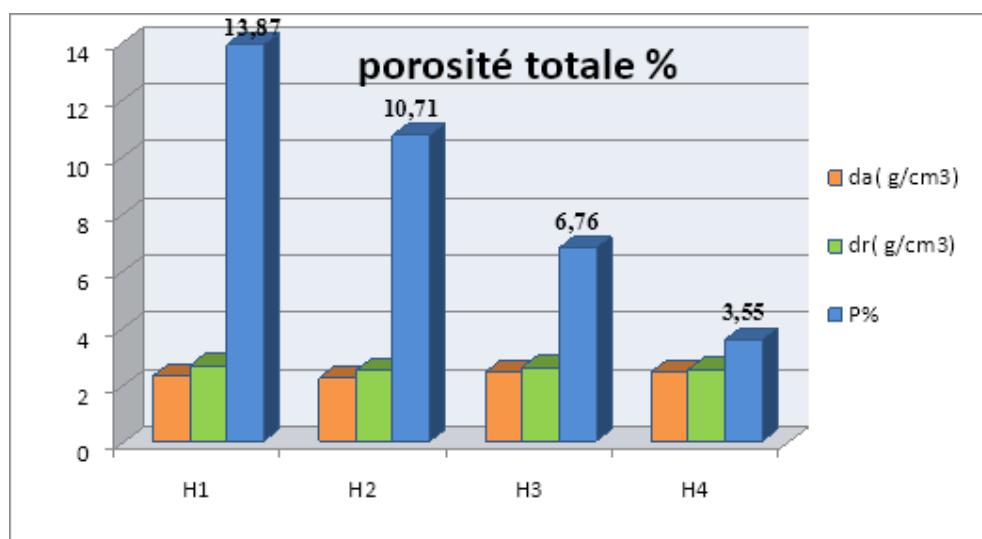


Fig. IV.8: Représentation des densités et porosités pour chaque horizon (profil P₂)

IV-2-2-4-Réaction du sol (pH) des sols du deuxième profil

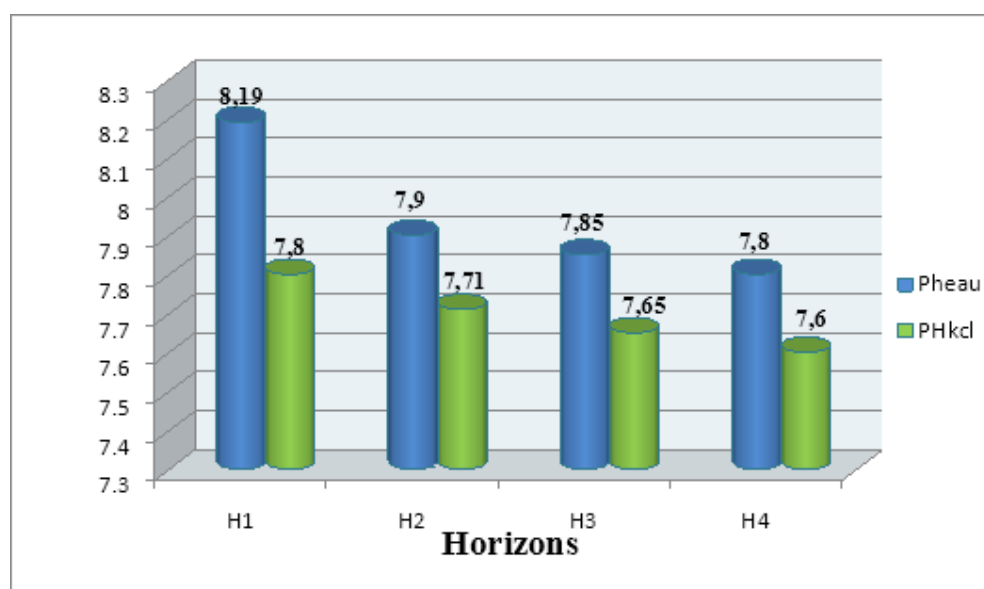
Les mesures des pH des quatre horizons ont indiqués un minimum (7,80) pour l'horizon H₄ et un maximum de (8.19) pour l'horizon H₁ (**Tab. IV.9** et **Fig. IV.9**)

Les valeurs indique un sol modérément à fortement alcalin selon (Apal, 2013).

Tab. IV.9 : les valeurs de pH eau et pH kcl du profil P₂

Horizons	pH eau	pH kcl
H ₁	8.19	7.80
H ₂	7.90	7.71
H ₃	7.85	7.65
H ₄	7.80	7.60

La différence entre le pH eau et pH kcl (pH eau – pH kcl) indique que notre sol est faiblement dé saturé.

Fig. IV.9: Valeurs des pH des quatre horizons de P₂

IV-2-2-5-Conductivité électrique des horizons du deuxième profil P2

La CE du sol du deuxième profil varie d'un horizon à l'autre (Fig. IV.10).

D'après (Mathieu et Pieltain, 2003), on les classe comme suit :

*H₁, horizon salé,

*H₂, H₃ et H₄ (entre 0.26 et 0.505ms/cm) <0.6 non salé

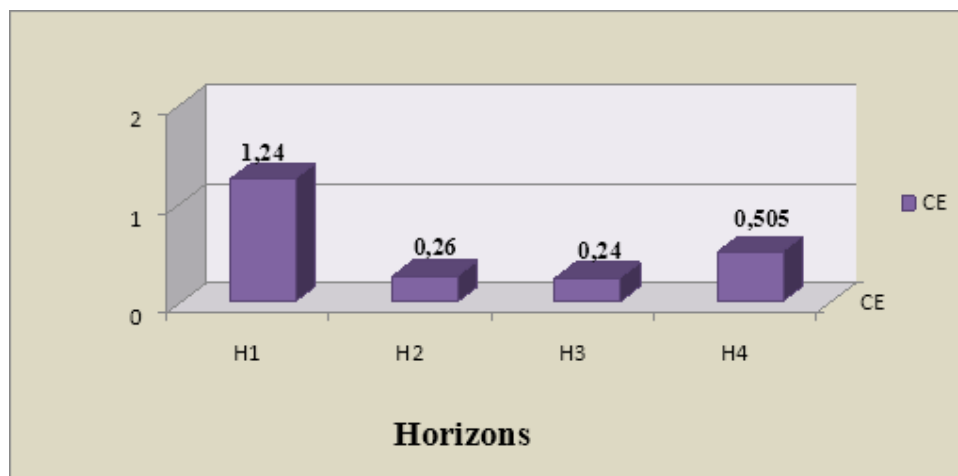


Fig. IV.10 : Variation de la conductivité électrique dans les horizons de P2

Les résultats obtenus dans l'expérimentation montrent que la CE de notre sol est faible, cette valeur peut être le résultat de la présence de lessivage des éléments minéraux à l'action d'irrigation.

IV-2-2-6-Calcaire total CaCO₃

Les résultats des teneurs en calcaire total dans les différents horizons étudiés sont représentés dans la Fig. IV.11 et Tab. IV.10, ces valeurs sont comprises entre un minimum de (10,16%)

Pour les horizons H₂ et H₃, les valeurs enregistrées sont des valeurs minimales (10.16). La valeur maximale (14,89%) au niveau de l'horizon H₄ et dans H₁ on a la valeur de 13.22.

Tab. IV.10 : les pourcentages de calcaire total CaCO₃ (P₂)

Horizons	H1	H2	H3	H4
CaCO ₃ t%	13,22	10,16	10,16	14 ,89

D'après (Baize, 1988), un sol est considéré modérément calcaire lorsque sa teneur en (CaCO₃) ; c'est le cas de nos 4 horizons du profil P2.

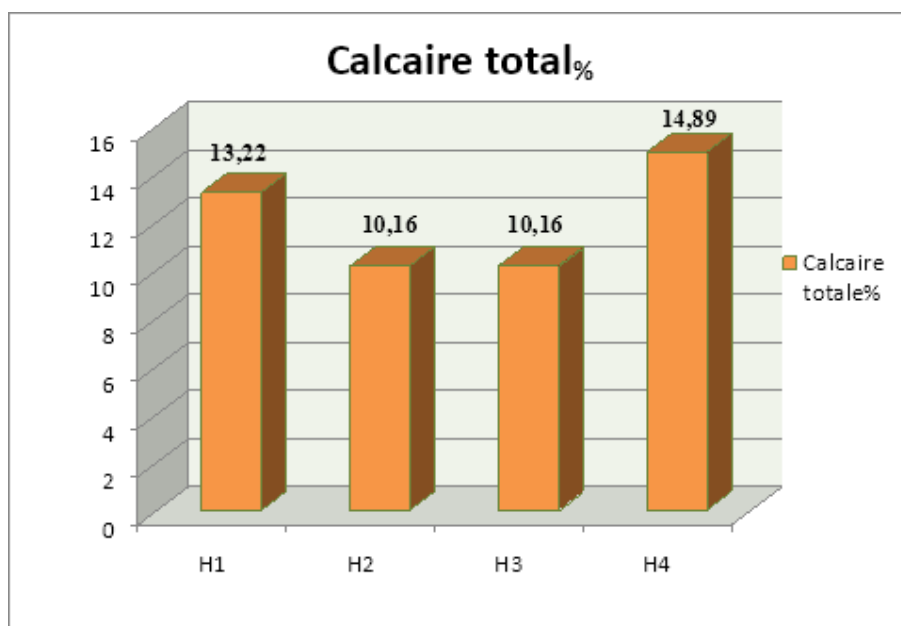


Fig. IV.11: Variation des teneurs en calcaire totale en fonction des horizons du profil 2

IV-2-2-7-Calcaire actif des sols de P2

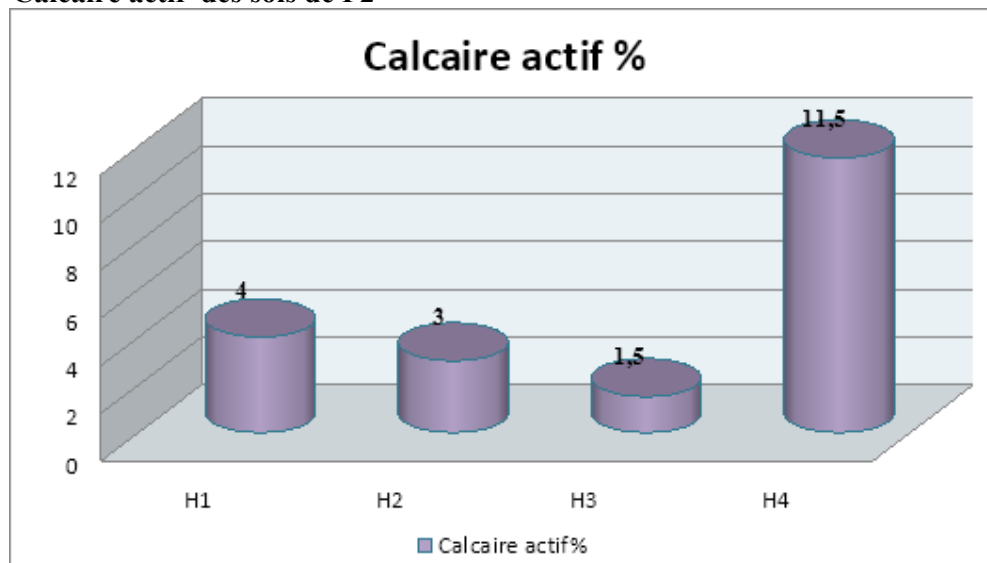


Fig. IV.12: Variation des teneurs en calcaire actif pour chacun des horizons de P2

Une concentration élevée en CaCO_3 actif provoque la chlorose chez les végétaux (jaunissement au feuillage du au blocage de certains éléments responsable de la formation de la chlorophylle tel que Fe, Mn, Mg ...).

Les horizons H₁, H₂ et H₃ marquent des valeurs faibles de calcaire actif (4, 3, et 1.5%) donc ce sont des horizons peu chlorosants. La valeur dans l'horizon H₄ est de (11.5%), cet horizon est chlorosant.

IV-2-2-8-Matière organique des horizons du deuxième profil

La matière organique et le carbone organique présentent des valeurs qui diminuent avec la profondeur ; avec une valeur maximal de carbone organique en première horizon (litière H1= 1.36% et MO = 2.345%), et minimum de 0.134 dans l'horizon H2 et (0.154 en H4), voir le tableau Tab. IV.11 et figure Fig. IV.13 :

Tab. IV.11 et figure Fig. IV.13 :

Tab. IV.11 : variation de carbone organique et MO en % profil (P2)

Horizon	C%	MO%
H1	1.36	2.345
H2	0.077	0.134
H3	0.5	0.87
H4	0.089	0.154

Selon (I.T.A, 1977), les horizons (H₂, H₃, et H₄ < 1%) sont très pauvres en matière organique.

Par apport à l'horizon H₁ qui est moyennement riche en matière organique.

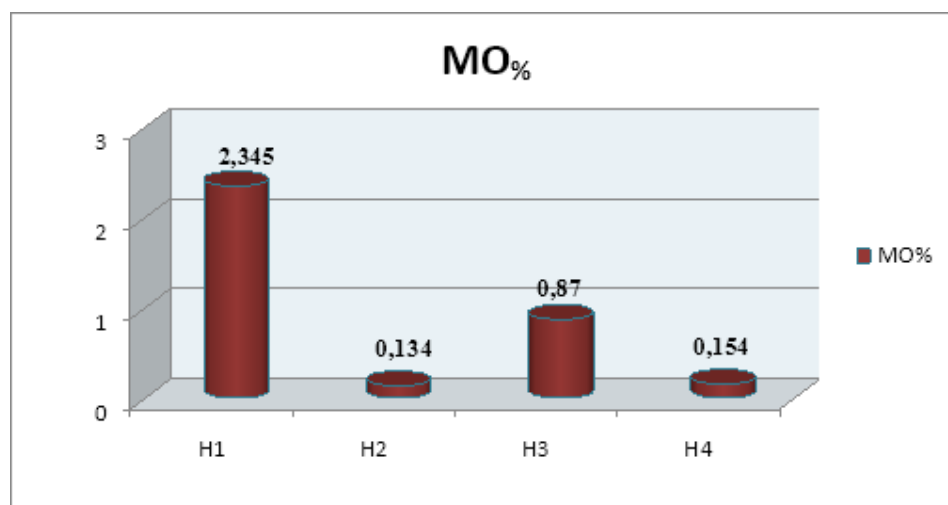


Fig. IV.13: Variation des teneurs MO pour chacun des horizons de P2

IV-2-2-9-L'humidité au niveau des horizons de P2

Les résultats obtenus sont représentés dans la Fig .IV.14:

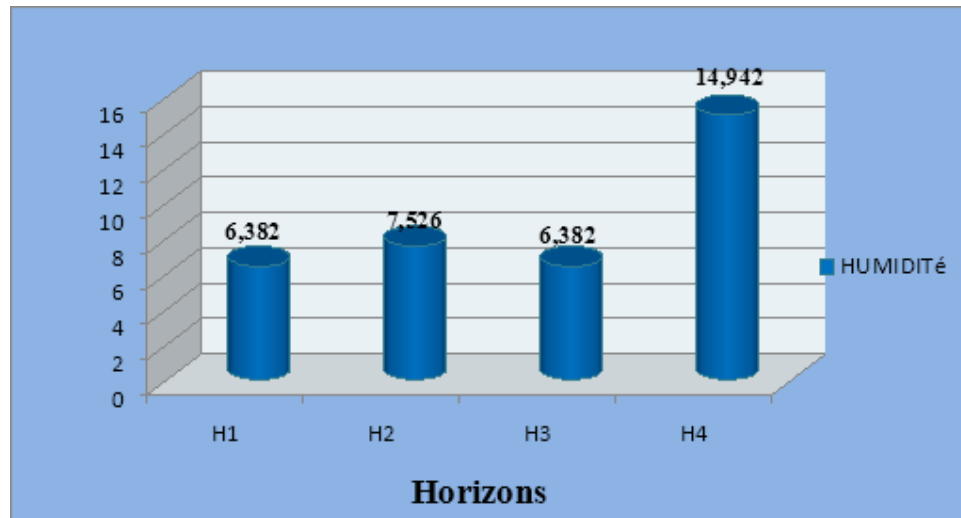


Fig. IV.14 : Variation de l'humidité dans chaque Horizon du profil P2

On remarque que l'humidité maximale est dans l'horizon H₄ (14.942), minimal dans les deux horizons H₁ et H₃ (6.382) et horizon H₂ affiche une valeur de (7.526)

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

Notre travail à été mené dans la zone de Maadher (wilaya de M'Sila), dans le but de la détermination et connaissance des principales propriétés physico-chimiques de ces sols.

Les deux profils étudiés appartiennent à la même région (Maadher), caractérisés par un climat de type aride inférieur, à hiver tempéré, avec de très faible pluviométrie et une sécheresse qui s'étale toute au long de l'année.

L'analyse des sols des horizons de chacun des profils choisis montre que :

*La fraction sableuse prédomine (avec des valeurs qui dépassent 90% dans les horizons du P1 et P2), suivis du limon (qui ne dépasse pas 10% pour les horizons du deuxième profil et 18% pour ceux du premier P1) enfin de l'argile qui avoisine le 0% pour la totalité des horizons (de P1 et P2). Donnant aux sols une texture sableuse pour l'ensemble des horizons.

*Le pH est basique à très basiques pour les sols des deux profils étudiés, ce qui va influencer négativement disponibilité des principaux éléments nutritifs et particulièrement l'azote, le phosphore, le fer et certains oligo-éléments qui sont indispensables au bon développement et à la vie des plantes.

- Pour la salinité; les sols du premier profil sont ; salés (H₂, H₃, H₄, et H₆), très salés (H₁) à extrêmement salé (H₅) et ceux du profil 2 sont non salés au niveau des horizons H₂, H₃ et H₄ à salés (H₁).
- Nos sols sont peu calcaire (pour H₃ et H₆ du profil1) et modérément calcaire pour l'ensemble des horizons de P2 ainsi que pour (H₁, H₂, H₄ et H₅ du premier profil).
- Nos sols sont peu chlorosants (taux faible de calcaire actif) dans l'ensemble des horizons du premier profil ainsi que dans H₁, H₂ et H₃ du deuxième profil, alors que H₄ du profil P₂.
- Pour la richesse en MO, nos sols affichent des valeurs qui indiquent; des horizons très pauvres en MO (H₄ et H₅ du profil P₁, H₂, H₃, et H₄ du profil P₂), pauvres (H₃ du profil P₁) et moyennement riches (H₁, H₂ et H₆ pour profil1 et H₁ de P₂).

Conclusion générale

Donc on remarque que les résultats des deux profils étudiés de la zone du Maadher enregistrent quelques différences dans certains paramètres mais se rapprochent dans la majorité d'entre eux.

Comme suggestions globales (pour les sols des deux profils de la zone du Maddher), on propose :

- D'améliorer la structure de ces sols (augmenter leur stabilité structurale) par l'ajout de MO, d'autant plus qu'on a trouvé des faibles pourcentages de MO ;
- D'augmenter le pourcentage des argiles qui vont agir positivement sur les propriétés chimiques de ces sols et en particulier la CEC
- Egalement le problème de salinité (surtout au niveau des horizons du premier profil) doit être réglé par l'installation des réseaux de drainage.....
- De suivre des méthodes pour diminuer le taux du calcaire total dans nos sols de la zone étudiée
- Le pH de nos sols combiné avec le pourcentage moyen à élevé de calcaire total proposent l'installation de toutes les cultures sauf les espèces calcifuges

Cette recherche mérite d'être poursuivie pour mieux caractériser et essayer d'améliorer les propriétés des sols et mieux servir les agriculteurs de la zone étudiées.

Références bibliographiques

- Anctil F, Rousselle J et Lauzon N., 2012-** Hydrologie Cheminements de l'eau, Presses inter Polytechniques. 391 p.
- Apal., 2013-** Soil Test Interpretation Guide. Australie. Agricultural Laboratory. 27p.
- Aubret G., 1978-** Méthodes d'analyses des sols. Marseille., Ed. C.R.D.P. Marseille. 189p.
- Baize D., 2000-** Guide des analyses en pédologie. Paris, UNRA. 257p,
- Baize D., 2016-** Petit lexique de pédologie: Nouvelle édition augmentée, Edition, Quae. 288 p.
- Baize D., 2000-** Guide des analyses en pédologie. Choix-expression. Présentation-interprétation, 2ème édition. INRA. Paris, 255 p.
- Belouadah N., 2009-** Développement urbain et préservation du patrimoine architectural dans les médinas Cas de la médina de Bou-Saada, Mémoire Magister, Université Mohamed Khider – Biskra. 280 p.
- Benguerai A., 2011-** Évolution du Phénomène de Désertification dans le sud Oranais, Algérie, Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen. 127 p.
- Bermond R, Vuichard R, 1973-** Paramètre de la qualité des eaux. Paris, SPEPE. 179p.
- Bounab C., 2018.** Phénologie et structure des Tadornes (Tadorne de Belon et Tadorne casarca) dans le Chott El-Hodna (wilaya de M'sila, Algérie), Thèse de Doctorat, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes. 92 p.
- Calvet R., 2013-** Les sols, 2ème édition. France Agricole, Paris, 72-73p.
- Chaude J et Leclercq RC., 1999-** Ecophysiologie végétale. 283 p.
- Dajoz R., 1983.-** Précis d'écologie, Ed Gauthier-Villars, Paris, 503 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 géo système terrestre, De Boeck Supérieur. 977 p.
- Delaunois A., Ferrie Y., Bouche M., Colin C et Rionde C., 2009-** Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. Chambre d'agriculture. INRA. 37 p.
- Demelon A., 1960-** Principes d'agronomie .Tome I: Dynamique du sol. 5ème édit. DUNOD. Paris, 520 p.
- Djebaili S., 1978.** Recherches phytoécologique et phytosociologie sur la végétation des hauts plains steppiques de l'Atlas saharien Algérien, Thèse de Doctorat, Université Sciences et Technologies du Languedoc, Montpellier. 299 p.
- Djili K et DAOUD Y., 1999:** Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA. Chélif. Le 01 02 juin, n° 99, pp : 25- 44.

Références bibliographiques

- Djili K., 2000:** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.
- Dreux P., 1974.** Précis d'écologie, Ed Presses Universitaires de France, Paris. 231 p.
- Dreux P., 1980.** Précis d'écologie, Ed Presses universitaires de France, Paris. 231p.
- Drouet Th., 2010-**Pédologie –BING-F-302,137p.
- Duchaufour PH ;Faivre P; Poulenard J ET Gary M; 2018-**Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. Dunod Paris 7^{ème} édition. 442p.
- Duchaufour PH., 1983-** Pédologie. Tom1: pédogenèse et classification. 2^{ème} eddi . Masson, Paris. 491p.
- Duchaufour PH., 1997-**Abrégé en pédologie: Sol, végétation et environnement. Edition Masson, Paris. 232 p.
- Duchaufour PH., 2001-**Introduction à la science du sol. Végétation et environnement.6^{ème} édit. Dunod, Paris.331p.
- Dussarte B-H A ; 1966-**Le monologue- l'étude du eaux continentales Gauthier-Villars,. S.L., Paris,.678p.
- ENIB 2000-** Ecole nationale d'ingénieur de bordeaux, 2000, agronomie des bases à la nouvelle orientation. Ed. Synthèse agricole, 337p.
- FAO, 1975-**Guide des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricole dans la région du Hodna. Les sols du Hodna rapport technique, volume 5 ; 141p.
- Foucault A., 2016-** Climatologie et paléoclimatologie, 2e édition, Ed DUNOD. 320 p.
- Giasson Ph et Jaouich A., 2008-** Les propriétés chimiques du sol, 46 p.
- Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthlin J et Morel J.L, 2005-**Sols et environnement, DUNOD, 816 p.
- Gobat J.M., aragnom et Matthey W., 1995-** Le sol vivant: Bases de pédologie des sols, presses poly technique et universitaire Romandes, 521 p.
- Gobat 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 J.M., Aragno M et Matthey .Y.W., 2003-**Le sol vivant 2^{eme} édition, presse polytechniques et universitaires romandes, France, 568 p.
- Guerif J., 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 la on, 71-90 p.
- Halitim A., 1988-**Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O. P. U, Alger. 384 p.
- Heller R., Esnault R et Tance C., 1993-**Physiologie végétale. 5e Ed. MASSON M, Paris. 29

Références bibliographiques

- Henin S., 1976**-Cours de physique du sol. Tome I., Texture-Structure-Aération. Ed. ORSTOM, Paris. 159 p.
- Hillel D, 1984**-L'eau et le sol. Principes et processus physique. Ed. Louvain-la-Neuve, 288 p.
- Huber R., 2011**-Origins: Speculations on the cosmos, Earth and mankind.
- Hufty A., 2001**-Introduction à la Climatologie: Le Rayonnement Et La Température, L'Atmosphère, L'Eau, Le Climat Et L'Activité Humaine, Ed Presses Université Laval. 542 p.
- Institut de technologie agricole, 1977**-Laboratoire su sol. Méthode d'analyses physiques et chimiques du sol. Ed. I.T.A. Mostaganem. 105p.
- Jamagne M., 1977**-Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. Bulletin technique d'information. 324-325, 627- 614p.
- Kerzabi R., 2017**-L'effet anthropique sur la végétation halophyte en milieu semi-aride et aride de l'Oranie ; Dynamique de la végétation en relation avec les facteurs édaphiques, Thèse Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, (Algérie). 224 p.
- Krouchi N., 2015**-Phytogéographie des peuplements à *Ceratoniasiliqua* L. au sein des communautés végétales à Mattoral dans la zone de Ghazaouet, Mémoire Master, Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen. 121 p.
- Le Houérou H-N., 1995**-Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation, CIHEAM. Montpellier. 396 p.
- Le bourgeois 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 sols du monde, Edition, PPUR. 574 p.
- Manichon H., 1982**-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 C et Pieltain F., 2003**-Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Ed. Tecet Doc Lavoisier, Paris, 387 p.
- Melalih A., 2012**- Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA, Mémoire Magister en S-Agronomie, Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen. 120 p.
- Mimoune S., 1995**-Gestion des sols sales et désertification dans une cuvette endoréique d'Algérie (sud de chott El Hodna). Thèse doct. 250p.
- Musy A et Higy C., 2004**- Hydrologie: Une science de la nature, PPUR, 314 p.
- Musy A., Soutterm., 1991**-Physique du sol. Ed. Presses Poly techniques et universitaires Romandes. Lausanne, 331 p.
- Prevost P., 2006**-Les bases de l'agriculture. 3^{ème} Ed. TEC – DOC, Lavoisier, 290p.
- Ramade F., 2003**-Eléments d'écologie. 3^{ème}, Ed. Dunod, Paris. 690 p.
- Robert M., 1996**- Le sol, interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Ed.

Références bibliographiques

Masson, Paris, 244 p.

Sbai A, Moussaoui F et Oualit N., 1992. Les régimes des vents au Maroc oriental. In: Méditerranée, tome 76. pp: 45-52.

Soltner D., 2000- Les bases de la production végétale. Tome 1: Le sol et son amélioration. 22ème, Ed. Collection Science et Techniques Agricoles, 472p.

Stengel P et Gelin S., 1998- Sol: interface fragile. Ed. INRA. Paris, 472p.

Stengel P., 1990-Caractérisation de l'état structural du sol. Objectifs et méthodes. IN actes du colloque « La structure du sol et son évolution ». Ed. INRA, 15-36p.

Suty L., 2014. Les végétaux: Les végétaux Les végétaux Évolution, développement et reproduction. Ed, Quae. 64 p.

Tessier D., Bruand A., Lebissonai S Y et Dambrine E., 1996-Qualité chimique et physique des sols: variabilité spatiale et évolution. Ed. PARIS, 229-244p.

USDA 1975-Keys to soil taxonomy. 332 p.

Vilain M., 1978-La production végétale. Paris: Ed. GBBILLIER, Paris.

Annexes

Annexe 1: Données climatiques de la station de Boussaâda (1994 - 2016)

Tab. 1-1 : Température moyennes mensuelles et annuelles avec ses variantes (1994 - 2016).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuelle
T(°C)	7,88	9,01	11,48	15,58	18,84	24,53	27,29	26,38	21,47	16,32	10,99	8,48	16,52
T Min	3,10	24,68	6,08	9,04	12,93	16,60	19,87	19,42	14,33	11,06	7,63	4,02	
T Max	12,68	13,24	18,08	22,53	26,69	30,52	31,57	28,01	22,45	19,66	14,14	15,72	

Tab. 1-2: variation saisonnière de la température (1994 - 2016).

Mois	Printemps	Hiver	Eté	Automne
T (°C)	16,26	8,46	26,07	15,30

Tab. 1-3 : Pluviosités moyennes mensuelles et annuelles (1994 - 2016).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aou t	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel e
P (mm)	13,75	10,19	12,67	20,40	18,89	9,58	4,75	12,9 6	24,82	21,18	15,63	14,41	179,23

Tab. 1.4: variation saisonnière de la pluviosité (1994 - 2016).

Mois	Printemps	Hiver	Eté	Automne
P (mm)	20,57	12,78	9,10	17,32

Tab. 1.5: Evapotranspiration mensuelle moyenne selon la méthode de Thornthwaite (1994 -2016).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
ETP (mm)	14,12	17,44	32,30	58,34	90,32	143,36	175,64	156,09	96,65	56,31	24,99	15,69

Tab. 1.6: Vitesses mensuelles moyennes du vent (2004 -2016).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuelle
V (m/s)	2,58	3,52	3,58	3,15	2,95	2,37	2,08	1,99	1,62	1,29	2,13	2,16	0,13

Tab. 1.7: Humidités relatives mensuelles (2004 -2016).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuelle
H (%)	68,43	63,38	55,08	49,78	45,22	36,11	32,42	35,50	47,68	56,55	67,88	67,13	52,10

Tab. 1.8: Valeurs moyennes mensuelles des durées d'ensoleillements (2004 -2016).

	Jan	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annue l
INSO (h)	203,69	186,33	236,68	244,55	310,94	320,14	303,80	308,52	234,73	233,36	194,10	153,87	244,23

Annexe 2 : Représentation du taux du calcaire actif dans les horizons du premier profil.

Tab I : Représentation du taux du calcaire actif dans les horizons du premier profil.

Horizons	H₁	H₂	H₄	H₅
Calcaire actif %	2.5	6.5	5.5	6.5

جودة التربة بولاية المسيلة. حالة المعذر بوسعادة

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد ومعرفة خصائص ونوع التربة في المعذر (ولاية المسيلة). أظهرت النتائج أن تربة منطقة المعذر لها قوام رملي للقسمين أو المنطقتين المدروستين مما يؤثر إيجابياً على الخواص الفيزيائية مثل المسامية والنفاذية، ولكن سلبياً على الخواص الكيميائية، وبالأخص CEC، إضافة إلى عدم وجود المادة العضوية، إضافة أيضاً إلى تربتنا قاعديه إلى جد قاعديه، والنسبة المئوية المرتفعة للجير، دون نسيان الملوحة العالية تقريباً في جميع طبقات للمقطع المدروسين... خاصة وأن وصف هذه التربة يُظهر أنها غير منظمة ومركبه وتفنقر إلى الاستقرار الهيكلي نقترح كحلول: إضافة المادة العضوية لزيادة CEC وتحسين الهيكل والاستقرار الهيكلي لهذه التربة، وتركيب شبكات الصرف للتخلص من الأملاح الزائدة خارج المناطق المزروعة...
الكلمات المفتاحية: معذر، التوصيف، الخصائص، التربة.

Qualité des sols de la wilaya de M'Sila. Cas de Maadher Bousaada.

Résumé:

Cette étude vise la détermination et la connaissance des caractéristiques et le type de sol à Maadhar (wilaya de M'sila).

Les résultats ont montré que le sol de la région du Maadher présentent une texture sableuse pour les deux profils (ce qui va influencer positivement sur les propriétés physiques tels que la porosité et perméabilité, mais négativement sur celles chimiques en particulier la CEC..), ajoutant aussi le manque de MO, le caractère basique à très basique, le taux élevé du calcaire total et sans oublier la salinité élevée dans presque l'ensembles des horizons des deux profils caractérisés... d'autant plus que la description de ces sols a montrer qu'il sont non structurés et manquent de stabilité structurale

Ce qui propose comme solutions : l'ajout de MO pour augmenter la CEC et améliorer la structure et stabilité structural de ce sol, installation des réseaux de drainage pour évacuer l'excès des sels en dehors des zones cultivées.....,

Mots clés : Maadher, caractérisation, propriétés, sol.

Soil quality in the wilaya of M'Sila. Case of Maadher Bousaada.

Summary:

This study aims to determine and know the characteristics and type of soil in Maadhar (wilaya of M'sila).

The results showed that the soil of the Maadher region has a sandy texture for the two profiles (which will positively influence the physical properties such as porosity and permeability, but negatively on the chemical ones, in particular the CEC ..), also adding the lack of OM, the basic to very basic character, the high rate of total limestone and without forgetting the high salinity in almost all the horizons of the two profiles characterized ... especially since the description of these soils has to show that they are unstructured and lack structural stability

Which proposes as solutions: the addition of OM to increase the CEC and improve the structure and structural stability of this soil, installation of drainage networks to evacuate excess salts outside cultivated areas ...

Keywords: Maadher, characterization, properties, soil.